GKG

GEODEZIYA, KARTOGRAFIYA VA GEOINFORMATIKA

ILMIY - TEXNIK JURNALI

ISSN-I-2181-4546



GEODEZIYA KARTOGRAFIYA GEOINFORMATIKA

MAXSUS SON

2026

Muassis: ***“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti***

Bosh muharrir:

Oymatov Rustam Kamariddinovich *“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo’jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti, “Geodeziya va geoinfarmatika” kafedrasi mudiri, PhD, dotsent.*

Ilmiy muharrir:

Safarov Eshkobil Yuldashevich *Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti “Kartografiya” kafedrasi professori, t.f.d.*

Muharrir:

Muxtorov O‘zbekxon Burxonovich *“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo’jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti, “Geodeziya va geoinformatika” kafedrasi dotsenti, PhD.*

Tahrir kengashi tarkibi:

Shokirov Shuxrat Sobirovich *“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo’jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti, “Geodeziya va geoinformatika” kafedrasi professori, fan doktori (DSc)*

Bela Markus *Vengriya qirollik Universiteti professori, Fan doktori (DSc), professor*

Sayyidqosimov Sayyidjabbor Sayyidqosim o’g’li *Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, “Marksheyderlik ishi va geodeziya” kafedrasi professori, t.f.d., professor*

Rajapboyev Maqsud Xalliyevich *“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo’jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti, “Geodeziya va geoinformatika” kafedrasi kata o’qituvchisi, PhD*

Godjamanov Magsad Guseynovich *Baku davlat universiteti, “Geodeziya va kartografiya” kafedrasi mudiri, texnika fanlari doktori, professor*

Vasiliy Ivanovich Nilipovskiy *Moskva davlat yer tuzish universiteti, Xalqaro faoliyat bo‘yicha prorektor, texnika fanlari doktori, professor*

Tashpulatov Sarvar Anvarovich *Toshkent arxitektura-qurilish universiteti, “Geodeziya va geoinformatika” kafedrasi professori, texnika fanlari nomzodi*

Musaev Ilhomjon Maqsudovich *“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo’jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti, “Geodeziya va geoinformatika” kafedrasi dotsenti, texnika fanlari nomzodi*

Suyunov Abdusali Samatovich *Mirzo Ulug’bek nomidagi Samarqand davlat arxitektura-qurilish universiteti, “Geodeziya va kartografiya” kafedrasi mudiri, t.f.d., professor*

Egamberdiyev Asomberdi *O‘zbekiston milliy Universiteti, Geodeziya, kartografiya va kadastr kafedrasi professori, geografiya fanlari nomzodi*

Zagrebin Gleb Igorevich *Moskva davlat geodeziya va kartografiya universiteti, Kartografiya fakulteti dekani, texnika fanlari nomzodi, dotsent*

Reymov Polat Rasbergenovich *Qoraqalpog‘iston davlat universiteti professori, geografiya fanlari fan doktori (DSc)*

Narbayev Sharofiddin Kengeshovich *“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo’jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti, “Yer resurslarini boshqarish” fakulteti dotsenti, iqtisod fanlari falsafa doktori (PhD), dotsent*

Abduraxmonov Sarvar Narzullaevich *“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo’jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti, “Geodeziya va geoinfarmatika” kafedrasi dotsenti, t.f.f.d (PhD)*

Inamov Aziz Nizamovich *“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo’jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti, Yer resurslari va kadastr fakulteti dekani, dotsent, t.f.f.d (PhD)*

Allanazarov Olimjon Raxmonovich *Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, “Marksheyderlik ishi va geodeziya” kafedrasi dotsenti, t.f.f.d (PhD)*

Reymov Mamanbek Po‘latovich *“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo’jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti, “Geodeziya va geoinfarmatika” kafedrasi mustaqil tadqiqotchisi, t.f.f.d (PhD)*

Xudoyberdiyev Feruz Shamshodovich *Buxoro davlat texnika universiteti, “Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari” kafedrasi dotsenti, texnika fanlari falsafa doktori (PhD).*

Avezov Sattarbergan Atabayevich *Urganch davlat universiteti geodeziya, kartografiya, geografiya kafedrasi dotsenti, geografiya fanlari nomzodi, dotsent*

Lorant Foldvary *Budapesht texnologiya va iqtisodiyot universiteti · Geodezik tadqiqotlar kafedrasi professori, PhD*

Alireza Sharifi *Shahid Rajaiy nomidagi o‘qituvchilarni tayyorlash universiteti, Qurilish fakulteti geodeziya muhandisligi kafedrasi professori, (PhD)*

Kostesha Vladimir Aleksandrovich *Moskva davlat yer tuzish universiteti, Geodeziya va geoinformatika kafedrasi mudiri, texnika fanlari nomzodi, dotsent*

Oznamets Vladimir Vladimirovich *Moskva davlat geodeziya va kartografiya universiteti, Geodeziya kafedrasi mudiri, texnika fanlari doktori, professor*

Sultanov Murodjon Kilichovich *Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urgnach davlat universiteti, "Texnika" fakulteti, "Geodeziya, kartografiya va kadastr" kafedrasi dotsenti, geografiya fanlari fan doktori (DSc)*

Ro‘ziqulova Oyxumor Shermamatovna *“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo’jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti, “Geodeziya va geoinformatika” kafedrasi dotsenti, geografiya fanlari nomzodi, dotsent*

Jumanov Azamat Norbo‘tayevich *“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo’jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti, “Geodeziya va geoinformatika” kafedrasi dotsenti, t.f.f.d (PhD)*

Islomov O‘tkir Pirmetovich *“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo’jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti, “Geodeziya va geoinformatika” kafedrasi dotsenti, PhD*

Mamatqulov Zohid Jonqobulovich *“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo’jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti, Davlat kadastrlari kafedrasi mudiri, dotsent, t.f.f.d (PhD)*

Sattorov Shahzod Yarashovich *Buxoro davlat texnika universiteti, “Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari” kafedrasi dotsenti, texnika fanlari falsafa doktori (PhD).*

Jurnal 2023 yil aprel oyidan chiqa boshlagan
Bir yilda to‘rt marta chop etiladi (Q4)
Ruxsatnoma №062656

Manzil: *100000, Toshkent sh., M.Ulg‘bek tumani, Qori-Niyoziy ko‘chasi 39-uy.*
Tel.: *+998 90 974 91 49.*
E-mail: *u.muxtorov@tiiame.uz*

Chop etilgan maqola mazmuni va unda keltirilgan ma’lumotlarning to‘g‘riligiga muallif javob beradi

Организация: ***Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»***

Главный редактор:

Ойматов Рустам Камариддинович - *PhD доцент, заведующий кафедрой «Геодезии и геоинформатики», Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства».*

Научный редактор:

Сафаров Эшкабил Юлдашевич - *д.т.н. профессор кафедры «Картография» Национального университета Узбекистана имени Мирза Улугбека.*

Редактор:

Мухторов Узбекхон Бурхонович - *PhD доцент кафедры «Геодезии и геоинформатики», Национального исследовательского университета «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства».*

Состав редакционной коллегии:

Шокиров Шухрат Сабирович *Профессор кафедры «Геодезия и геоинформатика», Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт ирригации и механизации сельского хозяйства», доктор наук (DSc)*

Бела Маркус *Профессор, доктор наук (DSc), Венгерский королевский университет*

Саидкосимов Саиджаббор Саидкосимович *Профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, доктор технических наук, профессор*

Ражапбоев Максуд Халльевич *Старший преподаватель кафедры «Геодезия и геоинформатика», Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт ирригации и механизации сельского хозяйства», PhD*

Годджаманов Магсад Гусейнович *Зав. кафедрой «Геодезия и картография», Бакуский государственный университет, доктор технических наук, профессор*

Василий Иванович Нилиповский *Проректор по международной деятельности, Московский государственный университет землеустройства, доктор технических наук, профессор*

Ташпулатов Сарвар Анварович *Профессор кафедры «Геодезия и геоинформатика», Ташкентский архитектурно-строительный университет, кандидат технических наук*

Мусаев Илхомжон Максудович *Доцент кафедры «Геодезия и геоинформатика», Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт ирригации и механизации сельского хозяйства», кандидат технических наук*

Суюнов Абдусали Саматович *Зав. кафедрой «Геодезия и картография», Самаркандский государственный архитектурно-строительный университет имени Мирзо Улугбека, доктор технических наук, профессор*

Эгамбердиев Асомберди *Профессор кафедры «Геодезия, картография и кадастр», Национальный университет Узбекистана, кандидат географических наук*

Загребин Глеб Игоревич *Декан факультета картографии, Московский государственный университет геодезии и картографии, кандидат технических наук, доцент*

Реймов Полат Расбергенович *Профессор, Государственный университет Каракалпакстана, доктор географических наук (DSc)*

Нарбиев Шарофиддин Кенгешович *Доцент факультета «Управление земельными ресурсами», Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт ирригации и механизации сельского хозяйства», PhD по экономике*

Абдурахмонов Сарвар Нарзуллаевич *Доцент кафедры «Геодезия и геоинформатика», Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт ирригации и механизации сельского хозяйства», PhD*

Инамов Азиз Низамович *Декан факультета «Земельные ресурсы и кадастр», Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт ирригации и механизации сельского хозяйства», доцент, PhD*

Алланазаров Олимжон Рахмонович *Доцент кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, PhD*

Реймов Маманбек Полатович *Независимый исследователь кафедры «Геодезия и геоинформатика», Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт ирригации и механизации сельского хозяйства», PhD*

Худойбердиев Феруз Шамшодович *Доцент кафедры «Использование земельных ресурсов и государственный кадастр», Бухарский государственный технический университет, PhD*

Авезов Саттарберган Атабаевич *Доцент кафедры «Геодезия, картография и география», Ургенчский государственный университет, кандидат географических наук, доцент*

Лорант Фолдвари *Профессор кафедры геодезических исследований, Университет технологии и экономики Будапешта, PhD*

Алireza Шарифи *Профессор кафедры геодезического инженерного дела строительного факультета, Университет подготовки учителей имени Шахида Раджаи, PhD*

Костеша Владимир Александрович *Зав. кафедрой «Геодезия и геоинформатика», Московский государственный университет землеустройства, кандидат технических наук, доцент*

Ознамец Владимир Владимирович *Зав. кафедрой геодезии, Московский государственный университет геодезии и картографии, доктор технических наук, профессор*

Султанов Муроджон Киличович *Доцент кафедры «Геодезия, картография и кадастр», факультет «Техника», Государственный университет имени Абу Райхона Беруни, доктор географических наук (DSc)*

Розикулова Ойхумор Шермаматовна *Доцент кафедры «Геодезия и геоинформатика», Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт ирригации и механизации сельского хозяйства», кандидат географических наук, доцент*

Жуманов Азамат Норботаевич *Доцент кафедры «Геодезия и геоинформатика», Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт ирригации и механизации сельского хозяйства», PhD*

Исламов Уткир Пирметович *Доцент кафедры «Геодезия и геоинформатика», Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт ирригации и механизации сельского хозяйства», PhD*

Маматкулов Зохид Джонкобулович *Зав. кафедрой «Государственный кадастр», Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт ирригации и механизации сельского хозяйства», доцент, PhD*

Сатторов Шахзод Ярашович *Доцент кафедры «Использование земельных ресурсов и государственный кадастр», Бухарский государственный технический университет, PhD*

Журнал издан в апреле 2023 года.
Выходит четыре раза в год (Q4)
Разрешение№062656

Адрес: *100000, г.Ташкент , М.Улугбекский район, улица Кори-Ниязи, 39.*
Tel.: *+998 90 974 91 49.*
E-mail: *u.muxtorov@tiiame.uz*
Автор несет ответственность за содержание опубликованной статьи и достоверность содержащейся в ней информации.

Founder:
"Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University

Editor-in-Chief:

Oymatov Rustam Kamariddinovich	*"Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University, head of the "Geodesy and Geoinformatics" department, PhD, associate professor.*

Scientific Editor:

Safarov Eshkobil Yuldashevich	*Professor of the "Cartography" Department of the National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, DSc..*

Editor:

Muxtorov Uzbekkhon Burkhonovich	*"Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University, Associate Professor of Geodesy and Geoinformatics Department, Ph.D.*

The composition of the editorial board:

Shokirov Shuxrat Sobirovich	*Professor, Department of Geodesy and Geoinformatics, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers National Research University, DSc*
Bela Markus	*Professor, DSc, Royal University of Hungary*
Sayyidkosimov Sayyidjabbor Sayyidkosim ugli	*Professor, Department of Surveying and Geodesy, Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, DSc, Professor*
Rajapboyev Maqsud Xalliyevich	*Senior Lecturer, Department of Geodesy and Geoinformatics, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers National Research University, PhD*
Godjamanov Magsad Guseynovich	*Head of Department of Geodesy and Cartography, Baku State University, Doctor of Technical Sciences, Professor*
Vasiliy Ivanovich Nilipovskiy	*Vice-Rector for International Affairs, Moscow State University of Land Management, Doctor of Technical Sciences, Professor*
Tashpulatov Sarvar Anvarovich	*Professor, Department of Geodesy and Geoinformatics, Tashkent University of Architecture and Construction, Candidate of Technical Sciences*
Musaev Ilhomjon Maqsudovich	*Associate Professor, Department of Geodesy and Geoinformatics, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers National Research University, Candidate of Technical Sciences*
Suyunov Abdusali Samatovich	*Head of Department of Geodesy and Cartography, Samarkand State University of Architecture and Construction named after Mirzo Ulugbek, Doctor of Technical Sciences, Professor*
Egamberdiyev Asomberdi	*Professor, Department of Geodesy, Cartography and Cadastre, National University of Uzbekistan, Candidate of Geographical Sciences*
Zagrebin Gleb Igorevich	*Dean of the Faculty of Cartography, Moscow State University of Geodesy and Cartography, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*
Reymov Polat Rasbergenovich	*Professor, Karakalpak State University, Doctor of Geographical Sciences (DSc)*
Narbayev Sharofiddin Kengeshovich	*Associate Professor, Faculty of Land Management, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers National Research University, PhD in Economics*
Abduraxmonov Sarvar Narzullaevich	*Associate Professor, Department of Geodesy and Geoinformatics, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers National Research University, PhD*
Inamov Aziz Nizamovich	*Dean, Faculty of Land Resources and Cadastre, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers National Research University, Associate Professor, PhD*
Allanazarov Olimjon Raxmonovich	*Associate Professor, Department of Surveying and Geodesy, Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, PhD*
Reymov Mamanbek Polatovich	*Independent Researcher, Department of Geodesy and Geoinformatics, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers National Research University, PhD*
Xudoyberdiyev Feruz Shamshodovich	*Associate Professor, Department of Land Use and State Cadastre, Bukhara State Technical University, PhD*
Avezov Sattarbergan Atabayevich	*Associate Professor, Department of Geodesy, Cartography and Geography, Urgench State University, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor*
Lorant Foldvary	*Professor, Department of Geodetic Research, Budapest University of Technology and Economics, PhD*
Alireza Sharifi	*Professor, Department of Geodetic Engineering, Faculty of Construction, Shahid Rajaee Teacher Training University, PhD*
Kostesha Vladimir Aleksandrovich	*Head of Department of Geodesy and Geoinformatics, Moscow State University of Land Management, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*
Oznamets Vladimir Vladimirovich	*Head of Department of Geodesy, Moscow State University of Geodesy and Cartography, Doctor of Technical Sciences, Professor*
Sultanov Murodjon Kilichovich	*Associate Professor, Department of Geodesy, Cartography and Cadastre, Abu Rayhon Beruniy State University, Doctor of Geographical Sciences (DSc)*
Ro'ziqulova Oyxumor Shermamatovna	*Associate Professor, Department of Geodesy and Geoinformatics, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers National Research University, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor*
Jumanov Azamat Norbotayevich	*Associate Professor, Department of Geodesy and Geoinformatics, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers National Research University, PhD*
Islomov O'tkir Pirmetovich	*Associate Professor, Department of Geodesy and Geoinformatics, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers National Research University, PhD*
Mamatqulov Zohid Jonqobulovich	*Head of Department of State Cadastre, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers National Research University, Associate Professor, PhD*
Sattorov Shahzod Yarashovich	*Associate Professor, Department of Land Use and State Cadastre, Bukhara State Technical University, PhD*

The magazine started publishing in April 2023

It is published four times a year (Q4)

Permission №062656

Address: 100000, Tashkent, M.Ulugbek district, 39, Qori-Niyazi street.
Tel.: *+998 90 974 91 49.*
E-mail: *u.muxtorov@tiiame.uz*

The author is responsible for the content of the published article and the correctness of the information contained in it.

YER RESURSLARI VA
KADASTR FAKULTETI

“80 YILLIK TAJRIBA: YER RESURSLARINI BOSHQARISH VA KADASTR SOHALARIDA GEOINNOVATSION (FAZOVIY) TADQIQOTLAR ISTIQBOLLARI” MAVZUSIDAGI XALQARO ILMIY-AMALIY KONFERENSIYANING

MAQOLALAR TO‘PLAMI

Toshkent, 5-6 iyun, 2026 yil

Mundarija/Содержание/Contents

S.Sharipov *- Toshkent viloyatida buzilgan yerlarni rekultivatsiya qilishning mavjud holati va undagi muammolar tahlil.....13*
Mamayusupov J. U. *- The degradation status of irrigated lands in uzun district of surkhandarya region.....19*
S.Avezboyev, K.Xujakeldiyev. *- Qashqadaryo viloyatida eroziyaga uchragan yerlar holati va ulardan foydalanishning ilmiy asoslari.....23*
S.Ro’ziboyev, A.G’ulomjonov *- Qashqadaryo viloyatidagi lalmi hududlarda yer turlarining tarkibini optimallashtirishga qaratilgan yer tuzish loyihalarini ishlab chiqishning ilmiy metodologik xususiyatlari.....30*
A. Ashurov *- Land use and water resources in the context of climate change.....37*
Z.Abdurahmonov, R.E. Kamolova. *- Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlarning hozirgi holati va monitoring o‘tkazish zarurati.....45*
Q.M.Muxamadov, F.Sh.Xudoyberdiyev, S.Sotiboldiyeva *- Kadastr va yer monitoringi ma’lumotlari asosida fermer xo‘jaliklariga yer ajratishni takomillashtirish (Qorovulbozor tumani misolida).....51*
Kubayev Djasur Abdumuminovich *- Yer resurslarini boshqarishni davlat tomonidan tartibga solish – barqaror iqtisodiyot kafolati.....58*
Xakimova K.R, Otakuziyeva V.U, Jalolova M.M *- Fosforli mineral o‘g‘itlardan foydalanish samaradorligini geoaxborot texnologiyalari asosida baholash va optimallashtirish.....62*
Turobboyev Muhammad Alisher o‘g‘li, Mamatkulov Zohid Jonqobilovich *- Parkent tumanida lalmi yer maydonlarining masofadan zondlash malumotlari asosida monitoringi.....68*
A.Muqumov, I.B.Ergashev *- Ko'p yillik daraxtzorlarda yer monitoringini yuritishni takomillastirish yo'nalishlari.....76*
С.Н. Садуллаев *- Деҳқон хўжаликларида ердан фойдаланиш самарадорлигининг ўзгариш тенденциялари.....82*
A.K.Turopov *- Bugungi rivojlanayotgan davrda yer fondidan foydalanishda yer monitoringining o‘ziga xos o‘rni va ahamiyati.....90*
M.N. Oxunjonova, M. Isroilov, Z.Z. Abdurahmonov *- Yer monitoringi va ekalogik barqarorlik.....95*
Raxmonov Qosimjon *- O‘zbekistonda kadastr sohasidagi istiqbolli yo’nalishlar (muammolar, innovatsion yechim va o‘sish nuqtalari).....102*
Саломов Шавкат Туробович, Муҳаммадов Йўлдошбек Акмал ўғли Муродова Дилрабо Эргашовна *- Ғўза қатор оралиқларига ишлов беришнинг тола сифат кўрсаткичларига таъсири.....112*
Ш. Ахмаджонова, З.Х. Хафизова *- Роль землеустройства при размещении садоводческих фермерских хозяйств (ташкентская область).....121*
Исламова Зулфия Камильджановна *- Предварительный расчет точности геодезических работы при установке и наладке солнечные печи.....124*
Xakimov Boxodirjon Baxtiyorjon o‘g‘li, Qo‘shboyeva Sadoqat Davronbek qizi *- Toshkent viloyati yaylov o‘simliklariningtarqalishida ekspozitsiyaning ahamiyati.....130*
D. B. Ergashova *- Sho‘rlangan yerlarni melioratsiya qilish va ulardan samarali foydalanish yo‘llari.....134*
Artiqbayeva Sharqiya Raxmatulla qizi *- Yer resurslarini boshqarishda yer huquqining dolzarb masalalari, innovatsion yondashuvlar va yechimlar.....136*
Saydivaliyeva Shaxzoda Akram qizi *- Atrof muhitni muhofaza qilish va barqaror rivojlanish.....139*
Komiljonova Dinora Allabergan qizi *- Analysis of vegetation changes in land area of Syrdarya region using GIS technology and remote sensing data.....143*
Mamatmusayev Shahbozbek Sherzodbek o’g’li, Muxtorov O`zbekxon Burxonovich *- Tuproq sho’rlanishi va uni oldini olish choralari.....148*
To‘yoqulov Mironshoh, Muxtorov O‘zbekxon *- Sho‘rlangan va degradatsiyaga uchragan qishloq xo‘jaligi yerlarini qayta tiklashda yer tuzish loyihalarining o‘rni: kosmik tahlil yordamida.....152*
Raxmonov Sherzod, Ro‘ziboyev Akmaljon *- Mahalla hududida ommaviy servitut shartnomasini ishlab chiqish va joriy qilish.....155*
Raxmonov Qosimjon, Raxmonov Sherzod *- Fermer xo‘jaliklari hududida ichki yer taqsimoti (muammolar va innovatsion yechimlar).....168*
Raxmonov Jaxongir *- Ko‘p maqsadli servitutlarni yuritish xususiyatlari: murakkablik, afzallik va inovatsion yechimlar.....172*

N.A.Eshmatova, S.N.Abduraxmonov, M.G‘.Axmedova *- Ekologik monitoringda masofadan zondlash ma’lumotlari va GAT asosida kartografik modellashtirish 183*
Khakimov Alyorbek *– Analysis of the impact of vegetation dynamics and precipitation variability using ndvi in the pop district of uzbekistan (2020–2024).....189*
Orazbayev Azizbek Rustem uli, Reymov Polat Rasbergenovich, Oralbayev Baxitjan Orintayevich *- Amudaryo deltasining quyi qismida yaylov vegetatsiyasini baholashda NDVI–NDMI metodikasini tanlash va qo‘llash natijalari.....197*
M.E.Yusupov, F.Sh.Xudoyberdiyev *- Qorako‘l tumani qishloq xo‘jaligi yerlarida degradatsiya jarayonlarini ndvi va ndwi indekslari asosida baholash.....203*
Jaloliddin Burxonov *– O‘simlik dunyosi obyektlarini masofadan zondlash orqali monitoringi qilish.....213*
Lobar Primova *– Ecological monitoring of the bostanlyk forest fund: the role and importance of gis technologies.....218*
Buriev Salimjon Sametjanvich, G‘aybulloyev Oybek Ahat o‘g‘li *- Environmental dynamics and socio-ecological challenges of the aydar-arnasay lake system and the syr darya basin: a systematic literature review (1978–2026).....222*
Negboyeva Dilnura, Abdurahmonov S.N, Maxsudov R.I *- G‘allaorol tumani qishloq xo‘jaligi yerlarini GAT va masofadan zondlash texnologiyalari asosida monitoring qilish va sifat jihatdan baholash.....231*
Xudaybergenov Yaxshimurad Gulimbayevich, Knazbaeva Dilbar Orazgalievna *–Ustyurt landshaftlarini kartalashtirishda gis texnologiyalaridan foydalanish.....239*
J.K.Nosirov - GAT *va masofadan zondlash texnologiyalaridan yer qoplamini o‘rganish va tahlil qilish. (Qashqadaryo viloyati misolida).....243*
Sarvar Abduraxmonov, Usmonjon Toshpo‘latov *- Masofadan zondlash va GAT asosida qishloq xo‘jaligi yerlari samaradorligi hamda aholi zichligining fazoviy bog‘liqligini aniqlash.....250*
Abduraxmonov S.N, Mamatqulov R.T, Isayev D.Sh *- Geografik Axborot Texnologiyalari yordamida Jizzax viloyati, Sharof rashidov tumani klassifikatsiyasi tahlili.....256*
M.E.Yusupov, F.Sh.Xudoyberdiyev *- Masofadan zondlash materiallari asosida qishloq xo‘jaligi yerlarining degradatsiya xaritasini yaratish (Qorako‘l tumani misolida).....261*
Abdukadirova Muxarram Arabbayevna, Abdujabborova Muxlisa Ramzjon qizi *- GIS texnologiyalari va masofadan zondlash ma’lumotlari asosida eroziyaga uchragan yerlarni monitoring qilish.....271*
Rustam Oymatov, Siyovush Masharipov *- Geospatial Approaches for Agricultural land monitoring using remote sensing and GIS: a case study of Yukori Chirchiq District.....277*
Tadjiyev Sunnat Saydaliyevich, Kattaev Bobir Sobirovich, Saylixanova Maftuna Komiljonovna *- Modern Remote Sensing-based methods for monitoring the meliorative condition of saline soils.....284*
Mamanbek Reymov, Oralbayev Baxitjan *- Janubiy Orolbo'yi hududida yer degradatsiyasini masofadan zondlash texnologiyalari asosida monitoring qilish va baholash: Adabiyotlar tahlili.....292*
Sobirov Muxtor Sobir o‘g‘li, Abduraxmonov Sarvar Narzullayevich *- GIS muhitida fazoviy a'lumotlarni tayyorlash va integratsiya qilish (Buka va O'rta chirchiq tumanlari misolida).....298*
Sobirov Muxtor Sobir o‘g‘li, Abduraxmonov Sarvar Narzullayevich *- Toshkent viloyatida Agroklimatik ko'rsatkichlarni tahlil qilish geoinformatsion va masofadan zondlash ma'lumotlari asosida.....308*
Shavozov. T.K, Quranboyeva. Z.Sh, Olimova. B.Sh *- Kartalarni yaratishda aerokosmik suratlarning ahamiyati.....315*
Mahmudov Diyorbek Olimboy o‘g‘li *- Sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari yordamida tuyamo‘yin suv omborida suv maydoni va hajm dinamikasini monitoring qilish.....321*
Burxonov Jaloliddin *- GIS va remote sensing usullaridan foydalangan holda Farg‘ona viloyati tuproq degradatsiyasi tahlili.....325*
Abdurahmonov Z.Z, Orinbaev Q.A, Egamberdiev R.R *- Qoraqalpog‘iston Respublikasi va Xorazm viloyatida suv obyektlari hamda Vegetatsiya qoplamining 1990–2025-yillardagi o‘zgarishini NDWI va NDVI indekslari asosida baholash.....327*

Умурзаков Баходир Хамидович, Абдурахмонов Сарвар Нарзуллаевич, Эргашева Нигина Одилжоновна - *ГАТ асосида аҳоли миграция жараёнларини фазовий таҳлил қилиш ва картографик моделлаш методикасини ишлаб чиқиш.....338*
Aminova G. R - *Improvement of service mapping methodology based on GIS.....345*
Kaipov I.P, Kurbanbaev S.E - *Amudaryo deltasi suv havzalarini GIS texnologiyalari yordamida Gidrologik baholash va boshqarish istiqbollari.....354*
Isakov Dawletyar Azat uli, Orazbayev Azizbek Rustem uli - *Xo‘jayli tumani hududida NDVI, NDWI va NDSI indekslari asosida Vegetatsiya, Namlik va Sho‘rlanish holatini baholash (2010–2025).....362*
Isayev Maxammad Xamza o‘g‘li - *Sirdaryo viloyatida tuproq sho‘rlanishining zamonaviy GIS va SSI asosida tahlili.....369*
Meliqoziyev O.Y, Maxsudov R.I - *Masofadan zondalash ma’lumotlari asosida Evi indeksiyordamida vegetatsiya holatini baholash.....374*
Rajabova Malikabonu Tuymurot Qizi - *Sun’iy yo‘ldoshlar yordamida yer resurslarini boshqarish.....377*
O‘tkir Islomov Permetovich, Iroda Yuldashbayeva - *Xorazm viloyatida sug‘oriladigan yer maydonlarining qisqarish dinamikasi tahlili.....382*
Faxriddinova T.H, Shokirov Sh.S - *Sirdaryo viloyati qishloq xo'jaligi yerlarini NDVI va SAVI indekslari asosida baholash.....387*
G. Dezső - *DVI-based random forest estimation of triticale yield from UAV data.....392*
Oybek Tukhtamishov, Zokhid Mamatkulov, O’ktamjon Isankulov, Nozima Bokieva - *Phenology-based Crop classification using multi-temporal sentinel-1 SAR time-series in semi-arid agriculture.....404*
B. Gáti, Z. Túri, Z. Kovács - *Correlation of triticale yield with different vegetation indices effects of yield saturation and weed dynamics on vi-based prediction in organic farming.....429*
Kholjigitova D.B *- Improving methods for intellectual analysis of Hydrochemical properties of groundwater and agrocomponents.....438*
D.B. Xoljigitova - *Aholi salomatligiga ta’sir etuvchi gidrokimyoviy omillarni baholashda intellektual tizimlardan foydalanishning ilmiy-metodik asoslari.....443*
Гулчехра Эшмуратова - *Пространственная динамика засушливости климатических районов Узбекистана по данным двух базовых климатических периодов.....449*
Khakimov Alyorbek, Mamatkulov Zohid, Abshukurov Rustam, Mirzarakhimov Abduvosid, Urazov Suhrob - *Monitoring surface Water dynamics of Aydar lake using MNDWI index and sentinel-2 imagery on google earth engine (2020–2025).....457*
Urinov Jamol Chorshanbiyevich, O‘rinov Anvar Zokir o‘g‘li *- Qishloq xo‘jaligida yer resurslarini boshqarishda sun’iy intellekt va ma’lumotlar tahlilining o‘rni.....465*
Xakimova K.R, Ilxomjonov M.I, Soliyev A.I *- Sun’iy intellekt va geofazoviy texnologiyalar asosida qishloq xo‘jaligi yerlaridan samarali foydalanishni optimallashtirish.....470*
Mamanazarova D.B, Xakimova K. R - *Suv aniqlash algoritmi integratsiyasi asosida irrigatsiya tarmoqlari holatini tahlil qilish va “Aqua monitoring” web-platformasini ishlab chiqish.....477*
Akbar Nosirov, F.Sh.Xudoyberdiyev - GAT *va AHP usullari asosida maishiy chiqindilar poligonini joylashtirishning optimal modelini ishlab chiqish.....485*
Akbar Nosirov, F.Sh.Xudoyberdiyev - *Buxoro tumani hududida maishiy chiqindilar poligonini joylashtirishga ta’sir etuvchi tabiiy-iqlim va infratuzilmaviy omillarni fazoviy baholash.....494*
Zh.Z. Toleubekova, B.M.Uspankulov, Z.N. Kurmangalieva, A.O.Kolmukhanov, N.B. Zhumagul - *Integrated GIS-based territorial analysis using thematic spatial layers.....505*
Teshayev Nozimjon Nusratovich, Maxsudov Bobomurod Yuldoshovich, Mirjalalov Nuriddin To‘lqin o‘g‘li - *Sun'iy yo‘ldosh tasvirlari va GAT texnologiyalari yordamida qishloq xo‘jaligi ekin turlarini monitoring qilish: zamonaviy dasturiy majmualarning qiyosiy-funksional tahlili.....517*
Muxtorov O’zbekxon, Tilyabova Elnora - *Sanoat zonalarining atrof-muhitga ta’sirini aniqlashda Google Earth Engine (GEE) texnologiyalaridan foydalanish (Navoiy viloyati misolida).....524*
Azamat Jumanov - *Research on the development of a GIS-based web map for land use and land monitoring.....531*
Rustam Oymatov, Madina Axmedova, Nargiza Eshmatova - *Agroiqlimiy omillar asosida qishloq xo‘jaligi yerlarining ekologik holatini baholash.....537*
Rustam Oymatov, Maqsuda Hayitova *- Geoinformatsion texnologiyalar asosida Olot tumanida qishloq xo‘jaligi yerlarining cho‘llanish darajasini baholash.....542*

Islomov Utkir, Aminova Guljahon, Hayitova Maqsuda *- Creating a web Map of the Economically active population of the Republic of Uzbekistan.....549*
Maqsuda Hayitova- *Landsat tasvirlari va mashinaviy o‘rganish yordamida G‘ijduvon tumanida yer qoplami o‘zgarishlari va cho‘llanish jarayonlarini baholash.....561*
Ismatullayev Sh.L, Mamatkulov Zohid Jonqobilovich *- Dala pasportini tayorlashda zamonaviy texnologiyalarni qo‘llash.....571*
Abduraxmonov Sarvar Narzullayevich, Ergasheva Nigina Odiljonovna, Zarifov Jamshidbek Davronbek o‘g‘li *- GAT asosida demografik atlaslarni dashboard yondashuvida yaratish va vizual tahlil qilish metodikasi.....579*
Mamatqulov Z.J, Ubaydullayev X.F *- Masofadan zondlash ma’lumotlari asosida tuproqsho‘rlanishining tahlili.....584*
Muslimbekov Baxodir Mirza o‘g‘li, Maxsudov Rahimjon Ilhomovich, Xamidov Boisxo‘ja Baxtiyor o‘g‘li, Asadullaev Burxon Ubaydullo o’g’li *- ArcGIS dasturida geofazoviy amallarni avtomatlashtirish: ModelBuilder misolida vaqt va unumdorlik tahlili.....589*
Ergasheva Nigina Odiljonovna, Zarifov Jamshidbek Davronbek o‘g‘li *- GAT va kartografik metodlar asosida demografik ko‘rsatkichlarning veb-ilovasini takomillashtirish.....594*
Toirov Azizbek Muzaffar o‘g‘li *- Koordinatalar asosida yer maydonini aniqlashda geoaxborot texnologiyalari va geocalc.uz web-platformasi.....599*
Xanibayev Medeu, Muxtorov O‘zbekxon *- Qishloq xo‘jaligi yerlaridan foydalanish samaradorligini sun’iy yo‘ldosh monitoringi (NDVI indeksi) orqali baholash va prognozlash.....606*
Nozima Ziyadullayeva *- O‘zbekistonda yer va suv resurslaridan samarali foydalanishning zamonaviy muammolari va ularni raqamli texnologiyalar asosida hal etish yo‘llari.....609*
Jumanov Azamat Norbutayevich, S.Qodirov, Zufar Rayimjonov, D. Eshdavlatov *- Andijon viloyati, Ulug’nor tumanining geografik o’rn va vigitatsiya jarayonini kuzatish 2000-2024-yillar davomida.....612*
Maqsuda Hayitova, Muhammadziyo Abdulhamidov *- Masofadan zondlash va geoaxborort tizimlari yordamida cho’llanish kartasini tayyorlash Olot tumani misolida (NDWI va DVI indekslari asosida).....621*
Maqsuda Hayitova, Muhammadziyo Abdulhamidov *- Masofadan zondlash va geoaxborort tizimlari yordamida cho’llanish kartasini tayyorlash Olot tumani misolida (NDVI va SAVI indekslari asosida).....625*
Safarov E.Y, Prenov Sh.M, Yo‘ldoshev J.O *- Adaptiv boshqaruv tizimlarida sun’iy intellekt va neyron tarmoqlarini qo‘llashning funksional-texnik imkoniyatlari.....631*
Sh.Sh.Toshpulatov *- Integration of 3d cadastre, bim, and GIS technologies for improving property rights registration mechanisms in modern land administration systems.....635*
Bekjan Uspankulov, Dilnoza Mirzaraimova, Fatxulla Gafurov, Qudrat Orinboyev *- Ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazishning tarixiy rivojlanishi va bugungi kundagi holati.....643*
Babajanov A.R, Tairova A.B *- Xususiylashtirish jarayonini tezlashtirish maqsadida qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallanmagan yerlarni kadastr baholash.....651*
J.J.Pirimov, K.H.Jurayev, M.V.Sulaymonov, A.B.Ochilov, M.B.Ro’ziyeva *- Gidrotexnika inshootlari uchun raqamli geoaxborot bazasini yaratish metodikasi.....661*
A.M.Abduloyev, K.H.Jurayev , M.V.Sulaymonov, A.B.Ochilov, F.F.Jo‘raqulov *- Xorijiy davlatlarda gidrotexnika inshootlari kadastrini yuritish tajribasi.....666*
Sh.Y.Sattorov, M.Y.Bekmurodova, M.B.Ro’ziyeva, F.F.Jo‘raqulov - GAT *va masofadan zondlash ma’lumotlari asosida zarafshon vodiysida sug‘oriladigan yerlarningekologik holatining tahlili.....672*
Raxmonov Jahongir, Ro‘ziboyev Akmaljon *- Ommaviy yer servitut bitimlarini shakllantirish zaruriyati va joriy etishning kreativ yechimlari.....677*
J.I.Kamolov *- Muhofaza etiladigan tabiiy hududlar geoma’lumotlar bazasini takomillashtirishning geoinnovatsion asoslari.....686*
F.Sh.Xudoyberdiyev *- Investitsiya obyektlari xom-ashyo bazasinishakllantirishga yer kadastrining ta’sirimexanizmining amaldagi holati.....694*
S.O’.Bobojonov, F.Sh.Xudoyberdiyev *- Urbanizatsiyalashgan hududlarda umumiy foydalaniladigan yerlarning nazariy-huquqiy va funksional tasnifi.....703*
A.K.Turopov *- Tuproq boniteti balining qishloq xo‘jalik yerlarning me’yoriy qiymatini hisoblashdagi o‘rni va ahamiyati 712*

Хожиев Кучкор Мамадиёрович *- Ер ислоҳоти жараёнларида ерларнинг миқдорий ҳисобини юритишнинг аҳамияти.....719*
Sh.Y.Sattorov, M.Y.Bekmurodova, M.B.Ro‘ziyeva, F.F.Jo‘raqulov *- Madaniy meros obyektlari davlat kadastrini yuritishda mavjud muammolar va rivojlanish tendensiyalari.....728*
Akbar Nosirov, F.Sh.Xudoyberdiyev *- Maishiy chiqindilar poligonlarini joylashtirishda ekologik, sanitariya va kadastr talablarining ilmiy-metodologik asoslari.....732*
Аллаберган Рўзимович Бабажанов *- Давлат ер кадастри ва ер тузишни тарихий шаклланиши ҳамда ривожлантириш истиқболлари.....741*
Asanova I.D, Uspankulov B.M *- O‘zboshimchalik bilan egallab olingan yer uchastkalari va ularda qurilgan obyektlarga bo‘lgan huquqlarni e’tirof etishda kreativ yondashuvlar.....747*
Murodova Sabohat, Muxtorov O‘zbekxon *- Davlat yer kadastri va ko'chmas mulk bu yerda asosiy trend-ma'lumotlar shaffofligi va blokcheyn texnologiyalari.....753*
Jasuzaqova Ayjamol, B.M. Uspankulov *- Kadastr sohasida raqamli transformatsiya: UZKAD imkoniyatlari.....758*
Абдираманов Рашид Дусчанович, Нуруллаев Озодбек Фарход ўғли, Хамдамов Оғабек Дилшод ўғли *- Масофадан зондлаш технологиялари асосида ер ресурсларини мониторинг қилиш ва кадастр маълумотларини янгилаш.....762*
Турдиева Моҳичеҳра Дилмурод қизи, Ўткир Исломов Пирметович *- Замонавий электрон дастурлар орқали қишлоқ хўжалиги экин ерларининг мониторинг қилиш сурхондарё вилояти мисолида.....765*
Abdurahmonov Samandar O‘ktam o‘g‘li, Mamatkulov Zohid Jonqobilovich *- Sun‘iy yo‘ldosh ma‘lumotlari asosida yer resurslarini monitoring qilish.....771*
G‘ulomov Sayfulloh Marufjon o‘g‘li, Kozimov Izzatillo Baxtiyorjon o‘g‘li *- Suv xo‘jaligi ob’ektlarini monitoring qilishda integral yondashuv va uning samaradorligi.....777*
Мусаев Илҳомжон Мақсудович, Эшназаров Дониёр Бахромалиевич, Нуретдинова Машхурахон Ильхамжановна *- ArcGIS дастурида маълумотлар базаси Шаклантириш.....781*
Abdurahmonov Z.Z, Musaev I.M, Toshpo’latov Firdavs, Isroilov M *- Masofadan zondlash ma’lumotlarining raqamli yer kadastridagi roli.....787*
Sh.Sh.Toshpo‘latov, I.Sh.Norqobilov *- Binolar va inshootlarning kadastr raqamlarini shakllantirish tizimi: amaliyot, muammolar va takomillashtirish yo‘nalishlari.....792*
Abdusharifova Guljanoy Jaloliddin qizi, Maxsudov Rahim Ilhomovich *- NDVI indeksi asosida o‘simlik qoplamini baholash (sherobod tumani misolida).....797*
Qalbayeva Gulbanu, Muxtorov O‘zbekxon *- Qishloq xo‘jaligi ekin maydonlarining monitoringini NDVI ko‘rsatkichi yordamida olib borish.....801*
Temirova Shaxnoza Bektursun qizi *- Suv fondi yerlari va ularni monitoring qilishning xorijiy tajribalari.....804*
Saydaliyeva Go‘zal Abdurashidovna *- Yer monitoringini tizimli yuritishning iqtisodiy va amaliy omillari.....809*
Safarov E.Y, Prenov Sh.M, Yo‘ldoshev J.O *- Toshkent, Samarqand va Xiva shaharlaridagi madaniy meros zonalarida geo-ekologik vaziyatning qiyosiy geografik tahlili.....814*
D.G‘.Norboeva, M.X.Rajapbayev *- AHP va GIS texnologiyalari asosida cors tarmog‘ini optimallashtirish.....818*
Abdukadirova Muxarram Arabbayevna, Ergasheva Mumtozbegim Mashrabali qizi *- Arxitektura obyektlarini loyihalashda geodezik o‘lchovlar va GIS-bim integratsiyasi asosida 3d raqamli model yaratishning ilmiy-amaliy asoslari.....825*
A.A.Abduraxmonov *- Sanoat obyektlarining 3d raqamli modellarini yaratishda zamonaviy geodezik o‘lchash va geoaxborot texnologiyalarini integratsiyalash.....832*
Nozima Boqiyeva, Zohid Mamatqulov, Jaxongir Rajabov *- Masofadan zondlash materiallarini geofazoviy bog'lashda aniqlik ko'rsatkichlarini baholash: O'rta Chirchiq tumani misolida.....837*
Jamshidbek Zarifov, Sarvar Abduraxmonov *- Geoaxborot texnologiyalari va GNSS asosida shahar hududlari yashillik darajasining fazoviy tahlili va monitoringi (“TIQXMMI” MTU hududi misolida).....843*
Jumanov Azamat Norbutaevich, Kozimov Izzatillo Baxtiyorjon o‘g‘li *- Qishloq xo‘jaligi hududlaridagi Gidrotexnik inshootlarning deformatsiya holatini zamonaviy geodezik monitoring va GIS texnologiyalari yordamida baholash.....849*

Sh.Y.Sattorov, M.Y.Bekmurodova, M.B.Ro’ziyeva, F.F.Jo‘raqulov - *Madaniy meros obyektlari vertual turini shakllantirishning ilmiy-uslubiy asoslari.....854*
Xakimova Kamola Raximjonovna, Abdukadirova Muxarram Arabbayevna, Ergasheva Mumtozbegim Mashrabali qizi - *Bino va inshootlarni loyihalashda relyef, geodezik asos va gis ma’lumotlaridan foydalanish metodikasi.....859*
Bunyod Tojiboyev - *Studying the issues of creating a Web Map of land use and land monitoring using gis technologies.....864*
Yokubov Sherzodbek Shavkat o‘g‘li - *Ko‘p yillik daraxtzorlar monitoringi natijalarini yer kadastri ma’lumotlari bilan integratsiyalashning geoaxborot yondashuvi.....869*
Nurbek Xurramov, Zafar Gafurov - *GAT va masofadan zondlash texnologiyalari yordamida daraxtlar monitoringini yuritish (Toshkent shahri Yunusobod tumani misolida).....876*
Q.M.Muxamadov, F.Sh.Xudoyberdiyev, I.Nazarov - *GIS va masofadan zondlash texnologiyalariga asoslangan raqamli monitoring modelini takomillashtirish(Jondor tumani misolida).....885*
Mamatqulov Zohid Jonqobilovich, Xaitov Islom Nurboy o‘g‘li - *Tuproq sho‘rlanishini xaritashlashda masofadan zondlash texnologiyalari orqali aniqlash (Jarqo‘rg‘on tumani misolida).....892*
O’ktamov Sh.R, Maxsudov R.I - *GAT asosida Sirdaryo viloyati Boysun tumanining qishloq xo’jaligi yerlarining indeks tahlillari.....898*
Kaipov I.P, Kurbanbaev S.E - *Amudaryo deltasidagi suv omborlari gidrologik va gidrologik holatini baholash va suvlantirish rejimini takomillashtirish.....902*
Islomov O‘tkir Pirmetovich, Xamdamov Og‘abek Dilshod o‘g‘li - *Ekologik muammolarni bartaraf etishda geodeziya va kartografiyaning zamonaviy innovatsion yondashuvlari.....909*
Mannonov Alizod, Muxtorov O‘zbekxon - *Global navigatsiya sun’iy yo‘ldosh tizimlari (GNSS) yordamida muhandislik inshootlarining deformatsiyasini real vaqt rejimida monitoring qilish.....914*
Amankeldiyev T, Muxtorov O‘ - *Zamonaviy geodeziyada lidar va uchuvchisiz uchish apparatlari (dronlar) yordamida yuqori aniqlikdagi 3D modellarni yaratish istiqbollari.....917*
T.Abduzoirov, E.Toshmatov - *Gruntli to‘g‘onlarning asos o‘lchamlarini aniqlash.....919*
Abdukarimova Asema Qosim qizi - *Gidrotexnika inshootlarining ekotizim barqarorligini ta'minlashdagi roli.....923*
Muhammadjonov Muhammadsobir Nodirbek o’g’li, Kozimov Izzatillo Baxtiyorjon o‘g‘li - *Iqlim o‘zgarishi va gidrotexnik inshootlarning barqarorligi.....926*
Toshpo‘latova Sevara Olimjon qizi - *GNSS yordamida dron tasvirlanishini geofazoviy bog‘lanish aniqligini oshirish.....929*
Isomov Lazizbek, Muxtorov O‘zbekxon - *Geoinformatsion tizimlar (GIS) yordamida shahar infratuzilmasini raqamli egizak (digital twin) texnologiyasi asosida modellashtirish.....933*
Xusanjonova Aziza Murodovna, Abdusalomova Muqaddas Abdurashid qizi, Mamatkulov Z.J - *Yer uchastkalari chegaralarini aniqlashda GPS va GIS texnologiyalarining qo‘llanilishi.....936*
Toshpo‘latova Sevara Olimjon qizi - *GNSS texnologiyasi va dron tasvirlarining geofazoviy bog‘lanishi.....942*
Zoirjon Abdurahmanov, Ashirov Alisher, Ilhomjon Aslanov - *Masofadan zondlash ma’lumotlari va GAT texnologiyalari asosida urbanizatsiya jarayonlari hamda shahar hududlarining kengayishini tahlil qilish (Farg‘ona vodiysi misolida).....946*
Ilhomjon Aslanov, Shodiqul Ochilov, Zoirjon Abdurahmonov - *Demografik jarayonlarni geografik axborot tizimlari (GAT) texnologiyalari asosida tahlil qilish (Samarqand viloyati misolida).....954*
Rustam Oymatov, Otajon Shavkatboyev - *Kattaqo‘rg‘on tumanida yer degradatsiyasi jarayonlarini NDVI, SI va BSI indekslari asosida vaqt bo‘yicha baholash (2015–2025).....960*
Faxriddinova T.H, Shokirov Sh.S - *Sirdaryo viloyati qishloq xo'jaligi yerlarini NDVI va SAVI indekslari asosida baholash.....968*
Isanqulov O‘ktamjon O‘tkir o‘g‘li, Shakirov Sh.S - *Seasonal NDVI dynamics and spatial Mapping of cotton fields in Surkhandarya region using Sentinel-2 and Landsat-8/9 satellite data.....972*
Turdikulov X. X, Ro‘zimatova M.M - *Ortofotoplan tayyorlashda foydalaniladigan dastlabki ma’lumotlar, geodezik o‘lchovlar va texnologik jarayonlar.....982*

Айтжанов Нұрбах Бахытжанұлы *- исследование почвенного покрова тюлькубасского района туркестанской области на основе применения гис-технологий.....991*
Ергеш Аяжан Қанатқызы *- Обследование сельскохозяйственных земель на основе данных дистанционного зондирования с использованием гис-технологий.....998*
Каримбай Әділхан Мәлсұлы *- Исследование почвенного покрова тюлькубасского района туркестанской области на основе применения гис-технологий.....1005*
Мылтықбай Жібек Құлажанқызы *- Основные проблемы и направления совершенствования нормативно-правового обеспечения управления земельными ресурсами.....1011*
Кенжалиева Гулмира Дуйсенбаевна, Пентаева Салтанат Болғанбекқызы *- ГИС-анализ пространственного распределения почвенного покрова территории города кентау.....1020*
Рўзиқулова О.Ш, Қаршиева Т *- Сурхондарё вилоятида овқат ҳазм қилиш аъзолари касалликларининг харитасини тузишда сув маълумотларидан фойдаланиш.....1028*
Камшыбаев А.А, Лесбек С *- Электрохимическая технология подготовки питьевой воды для условий города шымкент.....1035*
Najmeh Neysani Samany, Ali Darvish Bloorani, Zokhid Mamatkulov *- Spatiotemporal Monitoring of Agricultural Fields: A Deep Transfer Learning Approach.....1041*
Ali Darvishi Boloorani, Najmeh Neysani Samany, Masoud Soleimani, Fatemeh Amiri, Ali Al-Hemoud, *- Essons Learned from Geoinformatics Studies of Climate-Related Hazards in The Middle East: Water Scarcity, Drought, and Dust Storms.....1050*
Hamidullayev Shohjahon Shuhratovich, Xalilov Azimbek Komiljon o‘g‘li, Donayeva Tursunoy Sodiq qizi *- Surxondaryo viloyati tog' va tog'oldi hududlarida sel xavfini masofadan zondlash va GAT texnologiyalari yordamida baholash.....1067*
Реймова Гулмира Полатовна *- Пространственно-информационные модели устойчивого развития регионов с учётом экологических факторов: на примере Республики Каракалпакстан и Приаралья.....1075*
Реймова Гулмира Полатовна *- Пространственно-информационное моделирование устойчивого развития регионов: Теоретические основы и практика Республики Узбекистан.....1083*
Reymov T *- Analysis of the Impact of Climate Change on Croplands Applying Geospatial Methods in the Aral Sea Region (Kegeyli and Bozataw Districts).....1092*
Xakimov Alyorbek Karimjon o‘g‘li *- Google Earth Engine yordamida yer qoplamini xaritalash uchun mashina o‘rganish klassifikatorlarini baholash (Pop tumanni misolida).....1106*
Alyorbek Khakimov *- Urban expansion and vegetation loss analysis in Namangan using Sentinel-2 imagery (2020–2025) 1117*
Муродова Шаҳодат Музаффаровна *- Суғориладиган ерларда ер тузиш лойиҳаларини ишлаб чиқишни геоахборот тизимлари (ГАТ) ва ерни масофадан зондлаш (ЕМЗ) технологиялари асосида такомиллаштириш 1128*
Ilyaskhoja Jumaniyazov, Mukhiddin Juliev, Alyor Khakimov *- Analyzing the groundwater table and mineralization and soil salinity by mapping in irrigated lands of Shimbay district, Republic of Karakalpakstan, Uzbekistan 1134*
Саидмуродова Нигина Бурхон қизи *- Қишлоқ хўжалиги ерлари экологик барқарорлигини геоахборот тизимлари асосида баҳолаш ва мониторинг қилиш усулларини такомиллаштириш.....1147*

UUK: **631.111:711**

TOSHKENT VILOYATIDA BUZILGAN YERLARNI REKULTIVATSIYA QILISHNING MAVJUD HOLATI VA UNDAGI MUAMMOLAR TAHLILI

S.Sharipov *- TIQXMMI" MTU katta o'qituvchisi*

Annotatsiya. *Maqolada Toshkent viloyati hududlaridagi buzilgan yerlarning hozirgi holati, rekultivatsiya qilishning zarurati, tashkiliy-texnik jihatlari va rekultivatsiya qilingan yerlardan kelajakda foydalanishning samarali yo'nalishlarini belgilash bo'yicha muammolar va ularni yechishda yer tuzishning ahamiyati yoritib berilgan.*

Kalit so'zlar: *buzilgan yerlar, rekultivatsiya, qishloq xo'jaligi, yerdan foydalanish, ekologik talablar, yer tuzish tadbirlari.*

Abstract. *The article discusses the current state of degraded lands in the Tashkent region, the need for reclamation, organizational and technical aspects, and the problems of determining effective directions for the future use of reclaimed lands, as well as the importance of land consolidation in solving them.*

Keywords: *degraded lands, reclamation, agriculture, land use, environmental requirements, land consolidation measures.*

Kirish. Respublikamizda sanoat sohalarini rivojlanishi natijasida buzilgan yerlarning ortib borish tendensiyasini o'rganish va bu bilan bog'liq jarayonlarni kuzatib borish, salbiy jarayonlarni aniqlash, buzilgan yerlarni rekultivatsiya qilish bo'yicha bir qator ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada buzilgan yerlarni aniqlashning zamonaviy usullarini tadbiq etish, buzilgan yerlarni rekultivatsiya qilishning innovatsion yechimlari va bu yerlardan foydalanishning zamon talabidagi samarali yo'nalishlarini ishlab chiqishni taqazo etmoqda.

Oxirgi 20 yillar davomida biz tadqiqot olib borayotgan Toshkent viloyatida buzilgan yerlarning ko'payishining asosiy sabablari tog'-kon sanoatining rivojlanishi, aholi yashash joylarining kengayishi, yerdan foydalanuvchilarning ya'ni yer qa'ridan tabiiy boyliklarni qazib olish natijasida buzilgan yerlarda rekultivatsiya ishlarini bajarmaslik, kafolatli yer tuzish loyihalarini o'z vaqtida ishlanmaganligidadir. Buzilgan yerlarni iqtisodiyot tarmoqlariga foydalanish uchun qaytarish va ularning atrof muhitga salbiy ta'sirini tugatish maqsadida kechiktirib bo'lmaydigan samarali rekultivatsiyalash ishlarini olib borish zaruratini keltirib chiqardi. Faoliyati yerlarning buzilishiga olib keladigan obyektlar uchun yer ajratishda rekultivatsiyalash ishlari texnologik jarayonning ajralmas qismi sifatida loyihalanishi kerak [5,7,9,12].

Material va metodlar. Dunyoning yetakchi ilmiy-tadqiqot muassasa va markazlari tomonidan buzilgan yerlarni rekultivatsiya qilish bo'yicha ko'plab ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Sohaga tegishli mavjud ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, buzilgan yerlarni rekultivatsiya qilish va bu yerlardan samarali foydalanishni tashkil etish yo'llarini ishlab chiqish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar horijiy va respublika olimlaridan K.Uorvork, L.V.Motorina, V.A. Ovchennikov, X.Vaxobov, P.I. Tomakov va V.S. Kovalenko, G.A.Tolipov, S.Avezbayev, S.N. Volkovlarning ilmiy ishlarida o'z aksini topgan.

Respublikamizda buzilgan yerlarni rekultivatsiya qilish va bu

yerlardan samarali foydalanishni tashkil etish bo‘yicha tadqiqotlar A.Abduazizov, E.Yu.Safarov, M.X.Xamidov, S.Avezboyev, A.Nigmatov, Z.Jabborov, B.Jabbarov kabi va boshqa olimlarning ilmiy-nazariy va uslubiy-amaliy ishlanma, tavsiya va natijalarini e’tirof etamiz. Ammo yuqorida keltirilgan olimlar va tadqiqotchilar ishlarida buzilgan yerlarni rekultivatsiya qilish va bu yerlardan samarali foydalanishni tashkil etilishi qo‘p jihatdan umumiy tarzda tadqiq etilgan [2,9,10,13.17].

Bugungi kunda yuqorida nomlari zikr etilgan olimlarning ilmiy ishlarida yangi asr texnologiyalari davrida buzilgan yerlarni aniqlashning raqamli texnologiyasini tadbiq qilish, buzilgan yerlarni rekultivatsiya qilishning tashkiliy-texnik jihatlari va rekultivatsiya qilingan yerlardan kelajakda foydalanishning samarali yo‘nalishlarini aniqlashning “yashil” iqtisodiyot va texnologiya usullarini joriy etish talablariga mos holda amalga oshirish bugungi kun talablariga to‘liq javob bermayotganligini ta’kidlash lozim.

Rekultivatsiya yerlardan har xil tarmoqlarda va maqsadlarda, asosan qishloq xo‘jaligida, foydalanish uchun bajarilishi ko‘zda tutiladi. Chunki yer tuzish loyihalarini o‘tkazishdagi asosiy tamoyillaridan biri ham qishloq xo‘jaligining yerdan foydalanishdagi ustivorligini ta’minlashdir. Rekultivatsiyalangan yerlardan foydalanish usullari ular joylashgan tabiiy va texnik sharoitlarga, xo‘jalik va ijtimoiy zaruratlarga va iqtisodiy manfaatdorlikka bog‘liq bo‘ladi.

Respublikamizda jami 58886,0 ga buzilgan yer mavjud bo‘lib (2019 y.), shundan 1435,4 ga yer yaroqli holga keltirilgan. Bu umumiy maydonning 2,30 foizni tashkil qiladi. Buzilgan yerlarga ishlov berilishi bo‘yicha 19,4 foizni tashkil etgan.

Shuni ta’kidlashimiz lozimki Vazirlar Mahkamasisining 2018 yil 4 dekabrdagi 983-son qaroriga muvofiq, “Foydali qazilmalarni qazish chog‘ida yer qa’rini muhofa- za qilishning yagona qoidalari”da “Kon ishlarini rivojlantirish rejalarida qazib chiqarish, qazishga jalb etilishida foydali qazilmalarning kamayishi va sifatning buzilishini optimallashtirish chora-tadbirlari, zarur bo‘lganda ilgari konservatsiya qilingan va balansdan tashqari zaxiralar, birgalikda joylashgan foydali qazilmalardan foydalanish va yuzasi ochilgan jinslar, maxsus ag‘darilgan tuproqdagi nokonditsion mineral xom ashyoning yig‘ilishi, fan va texnika yutuqlarini ishlab chiqarishga joriy etish, shuningdek, istiqbolli texnologik qarorlar va yer qa’rini muhofaza qilish sohasidagi ilmiy-tadqiqot va tajriba ishlarining natijalari nazarda tutilishi lozimligi belgilangan” [3,4,11,15].

Kon ishlarini rivojlantirish dasturlari hamda kamayish va sifatning buzilishini normativlarini tuzish va kelishish tartibi O‘zbekiston Respublikasi Davlat geologiya va mineral resurslar qo‘mitasi huzuridagi Kon-geologiya faoliyatini nazorat qilish Inspeksiyasi tomonidan tasdiqlangan namunaviy metodik ko‘rsatmalar, shuningdek, vazirliklar va idoralar tomonidan Inspeksiya bilan kelishgan holda tasdiqlangan tarmoq metodik ko‘rsatmalari bilan aniqlanadi.

Yer tuzish ishlarida foydali qazilmalarni qazib oluvchi korxona qurilishi uchun yer ajratish masalalari ham yechiladi. Bu ishlar “O‘zdaverloyiha” davlat ilmiy loyihalash instituti mutaxasislari tomonidan “yer tuzish loyihasi” darajasidagi ishlangan ilmiy, texnik, huquqiy hujjatlar to‘plami hisoblanadi. Bunda korxonaning maydonini tanlash uchun buyurtmachi tomonidan

belgilangan tartibda komissiya tuziladi, unda O‘zbekiston Respublikasi tabiiy resurslar vazirligi (O‘zbekiston Respublikasi ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish davlat qo‘mitasi), Kon-geologiya faoliyatini nazorat qilish inspeksiyasi va Sanoat xavfsizligi davlat qo‘mitasi vakillari albatta ishtirok etishlari zarur.

Foydali qazilmalarni qazib oluvchi korxona qurilishi uchun maydon tanlash to‘g‘risidagi (komissiyaning barcha a’zolari imzolangan) dalolatnoma belgilangan tartibda tasdiqlanadi va u foydali qazilmalarni qazib oluvchi korxona joylashadigan joy kelishilganligi to‘g‘risidagi hujjat hisob-lanadi. Yer qa’ridan foydalanuvchi korxonalar aholi xavfsizligini, yer qa’ri, atmosfera havosi, yer, o‘rmonlar, suv va atrof tabiiy muhitning boshqa obyektlari, qo‘riqxonalar, tabiat, tarix va madaniyat yodgorliklari yer qa’ridan foydalanish bilan bog‘liq ishlarning zararli ta’siridan muhofaza qilinishini ta’minlovchi chora-tadbirlarni amalga oshirishi zarur.

Shu bilan birgalikda yer qa’ridan foydalanishda buzilgan yer maydonlari va suv omborlarini xavfsiz holatga, shuningdek, ulardan amaldagi qonunchilikka muvofiq iqtisodiyot tarmoqlarida foydalanish uchun yaroqli holatga keltirishlari belgilangan.

Natijalar. Buzilgan yerlarni rekultivatsiya qilish jarayonida landshaftning barcha komponentlari yangidan yaratiladi: relef va tuproq osti qatlam yaratiladi; sizot suvlari rejimi tiklanadi; yer uchastkasi foydalanish maqsadidan kelib chiqib, tuproq tarkibi va o‘simlik qoplami yaratiladi. Sun’iy yaratilgan borliq tiklanayotgan xududda xayvonot olami ham asta sekin tiklanishi ko‘zda tutiladi.

Mamlakatimiz iqtisodiyoti rivojlanishining hozirgi bosqichida sanoat sohasining oldida uchta o‘zaro bog‘liq maqsadni amalda birlashtirish vazifasi turibdi: iqtisodiy samaradorlik, ekologik javobgarlik va ijtimoiy faollik. Shu bilan birga, asosiy e’tibor yuqori ekologik majburiyatlarni amalga oshirishda yuqori samaraga erishish va ularning moliyaviy-iqtisodiy ko‘rsatkichlar va biznes raqobatbardoshligiga ijobiy ta’sir ko‘rsatishga (ayniqsa, o‘rta va uzoq muddatli istiqbolga) qaratilishi kerak. Respublikada noqishloq xo‘jaliklari uchun yer ajratish jarayonida, ajratilgan yer maydoninining unumdor qatlami qirqib olinib keyinchalik foydalanish uchun saqlab qo‘yilishi kerakligi, qonun bilan belgilangan [1,2,3,4].

1-jadval

Yerlarning olib tashlangan hosildor qatlami va yerlarning hosildor qatlamidan foydalanish

	Yil boshiga hosildor qatlami to‘plangan yerlar, ming m/kub	Hisobot yilida				Yil oxiriga hosildor qatlami to‘plangan yerlar, ming m/kub
		Yerning olib tashlangan hosildor qatlami		Yerning hosildor qatlamidan foydalanildi, ming m/kub.	Yerning hosildor qatlamini ochish bilan yaxshilangan kam hosildor yerlar, gektar	
		гектар	минг м/куб			
O‘zbekiston Respublikasi	**15 740,6**	**602,7**	**2 471,8**	**1 038,3**	**8,5**	**17 174,1**

**Statistika qo‘mitasi ma’lumotlari 2024yil*

Jadval ma’lumotlaridan ko‘rinadiki 602,7 ga dan 2471,8 m3 hosildor qatlam qirqib olingan.

2-Jadval

Respublika hududlari kesimida buzilgan yerlar

O‘zbekiston Respublikasi va viloyatlar	Yer qatlami buzilishi bilan bog‘liq ishlarni amalga oshiruvchi tashkilotlar soni, birlik	Buzilgan yerlar - jami, gektar	Yaroqli holga keltirilgan yerlar - jami, gektar	Hosildor qatlami to‘plangan yerlar, ming m3
O‘zbekiston Respublikasi	**73**	**4199.3**	**1435.4**	**14034.9**
Qoraqalpog‘iston Respublikasi	7	216,1	81,7	13,9
Viloyatlar				
Andijon	2	17.4	4.5	-
Buxoro	7	269.1	195.7	42.6
Jizzax	4	182.3	53.8	36.9
Qashqadaryo	9	447.2	421.7	617.5
Navoiy	4	2,001.8	271.7	12,848.3
Namangan	2	238.4	30.2	17.6
Samarqand	7	352.1	234.9	407.5
Surxondaryo	5	5.8	3.2	2.3
Sirdaryo	1	11.3	-	-
Toshkent	**18**	**432.6**	**128.7**	**45.8**
Farg‘ona	4	25.2	9.3	2.5
Horazm	-	-	-	-
Toshkent sh.	3	-	-	-

**Statistika qo‘mitasi ma’lumotlari 2024yil*

Hududlar kesimida buzilgan yerlarni yaroqli holga keltirish jadvalidagi taxlillar shuni ko‘rsatdiki respublikamiz bo‘yicha Toshkent viloyatida yer qatlami buzilishi bilan bog‘liq ishlarni amalga oshiruvchi tashkilotlar soni 18 tani tashkil etib, atof-muhitga ta’siri bo‘yicha ham respublikamizda birinchi o‘rinda turadi. Viloyatdagi bu jarayonlarni

taxlil qilar qilar ekanmiz 432,6 ga yer maydoni buzilgan yerlar tarkibiga kiradi. Shundan 128,7 ga yer maydoni yaroqli holga keltirilgan. Bu umumiy maydonning 29,7 foizini tashkil etmoqda. Qolgan 70,3 foizi rekultivatsiyaga muhtoj.

Yuqoridagi 2-jadvaldan ham ko‘rinib turibdiki Toshkent viloyati O‘zbekistonning eng yirik sanoat hududlaridan biri hisoblanadi. Viloyatda 7 ta shahar va 15 ta tuman joylashgan bo‘lib 6,5 mingdan ortiq sanoat korxonasi ishlab turibdi. Mamlakatimizda ishlab chiqarilgan jami sanoat mahsulotlarining qariyb 16 foizi mazkur mintaqa hissasiga to‘g‘ri keladi. So‘nggi yillarda respublikamizda yiliga 100 million tonnadan ortiq sanoat chiqindisi (uning 14 foizi toksik chiqindilar toifasiga mansub), million tonnaga yaqin maishiy chiqindi hosil bo‘ladi. Chiqindixonalar va chiqindi saqlash omborxonalarida 2 milliard tonnaga yaqin sanoat, qurilish va maishiy chiqindi saqlanayotgani hamda ular 12 ming gektar maydonni egallab turibdi. Agar bu kabi sanoat chiqindilarini atmosfera, gidrosfera va biosferaga salbiy ta’sirini inobatga olsak, ishlab chiqarish jarayonida atrof-muhitga zararlari minimal bo‘lgan texnologiyalarni amaliyotga joriy etish hamda bu jarayonda buzilgan yerlarni rekultivatsiya qilish loyihalarni ishlab chiqish soha oldiga muhim vazifa sifatida qo‘yilgan. Yirik sanoat markazlari Angren, Olmaliq, Chirchiq va Bekobod shaharlari hissasiga to‘g‘ri keladi.

Toshkent viloyatida bugungi kunda quyidagi yirik sanoat korxonalari faoliyat olib bormoqda. “Ohangaronsement”, “Maksam Chirchiq”, “Bekobodsement”, “O‘zbekko‘mir”, “Qibray ToshGRES 2”, “Ammafos-Maksam”, “Angren IES”, “O‘zmetkombinat”, “GM POWERTRAIN UZBEKISTAN”, “Tuman davlat elektrostansiyasi“, “Toshkent yog‘-moy kombinati”, “Olmaliq tog‘-kon kombinati” kabi yirik korxonalar viloyat sanoatining yetakchiliklari hisoblanadi. Ma’lum bir mintaqada sanoat tarmoqlarini joylashtirishda albatta shu hududning hom-ashyo va mehnat resurslari bilan birgalikda, ijtimoiy talablar, iqtisodiy va ekologik talablarni ham qaytadan ko‘rib chiqishni talab etadi. Chunki bir turdagi foydalanishlar boshqalariga qarshilik qiladi. Jamiyat uchun ayniqsa yerdan foydalanishning noqishloq xo‘jalik turlarining qishloq xo‘jalik turlariga nisbatan raqobatlashishi zarur emas. Yerlarni tarmoqlar orasida taqsimlash va qayta taqsimlash masalasi juda ahamiyatli, qiyin va hamma vaqt ham asosli yechilavermaydigan masala hisoblanadi. [3,4,13,15]

Ayni vaqtda viloyat bo‘yicha jami 18 ta kichik sanoat zonasi faoliyat

yuritmoqda. Ular Angren, Ohangaron, Bekobod, Quyichirchiq, Chirchiq,

Yangiyo‘l, Bo‘ka, Oqqo‘rg‘on, Parkent, Bo‘stonliq, Pskent, Qibray kabi kichik

sanoat zonalaridir. Ushbu kichik sanoat zonalarida tog‘-kon sanoati, ko‘mir,

rangli va qora metallurgiya, kimyo sanoati, elektroenergetika, qurilish

materiallari ishlab chiqarish, tekstil sanoati, sellyuloza-qog‘oz sanoati,

agrosanoat kabi sohalar yetakchi hisoblanadi. Muammo shundaki bu korxonalarda rudani qayta ishlash, tozalash, yuvish, sovutish maqsadlarida ko‘p miqdorda suv ishlatiladi.

Muhokama. Bunday qudratli texnogen jarayon konchilik va texnogen landshaftlar maydonining

dinamik rivojlanishiga va kengayishiga olib keladi va tabiiy landshaftlarning maydonlari mos ravishda ham tog‘li, ham tekislik joylarda kamayib borishini ko‘rsatdi. Shu sababli tog‘-kon va texnogen landshaftlarning shakllanish jarayonini, ularning barqaror dinamik rivojlanishini va morfologik tuzilishini, shuningdek, bu yerlarni rekultivatsiya qilishning fizik-geografik asoslarini ishlab chiqishni har tomonlama o‘rganish O‘zbekistonning quruq iqlim sharoitida ayniqsa Toshkent viloyatida ustuvor ilmiy amaliy ahamiyatga ega ekanligiga etibor qaratamiz [3,9,10,11].

Xulosa. Yuqoridagi fikrlardan shuni ta’kidlash mumkinki, yer tuzish loyihalarida qazilma boyliklarni qazib olish uchun ajratiladigan yer uchastkalarini berish shartlarida quyidagi tadbirlar to‘la hisobga olinishi zarur:

tabiatni va atrof muhitni muhofaza qilish, qishloq xo‘jalik yerlarini saqlash, yerlarni eroziyadan, sho‘rlanishdan, batqoqlanishdan, qurib ketishdan va yer osti suvlarining sathi ko‘tarilib ketishidan himoya qilish, o‘simliklarni, suv havzalarini, atmosferani (havoni) himoya qilish, uzilib qolgan transport aloqalarini tiklash, davlat va boshqa yerdan foydalanuvchilar, hamda yerga egalik qiluvchilar manfaatlarini hisobga olib, zarurat tug‘ilganda yerdan foydalanuvchining huquqlarini cheklash masalasi ko‘rilishi lozim. Shundagina yerlardan samarali foydalanish va ularni muhofaza qilishga erishish mumkin [1,2,4,12,17].

Foydalanilgan dabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi “Yer kodeksi”. T.: Adolat, 2022.-160b.

2. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасини Қарори 29 апрель 2023 йил 169-сон Бузилган ерларни рекультивация қилиш, тупроқнинг унумдор қатламини сақлаш ва ундан оқилона фойдаланишни ташкил этиш чора-тадбирлари тўғрисида

3. Авезбоев С.А., Шарипов С.Р. “Determination of rational areas of irrigated plots in saline and subjected lands to irrigation erosion” "Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering (CONMECHYDRO-2020)” 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 883 012059

4. С.Авезбаев, О.Авезбаев, С.Шарипов, Организация рационального использования земель в республике Каракалпакстан с учетом природных факторов ПРОБЛЕМЫ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА (научно-технический журнал)2019.

5. С.Авезбаев, Рақамли технологияларни қўллаб қишлоқ хўжалик экинлари мониторингини ташкил этиш “Агро илм” журнали 2020. 3-сон -98-100б.

6. S Avezboyev, S Sharipov, and K Xujakeldiev. Development of projects for recultivation of landsusing GIS technologies. International Conference on Advanced Agriculturefor Sustainable Future IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1138(2023)012019 IOP Publishingdoi: 10.1088/1755-1315/1138/1/012019

7. S Avezboyev, Mukumov1, K Xujakeldiev2, F Khamidov, and Sh Adizov3Issues concerning the use of anti-erosion measures in land

8. management projects. International Conference on Advanced Agriculture for SustainableFutureIOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1138 (2023) 012028 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/1138/1/012028

9. С.Авезбаев, Организация рационального использования

земельных ресурссов и значение землеустройства - “O’ZBEKISTON ZAMINI” научно-поектный и инновационный журнал 2019- 2- 10-11с

10. А.Р Бабажанов, С.Р Шарипов, Б.М Успанкулов. ЗЕМЛИ ЛЕСНОГО ФОНДА

11. РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН И АНАЛИЗ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ. Вестник Казахского гуманитарно-юридического инновационного университета. 2017. № 1(33). С. 198-201.

12. Рабочий проект. Рекультивации нарушенных земель на участке «Кушбулак» Карахтайского месторождения известняка и месторождения супеси «Западный» г.Нурафшан. 2018

13. Sharipov S.R. The types of disturbed lands and the main directions of their reclamation.ECONSPEAK: A jounal of Advances in Management IT social Sciences, International Virtual conference on The ways of innovative approach on the Deployment of Scienceand Education // Vol.9, issue 5, May 2019. P.75-81.

14. S.Sharipov, Ta’lim berish jarayonida nazariya va amaliyot birligini ta’minlash (pp. 1212-1217)http://scientificprogress.uz/storage/app/media/6-218.%201212-1217.pdf

15. С.Авезбаев, С.Р.Шарипов, Разработка проектов рекультивации земель с использованием гис технологий EURASIAN EDUCATION, SCIENCE AND INNOVATION (Journal) 5-2021.178-182.

16. С.Авезбаев, О.Авезбаев, С.Р.Шарипов, “Панорама дастурида объектнинг

17. 3D моделини яратиш” электрон услубий қўлланма. Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан – Ташкент, 2019 г

18. № 001536

19. С.Авезбаев, О.Соатов, С.Р.Шарипов, Ж.О.Садуллаев Актуальные вопросы организации рационального использования сельскохозяйственных земель в Узбекистане. Экономика и социум. Международний научно-практический журнал-№10.(101)2022

UUK: 631.459.2:631.67(575.141)

THE DEGRADATION STATUS OF IRRIGATED LANDS IN UZUN DISTRICT OF SURKHANDARYA REGION

Mamayusupov J. U. *– Doctoral student of “TIIAME” NRU, Tashkent state agrarian university teacher. E-mail: jaloliddinmamayusupov6@gmail.com*

Abstract. *This study analyzes the degradation status of irrigated lands in Uzun district of Surkhandarya region under conditions of global climate change. Land degradation, expressed through soil salinization, erosion, waterlogging, and humus depletion, remains a significant challenge affecting agricultural productivity. The research is based on statistical data, legal frameworks, and forecast indicators for 2022–2025. The results indicate a gradual decrease in areas with low humus content and degraded pastures, while soil salinity remains*

relatively high, affecting a considerable portion of irrigated lands. The study identifies improper irrigation practices, inadequate drainage systems, and natural factors such as drought and uneven water distribution as key drivers of degradation. The findings emphasize the importance of implementing modern irrigation technologies, particularly drip irrigation, improving soil fertility, and applying integrated land management strategies. Additionally, national and international initiatives, including soil organic carbon management, play a crucial role in achieving land degradation neutrality and ensuring sustainable agricultural development in the region.

Key words: *Land degradation; irrigated lands; soil salinity; humus depletion; irrigation management; Surkhandarya region; Uzun district.*

Introduction. In the context of global climate change, land degradation, soil conservation, and the efficient use of agricultural resources have become critical issues worldwide. Land degradation is defined as the deterioration of land quality, reduction in productivity, and depletion of essential soil nutrients. In arid and semi-arid regions, such processes often lead to desertification, where fertile lands gradually transform into deserts [1], [4].

The main types of soil degradation include erosion, salinization, waterlogging, and humus depletion. These processes negatively affect agricultural productivity and ecological sustainability. In response, scientific institutions have developed various strategies to combat degradation. In particular, the Institute of Soil Science and Agrochemical Research has proposed a set of measures for 2020–2025, including the use of remote sensing technologies for monitoring salinization and the development of electronic maps [2].

Surkhandarya region, located in the southeastern part of Uzbekistan, is characterized by diverse natural and climatic conditions. Its geographical features, including mountainous and plain landscapes, significantly influence land use and degradation processes. Within this region, Uzun district represents an important agricultural area where irrigated lands are subject to various degradation factors. Therefore, analyzing the condition of these lands is essential for sustainable agricultural development.

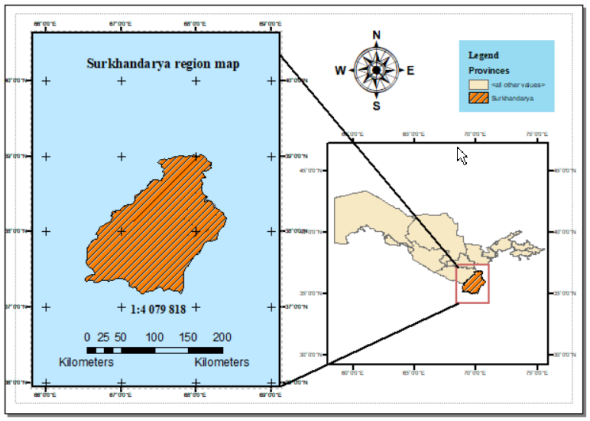


Figure 1. Geographical location of Surkhandarya region.

Methods. This study is based on statistical and analytical data related to land resources in Surkhandarya region and Uzun district. The database was formed using information on eight categories of land fund in accordance with the Law of the Republic of Uzbekistan dated January 1, 2024, as well as regional statistical data for 2025.

Forecast indicators of degraded land areas were analyzed for the period 2022–2025. Key indicators include:

- Soil humus content,
- Salinized land area,
- Degraded pasture land,
- Afforestation and protective

measures [1].

Table 1. Degraded land area in Surkhandarya region *

No.	Soil forecast indicators of Surkhandarya region.	To the field hectares.	Soil forecast years of Surkhandarya region			
			2022	2023	2024	2025
1	Area with humus content up to 1 percent in the soil, thousand hectares.	233.2	221.5	198.2	174.9	139.9
2	Existing saline area, thousand hectares.	93.8	92.8	91	90.1	89.2
3	Degraded pasture area, thousand hectares.	98.2	87.5	69.3	42.9	29.5
4	Area to be built as a fence, thousand hectares.	2.1	0.4	0.4	0.5	0.8
5	Area to be covered with forest, thousand hectares.	34.7	2.6	5.5	10.5	16.1
	Total:	462	404.8	364.4	318.9	275.5

In addition, qualitative analysis was conducted on irrigation practices, soil management systems, and environmental conditions influencing land degradation in Uzun district.

Results. The analysis of forecast indicators in Surkhandarya region shows a gradual improvement in some aspects of land condition between 2022 and 2025. The area of soils with humus content below 1% decreased from 233.2 thousand hectares in 2022 to 139.9 thousand hectares in 2025. Similarly, degraded pasture areas significantly declined from 98.2 to 29.5 thousand hectares [3],[4].

Salinized land areas showed only a slight reduction, decreasing from 93.8 to 89.2 thousand hectares, indicating persistent salinity issues. Measures such as afforestation and fencing of degraded lands have been gradually expanded, contributing to land restoration.

Uzun district, located in the northern part of Surkhandarya region, has favorable climatic conditions for agriculture, with an annual precipitation of 650–700 mm and a vegetation period of up to 320 days. Agriculture is the leading sector, with a focus on cotton, grain production, horticulture, and livestock .

Today, many scientists are studying the state of the earth, for example, depending on the factors that affect the occurrence or deterioration of soil erosion, it can be divided into many types. For example, there are water erosion, wind erosion, desertification, salinization, and so on. Depending on the intensity of the occurrence and development of erosion processes, they can be divided into two types, that is, normal and accelerated forms[7], [8].

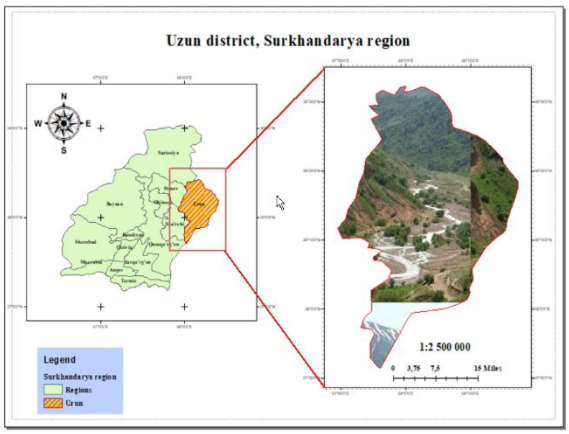


Figure 2. Geographical location of districts of Surkhandarya region.

[1] https://lex.uz/uz/docs/-6058690

However, several degradation factors have been identified in irrigated lands of the district:

- Improper irrigation practices leading to rising groundwater levels,
- Soil salinity affecting approximately 53% of irrigated lands,
- Poor drainage systems causing waterlogging,
- Soil erosion due to inefficient irrigation channel design.

Natural factors also contribute to degradation. The absence of stable water sources in some areas, especially near mountainous regions, leads to drought conditions, which intensify wind erosion and desertification processes.

Discussion. The findings indicate that while certain improvements have been achieved in reducing humus depletion and degraded pasture areas, soil salinity and irrigation-related issues remain significant challenges. Inefficient water management practices play a central role in accelerating land degradation in Uzun district.

The introduction of modern irrigation technologies, particularly drip irrigation, is essential. This method ensures efficient water use by delivering water and nutrients directly to plant roots, reducing evaporation and preventing excessive soil moisture accumulation[5],[6].

Additionally, national and international initiatives are contributing to soil restoration efforts. The RECSOIL initiative, implemented in cooperation with the Ministry of Agriculture and international organizations, focuses on increasing soil organic carbon stocks. This approach is aligned with global Sustainable Development Goals, particularly in achieving land degradation neutrality [4].

The geographical and climatic characteristics of Surkhandarya region, including mountainous terrain and uneven water distribution, require region-specific solutions. Integrated land management strategies, improved drainage systems, and the use of remote sensing technologies for monitoring soil conditions are critical for sustainable land use.

Conclusion. Land degradation in Uzun district is driven by both natural and anthropogenic factors, with irrigation mismanagement and soil salinity being the most critical issues. Although positive trends are observed in some indicators, comprehensive and technologically advanced measures are necessary to ensure long-term sustainability.

The adoption of efficient irrigation methods, enhancement of soil fertility through increased humus content, and implementation of modern monitoring systems will play a key role in mitigating degradation processes. Strengthening these efforts will contribute to improved agricultural productivity and environmental stability in the region.

References

1. Zabidullaeva, R., “Factors Affecting Soil Degradation in Uzbekistan,” Sustainable Land Management in Uzbekistan: Problems and Solutions, pp. 371-375, 2023.09.06.

2. R. Oymatov., N. Teshayev., R. Maksudov., G. Aminova., F. Safarov., Analysis of soil salinity in irrigated agricultural lands using remote sensing data: "Geodesy, Cartography and Geoinformatics" Scientific and Technical Journal, Issue 2, 2023. DOI:10.1051/e3sconf/202340102004

3. USMANOV Y. A. Tiqmmi National Research University. Improving mechanisms for the restoration and use of degraded irrigated lands by 2024.

4. Tim Kirsten, Michael, Tim Hoffman and Vernon Visser, Journal of Arid Environments 2019.
5. I. Bobokhojayev and P. Uzokov, Soil Science, 539 p., Tashkent-Mehnat 1995.
6. S. Avezboyev, SN Volkov. Land development planning. Publishing house of philosophers of Uzbekistan. T.: 2006. 127 p.
7. Babajanov A. R, Haqberdiyev O.E, Sulaymanova MX LANDSCAPE PLANNING Tashkent-2019.
8. Akramkhanov, A., Martius, C., Park, SJ, & Hendrickx, JMH (2011). Environmental factors of spatial distribution of soil salinity on flat irrigated terrain. Geoderma, 163(1–2), 55–62.

UDK: 631.459.01 : 332.3 (575.141)

QASHQADARYO VILOYATIDA EROZIYAGA UCHRAGAN YERLAR HOLATI VA ULARDAN FOYDALANISHNING ILMIY ASOSLARI

S.Avezboyev *– "TIQXMMI MTU Yer resurslarini boshqarish kafedrasi professori, i.f.d*
K.Xujakeldiyev *- Qarshi davlat texnika universiteti dotsenti, PhD*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada Qashqadaryo viloyatidagi eroziyaga uchragan yerlardan ilmiy asosda foydalanish masalalari ko'rib chiqilgan. Viloyatda irrigatsiya eroziyasiga uchragan yerlar maydoni 159 766 gektarni tashkil etishi, sho'rlanishga uchragan tuproqlar muammosi, tuproq bonitirovkasi ko'rsatkichlari, RUSLE modeli asosida eroziyani baholash metodikasi va rekultivatsiya usullari tahlil qilingan. Olingan natijalar asosida eroziyaga uchragan yerlardan oqilona foydalanishga oid ilmiy tavsiyalar ishlab chiqilgan.*

Kalit so'zlar: *eroziya, Qashqadaryo viloyati, irrigatsiya eroziyasi, RUSLE modeli, rekultivatsiya, tuproq bonitirovkasi, sho'rlanish, yerdan foydalanish.*

Kirish. Tuproq eroziyasi jahon miqyosida qishloq xo'jaligi va ekologiya uchun eng dolzarb muammolardan biri bo'lib, millionlab gektarlar qishloq xo'jalik yerlarining degradatsiyasiga sabab bo'lmoqda. O'rta Osiyo mintaqasi, xususan O'zbekiston sharoitida bu muammo ayniqsa o'tkir tus olgan, chunki aholi o'sishi va iqtisodiy rivojlanish foni yerga bo'lgan talab va bosimni kuchaytirib bormoqda.

Qashqadaryo viloyati O'zbekistonning janubida joylashgan bo'lib, tog'li, tog' oldi va tekislik hududlarining o'ziga xos kombinatsiyasi eroziya jarayonlari rivojlanishi uchun qulay sharoit yaratadi. Viloyatda 537 952 gektar sug'oriladigan yer mavjud bo'lib, ularning 159 766 gektari (29,7%) irrigatsiya eroziyasiga uchragan — bu esa yer resurslarini muhofaza qilish masalasini o'ta dolzarb qilib qo'yadi.

Ushbu maqolani tayyorlashdan ko'zlangan maqsad — Qashqadaryo viloyatida eroziyaga uchragan yerlardan ilmiy asosda foydalanish, ularni baholash va rekultivatsiya qilishning zamonaviy metodologiyasini ishlab chiqish hamda aniq tavsiyalar berish hisoblanadi.

Materiallar va metodlar.

Eroziya turlari va ularning tasnifi. Tuproq eroziyasi (lotincha erosio — kemirish) — tuproq va ona jinslarining suv, shamol yoki boshqa mexanik kuchlar ta'sirida yo'q bo'lib ketish jarayonidir. Bu hodisaning

ilmiy tadqiqi XIX asr oxiri — XX asr boshlarida boshlangan (Zaslavskiy, 1987) [2]. Rossiya olimi V.V. Dokuchaev (1892) [1] tuproq unumdorligining kamayishini eroziya bilan bog'liq holda birinchi bo'lib ilmiy asoslab bergan.

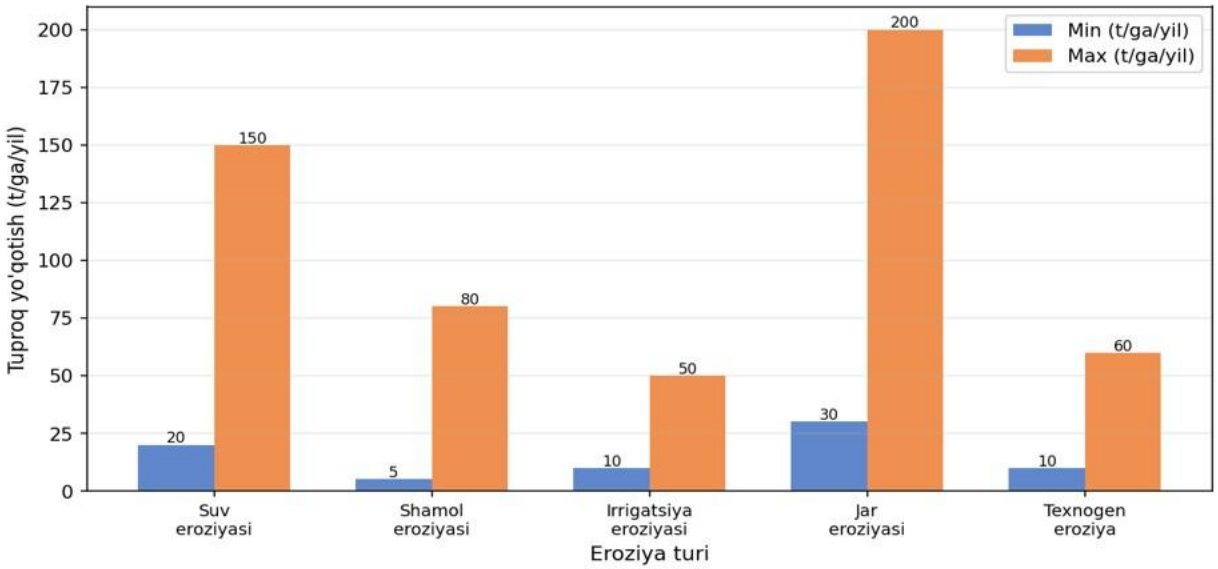
O'zbekiston sharoitida eroziyaning besh asosiy turi kuzatiladi. Quyidagi jadvalda ularning tarqalishi va yetkazgan zarari ko'rsatilgan:

1-jadval

Eroziya turlari va ularning O'zbekistondagi tarqalishi*

Eroziya turi	Tarqalgan hududlar	Asosiy omillar	Zarar (t/ga/yil)
Suv eroziyasi	Surxondaryo, Qashqadaryo, Samarqand (tog' va tog' oldi)	Yog'in, qiyalik, o'simlik qoplami	20 – 150
Shamol eroziyasi	Quyi tekisliklar, Qoraqalpog'iston	Shamol tezligi, quruqlik, ochiq yer	5 – 80
Irrigatsion eroziya	Farg'ona vodiysi, Zarafshon vodiysi	Sug'orish intensivligi, tuproq tarkibi	10 – 50
Jar eroziyasi	Loy konglomeratli hududlar	Suv oqimi, litologiya	Katta maydon yo'qotish
Texnogen eroziya	Sanoat va qurilish hududlari	Yer qazish, transport	O'zgaruvchan

**Manba: Xasanov va boshqalar (2018) ma'lumotlari asosida muallif tomonidan tuzilgan*



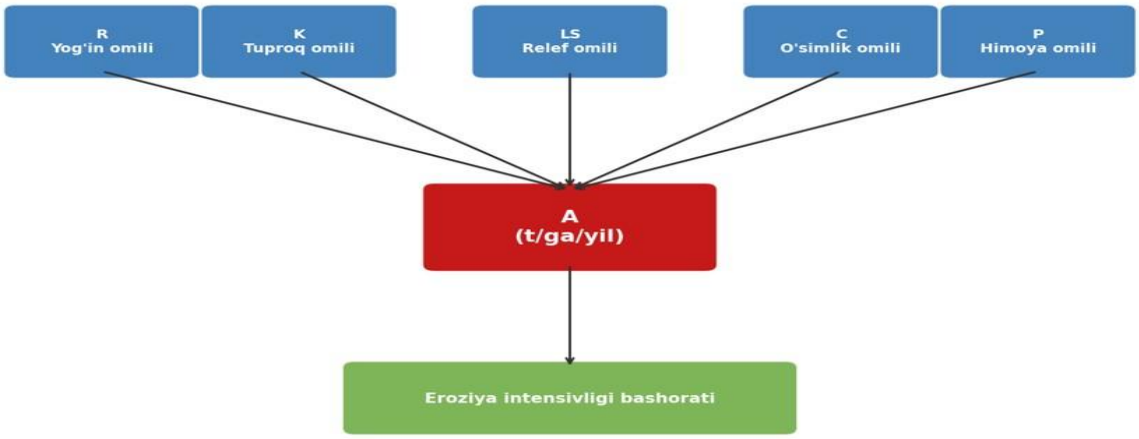
1-rasm. O'zbekistonda eroziya turlari bo'yicha tuproq yo'qotish ko'rsatkichlari

RUSLE modeli — eroziya jarayonini baholash metodikasi. Eroziya intensivligini hisoblashning universal usuli sifatida RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) modeli qo'llaniladi. Ushbu model quyidagi tenglamaga asoslanadi:

Bu yerda: A — yillik tuproq yo'qotish (t/ga); R — yog'in eroziya omili; K — tuproq eroziyaga chidamliligi omili; LS — relyef omili (qiyalik burchagi va uzunligi); C — o'simlik qoplami omili; P —

muhofaza agrotadbirlar omili (Wischmeier va Smith, 1978).

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (01)$$



2-rasm. RUSLE modeli tuzilishi va omillar o'rtasidagi bog'liqlik sxemasi

O'zbekiston sharoitida mahalliy olimlar (Xasanov R. va boshqalar, 2018) RUSLE modelini mintaqaviy ma'lumotlarga moslashtirishgan. Surxondaryo va Qashqadaryo viloyatlari uchun R omilining mintaqaviy qiymatlari 120–380 MJ·mm/(ga·soat·yil) oralig'ida ekanligini aniqlaganlar.

Eroziyaga uchragan yerlarni baholash mezonlari. M.N. Zaslavskiy (1987) tasnifiga ko'ra eroziyaga uchragan yerlar tuproq yo'qotish miqdori bo'yicha quyidagi guruhlarga bo'linadi:

- kuchsiz eroziya: 10 t/ga/yildan kam — rekultivatsiya muddati 3–5 yil;
- O'rtacha eroziya: 10–50 t/ga/yil — rekultivatsiya muddati 5–10 yil;
- Kuchli eroziya: 50–150 t/ga/yil — rekultivatsiya muddati 10–20 yil;
- Juda kuchli eroziya: 150 t/ga/yildan ortiq — rekultivatsiya muddati 20+ yil.

Natijalar va muhokama

Qashqadaryo viloyatida eroziya jarayonlarining holati. Qashqadaryo viloyatida eroziya jarayonlari, ayniqsa Kitob, Shahrisabz, Yakkabog', Chiroqchi va qisman Qamashi tumanlarining tog'oldi hamda tog'osti nishabli tekisliklarida keng rivojlangan. Eroziyaning rivojlanishiga sabab bo'luvchi asosiy omillar: murakkab relef tuzilishi, bahorgi-kuzgi yomg'irlarning jala shaklida yog'ishi, tuproqlarning noqulay suv-fizik xossalari, noto'g'ri shudgorlash va almashlab ekishdagi ko'p yillik o'tlar ulushining kamligi hisoblanadi.

Viloyatda sug'oriladigan yerlarning umumiy maydoni 537 952 gektarni tashkil etib, bu viloyatning umumiy maydonining 18,8 foizini egallaydi. Sug'oriladigan yerlar orasida bo'z-o'tloqli tuproqlar (32,7%) eng katta ulushni tashkil etadi.

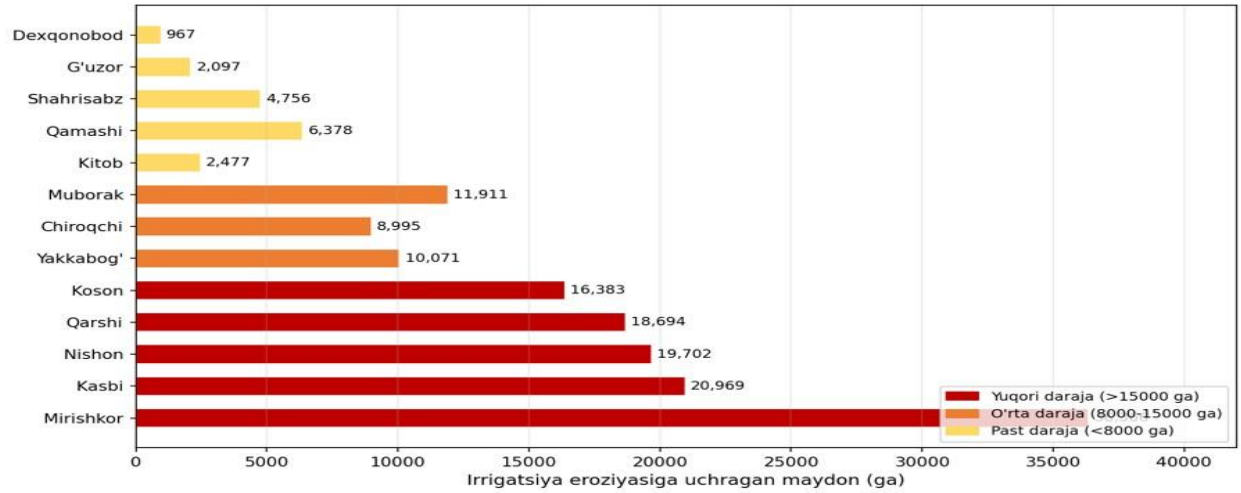
Sho'rlanishga uchragan yerlarning tahlili. Viloyatda sug'oriladigan yerlarning sho'rlanish darajasi turlicha bo'lib, eng katta maydonlarda sho'rlanish Koson (61 866 ga), Mirishkor (47 006 ga), Nishon (41 819 ga) va Qarshi (41 439 ga) tumanlarida kuzatilgan:

2-jadval

Qashqadaryo viloyati tumanlari kesimida sug'oriladigan yerlarning sho'rlanish darajasi*

№	Tumanlar nomi	Jami sho'rlanishga uchragan, ga	Kuchsiz, %	O'rtacha, %	Kuchli, %
1	Mirishkor	47 006	75,5	24,2	0,3
2	G'uzor	27 783	54,8	28,8	16,4
3	Qamashi	15 550	80,5	11,0	8,5
4	Qarshi	41 439	49,8	22,3	27,9
5	Koson	61 866	70,2	23,4	6,4
6	Kasbi	38 881	89,4	9,8	0,8
7	Muborak	29 684	70,5	19,5	10,0
8	Nishon	41 819	66,2	23,8	-
9	Chiroqchi	618	86,4	10,8	2,8
10	Shahrisabz	1 007	99,7	0,3	-
11	Yakkabog'	3 753	73,4	26,1	0,5
Jami	**Viloyat bo'yicha**	**311 607**	**74,3**	**18,4**	**7,3**

Manba: Davlat kadastrlari palatasi Qashqadaryo viloyati boshqarmasi ma'lumotlari asosida muallif tomonidan shakllantirilgan

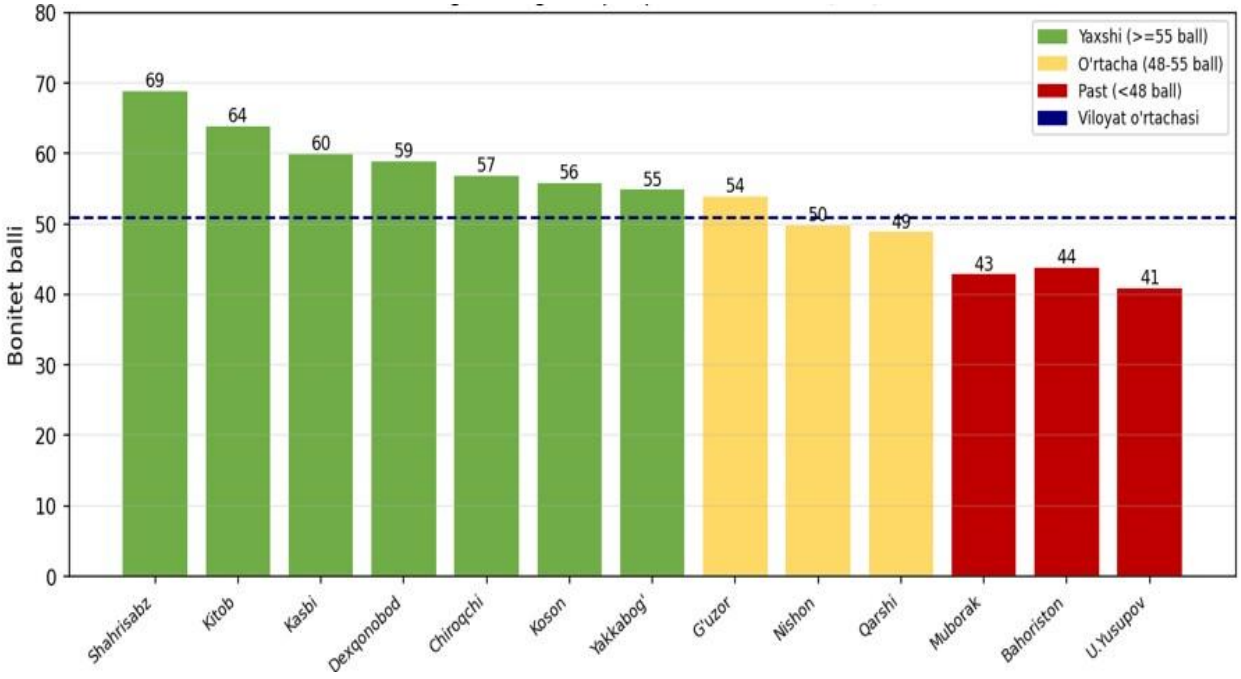


4-rasm. Qashqadaryo viloyati tumanlari kesimida irrigatsiya eroziyasiga chalingan yerlar maydoni (ga)

3-adval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, Mirishkor (36 366 ga), Kasbi (20 969 ga), Nishon (19 702 ga), Qarshi (18 694 ga) va Koson (16 383 ga) tumanlari irrigatsiya eroziyasiga eng ko'p chalingan hududlar hisoblanadi. Bu tumanlar viloyatdagi umumiy eroziyaga uchragan maydonning 70,2 foizini tashkil etadi.

Tuproq bonitirovkasi ko'rsatkichlari. Tuproq bonitirovkasi (lotincha bonitas - yaxshilik) tuproq unumdorligini 100 ballik shkalada baholash tizimi bo'lib, yer resurslaridan foydalanish samaradorligini aniqlashda muhim ahamiyatga ega. Viloyatdagi tumanlarda sug'oriladigan

tuproqlarning o'rtacha bonitet balli 41–69 ball oralig'ida joylashgan, o'rtacha ko'rsatkich esa 51 ballni tashkil etadi.



5-rasm. Qashqadaryo viloyati tumanlari kesimida sug'oriladigan tuproqlar bonitirovkasi ko'rsatkichlari (ball)

5-rasm ma’lumotlari tahlilidan ko'rinib turibdiki, Shahrisabz (69 ball) va Kitob (64 ball) tumanlarida tuproq unumdorligi nisbatan yuqori, U.Yusupov (41 ball), Muborak (43 ball) va Bahoriston (44 ball) tumanlarida esa eng past ko'rsatkichlar qayd etilgan. Bonitet ballining pastligi bevosita irrigatsiya eroziyasining kuchliligi va sho'rlanish darajasi bilan bog'liq.

Eroziyaga uchragan yerlardan Foydalanishning ilmiy asoslari

Suv eroziyasidan himoya tadbirlari. Suv eroziyasidan himoya qilish tadbirlari tizimi tabiiy va agrotexnik chora-tadbirlarning majmuasidan iborat bo'lib, ularni integratsiyalashtirilgan holda qo'llash katta samara beradi. Ilmiy tadqiqotlar quyidagi natijalarni ko'rsatadi:

• Konturli shudgorlash va terasalash orqali suv oqimi 30–40% gacha kamayadi;

• O'simlik himoya kamarlarini barpo etish tuproq saqlashni 25% ga oshiradi;

• Tuproq unumdorligi to'g'ri tadbirlar natijasida 20–25% ga oshadi;

• Hosildorlik 1,3–1,5 barobar ortishi mumkin;

• Yerning tiklanish davri sezilarli darajada qisqaradi.

Irrigatsiya eroziyasini oldini olish. O'zbekiston sharoitida 700 ming gektardan ortiq yerda irrigatsiya eroziyasi uchraydi. Irrigatsiya eroziyasi natijasida 1 gektardan yiliga 100–150 tonna tuproq, 100–120 kg/ga azot, 110–165 kg/ga fosfor va 0,8–1,0 t/ga chirindi oqib ketadi (Mirzajanov Q., ma'lumotlari bo'yicha).

Qashqadaryo viloyati sharoitida irrigatsiya eroziyasini oldini olish uchun quyidagi sug'orish texnikasi tavsiya etiladi: tekis yerlarda egat uzunligi 150 m, chuqurligi 10–12 sm; 30–40 promillik nishablikda egat uzunligi 150 m va suv sarfi 0,06–0,08 l/s; 40–50 promillik nishablikda egat uzunligi 100 m va suv sarfi 0,10–0,15 l/s.

Bundan tashqari, irrigatsiya eroziyasiga moyil yerlarda zamonaviy sug'orish usullaridan — yomg'irlatib va tomchilatib sug'orishdan — foydalanish tavsiya etiladi. Bu usullar tuproq yo'qotishni 60–80% ga kamaytirishi ilmiy jihatdan isbotlangan.

Rekultivatsiya usullari va ularning samaradorligi. Eroziyaga uchragan yerlarni rekultivatsiya qilish ikki bosqichda amalga oshiriladi: birinchi bosqichda — texnik rekultivatsiya (yer tekislash, terasalash, drenaj barpo etish); ikkinchi bosqichda — biologik rekultivatsiya (o'simlik qoplamini tiklash, tuproq organik moddasini oshirish).

4-jadval

Rekultivatsiya usullari va ularning samaradorligi*

Usul nomi	Qo'llanish sharoiti	Samaradorlik	Narx darajasi
Terasalash	15–35° qiyaliklar	Yuqori	Yuqori
Kontur haydalish	5–15° qiyaliklar	O'rta-yuqori	Past
Ko'kalamzorlashtirish	Har xil qiyaliklar	Yuqori	O'rta
Gidrotexnik inshootlar	Jarlar va chuqurchalar	Juda yuqori	Juda yuqori
Mulchalash	Ochiq tuproqlar	O'rta	O'rta
Organik o'g'itlar	Barcha hollar	O'rta-yuqori	O'rta

Manba: Morgan (2005), FAO (2019) ma'lumotlari asosida muallif tomonidan tuzilgan

Antropogen omillarni boshqarish. FAO xalqaro tashkiloti mutaxassislarining tadqiqotlari [5] ko'rsatishicha, eroziyaga uchragan yerlarning 65–70 foizi to'g'ridan-to'g'ri noto'g'ri yer boshqaruvi natijasida vujudga kelgan. Asosiy antropogen omillar: haddan tashqari yaylov yuki, o'rmon va butazorlarni kesish, noto'g'ri sug'orish, qiyalik bo'ylab haydalish. Bu esa to'g'ri agrotexnika va yer muhofazasi choralari orqali eroziyani sezilarli darajada kamaytirish mumkinligini ilmiy jihatdan asoslaydi.

Xulosalar va tavsiyalar

Ushbu ilmiy tadqiqot natijalariga ko'ra quyidagi xulosalar chiqarildi:

1. Qashqadaryo viloyatida irrigatsiya eroziyasiga uchragan yerlar 159 766 gektarni tashkil etib, Mirishkor, Kasbi, Nishon, Qarshi va Koson tumanlari eng ko'p chalingan hududlar hisoblanadi. Bu ko'rsatkich O'zbekistondagi sug'oriladigan yer resurslarining jiddiy tahdidga uchragan ekanligini ko'rsatadi.

2. Tuproq bonitirovkasi natijalariga ko'ra viloyat bo'yicha

o'rtacha ko'rsatkich 51 ballni tashkil etadi, bu esa tuproq unumdorligini tiklashga qaratilgan maqsadli dasturlar zarurligini ilmiy jihatdan asoslaydi.

3. RUSLE modeli (A = R × K × LS × C × P) eroziyani baholashning eng to'g'ri usuli bo'lib, mahalliy sharoitga moslashtirilgan mintaqaviy omillar asosida qo'llash bashorat aniqligini oshiradi.

4. Irrigatsiya eroziyasini oldini olishning eng samarali yo'li — sug'orish texnikasini to'g'ri belgilash (egat uzunligi, chuqurligi va suv sarfini nishablikka qarab optimallashtirish) hamda zamonaviy tomchilatib va yomg'irlatib sug'orish usullarini qo'llashdir.

5. Eroziyaga uchragan yerlarni rekultivatsiya qilishda texnik va biologik bosqichlarning ketma-ketligiga rioya qilish zarur. O'zbekiston cho'l va tog' sharoitida saksovul, yantoq, kandim, yovvoyi archa kabi mahalliy o'simliklar biologik rekultivatsiyada eng samarali hisoblanadi.

6. Yer tuzish va kadastr ishlarida eroziyaga uchragan yerlar alohida muhofaza kategoriyasi sifatida belgilanishi, ularda maxsus agrotexnik me'yorlar va talab-qoidalar joriy etilishi talab etiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Dokuchaev V.V. (1892). Nash step prezhde i teper'. Sankt-Peterburg: Tipografiya E. Evranova.

2. Zaslavskiy M.N. (1987). Eroziyovedenie. Moskva: Vыsshaya shkola.

3. Morgan R.P.C. (2005). Soil Erosion and Conservation. 3rd ed. Oxford: Blackwell Publishing.

4. Wischmeier W.H., Smith D.D. (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses. USDA Agriculture Handbook No. 537.

5. FAO (2019). Soil Erosion: The Greatest Challenge to Sustainable Soil Management. Rome: FAO.

6. Xasanov R. va boshqalar (2018). O'zbekistonda tuproq eroziyasini RUSLE modeli asosida baholash. Toshkent: Fan nashriyoti.

7. Nearing M.A. va boshqalar (2004). Modeling Erosion and Sediment Transport. Journal of Hydrology, 292, 11–30.

8. Zuazo V.H.D., Pleguezuelo C.R.R. (2008). Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. Agronomy for Sustainable Development, 28, 65–86.

9. Savich V.I. va boshqalar (2006). Pochvennye resursy i ikh ratsional'noe ispol'zovanie. Moskva: MSKhA.

10. Mirzajanov Q. (2015). Sug'oriladigan yerlarda irrigatsiya eroziyasi va uni oldini olish. Toshkent: O'zbMEA.

11. O'zbekiston Respublikasi Davlat Kadastrlari Palatasi. Qashqadaryo viloyati boshqarmasi statistik hisobotlari (2020–2023).

12. Lowdermilk W.C. (1953). Conquest of the Land Through Seven Thousand Years. USDA Soil Conservation Service.

UDK: 332.3:631.6(575.145)

QASHQADARYO VILOYATIDAGI LALMI HUDUDLARDA YER TURLARINING TARKIBINI OPTIMALLASHTIRISHGA QARATILGAN YER TUZISH LOYIHALARINI ISHLAB CHIQISHNING ILMIY METODOLOGIK XUSUSIYATLARI

S.Ro'ziboyev *– "TIQXMMI" MTU "Yer resurslarini boshqarish kafedrasi" dotsenti, PhD*

A.G'ulomjonov *– "TIQXMMI" MTU magistranti*

Annotatsiya: *Ushbu maqolada Qashqadaryo viloyati Yakkabog' tumani "Turnabuloq" massivi (6 012,2 ga) misolida lalmi hududlarda yer turlarining tarkibini optimallashtirishga yo'naltirilgan yer tuzish loyihalarini ishlab chiqishning ilmiy-metodologik asoslari ko'rib chiqilgan. Loyihaning yetti tarkibiy qismiga oid elementlar tahlil qilinib, yer turlari transformatsiyasi va almashlab ekish tizimlarini loyihalashning uslubiy jihatlari yoritilgan. GIS-texnologiyalar va kartografik tahlil asosida eroziyaga qarshi ihota daraxtlari, dala yo'llari hamda suv ta'minoti infratuzilmasini joylashtirish asoslangan. Barcha loyiha tadbirlarini amalga oshirish uchun zarur kapital xarajatlar miqdori 1 539,5 mln so'mni tashkil etadi.*

Kalit so'zlar: *lalmi yerlar, yer tuzish loyihasi, yer turlari tarkibi, almashlab ekish, transformatsiya, ihota daraxtlari, GIS-texnologiyalar, Qashqadaryo viloyati.*

Kirish. Yer resurslaridan oqilona foydalanish O'zbekiston iqtisodiy rivojlanishining ustuvor yo'nalishlaridan biri bo'lib, 2019-yilda qabul qilingan PQ-4354-son Qaror [21] doirasida yer boshqaruvini takomillashtirish chora-tadbirlari belgilangan. Lalmi hududlar o'ziga xos tabiiy-iqlim sharoitlari tufayli alohida yondashuvni talab etadi.

Qashqadaryo viloyatining tog' oldi va qir-adir zonasida joylashgan lalmi yerlar viloyat umumiy yer fondining sezilarli qismini tashkil etadi. Bu hududlarda рельеф murakkabligi, tuproq-iqlim xilma-xilligi va eroziya xavfi yer tuzish loyihalarining har bir elementiga bevosita ta'sir ko'rsatadi [4, 6, 13].

Material va metodlar

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqotda quyidagi usullar qo'llanilgan: monografik (mavjud loyiha va adabiyotlarni o'rganish), kartografik (yer tuzish plani tahlili), hisob-konstruktiv (transformatsiya va kapital xarajatlar hisob-kitobi), statistik (yer fondining tarkibi va nisbatini aniqlash), GIS-texnologiyalar (3D model yaratish va fazoviy tahlil) [5, 6, 10].

Asosiy ilmiy manba sifatida S.N.Volkov [4], T.S.Jo'rayev [9], A.N.Razzaqov [17], shuningdek mahalliy tadqiqotchilar A.A.Abdulqosimov [1], A.M.Axmedov [2], A.R.Ismoilov [8] ishlaridan foydalanildi.

Tadqiqot ob'ekti va uning tabiiy-iqtisodiy xususiyatlari. "Turnabuloq" massivi Qashqadaryo viloyatining Yakkabog' tumanida joylashgan bo'lib, qir-adir mintaqasiga mansub. Massivning umumiy maydoni 6 012,2 ga ni tashkil etadi. Dengiz sathidan balandlik katta amplitudada o'zgarishi (tekislik, qir-adir, tog' oldi, tog'li

mintaqalar) yer turlarining tarkibi va nisbatiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi [8, 12].

Tuproq-iqlim sharoitlari tahlili shuni ko'rsatadiki, lalmi ekin yerlarining unumdorligi quyidagi omillar bilan belgilanadi: ozuqa moddalarini o'simliklar o'zlashtirish darajasi, tuproq qatlamining qalinligi, tuproq osti g'ovakligi va рельеф nishabligi. Рельефning nishablik ekspozitsiyasi eroziya jarayonlarini kuchaytirishi mumkin [6, 15].

3. Ichki yer tuzish loyihasining tarkibi va elementlari

Lalmi hududlar uchun ishlanadigan ichki yer tuzish loyihasining yetti tarkibiy qismi va ularning asosiy elementlari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Lalmi hududlar uchun ichki yer tuzish loyihasining tarkibiy qismlari

Tarkibiy qismlar	Asosiy elementlar
Ishlab chiqarish bo'limlari va xo'jalik markazlarini joylashtirish	Tashkiliy tuzilma, ishlab chiqarish bo'limlari soni va o'lchamlari, markazlarni joylashtirish
Umumxo'jalik yo'llari va muhandislik inshootlari	Yo'llar tarmog'i, muhandislik inshootlari va ob'ektlarni joylashtirish
Yer turlarini va almashlab ekishlarni tashkil etish	Yer turlari tarkibini belgilash, transformatsiya, almashlab ekish tizimi
Almashlab ekish hududlarini tashkil etish	Ishchi uchastkalar, dala yo'llari, maxsus maydonlar va suv ta'minoti
Mevali bog'-daraxtzorlari hududlari	Daraxt turlari va navlari, kvartalar, yo'l tarmog'i
Yaylovlar hududini tashkil etish	Chorvachilikka biriktirish, yaylov almashish, sug'orish
Pichanzorlari hududini tashkil etish	Pichan almashish, dala shiyponlari, suv manbalari

Yaxlit ichki yer tuzish loyihasini ishlab chiqish ketma-ket umumiylikdan xususiylikka o'tish yo'li bilan amalga oshiriladigan kompleks vazifa hisoblanadi [4, 13].

Yer turlarining tarkibini tahlil qilish va transformatsiya

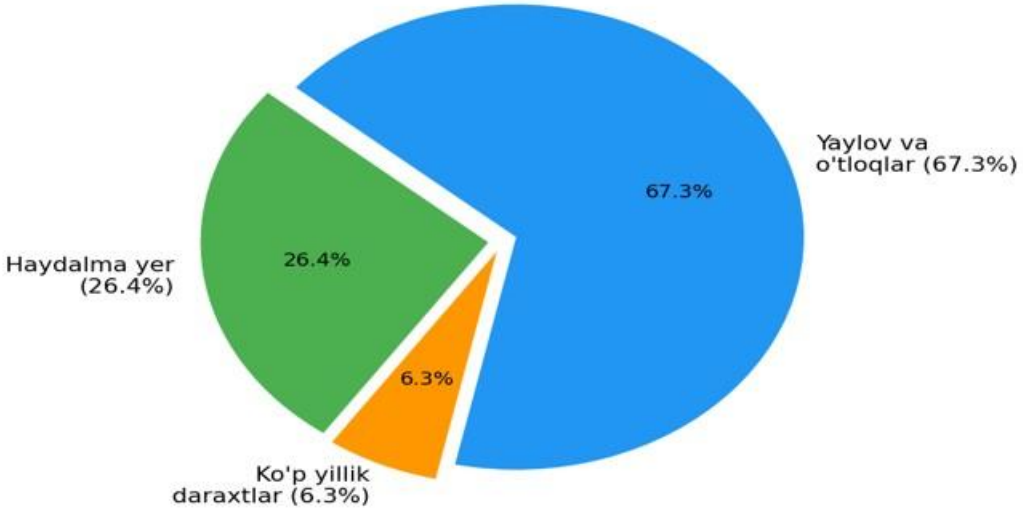
"Turnabuloq" massivida mavjud yer turlarining tarkibi 2-jadval va 1-rasmda keltirilgan.

2-jadval

"Turnabuloq" massivi bo'yicha qishloq xo'jaligi yer turlarining tarkibi

№	Yer turi nomi	Mavjud maydoni, ga	Ulushi, %
1	Haydalma yer (jami), shun.: sug'oriladigan / lalmi	1 371,0 / 67,0 / 1 304,0	26,4 / 1,1 / 25,3
2	Ko'p yillik daraxtlar: bog'lar / uzumzorlar / tutzorlar	331,0 / 165,5 / 149,0 / 16,6	6,3 / 3,1 / 2,9 / 0,3
3	Yaylov va o'tloqlar	3 481,0	67,2
	Jami	**5 183,0**	**100**

2-jadval ma'lumotlaridan ko'rinadiki, massiv yer fondining asosiy qismini yaylovlar (67,2%) tashkil etadi, haydalma yerlar 26,4% ni, ko'p yillik daraxtlar esa 6,3% ni tashkil etadi.



1-rasm. "Turnabuloq" massivi: mavjud yer turlarining ulushi (jami 5 183 ga)

Mavjud yer fondini o'rganish asosida quyidagi kamchiliklar aniqlandi: (1) haydalma yerlar hududida ekinlar tarqoq joylashgan; (2) haydalma yerlar hududida bo'z yerlar va yaylov-o'tloqlar ham uchraydi. Bu kamchiliklarni bartaraf etish uchun yer turlari transformatsiyasini amalga oshirish zarur [7, 14].

Transformatsiya natijasida lalmi haydalma yer maydoni 122,05 ga, bog'lar va uzumzorlar 11,09 ga ga oshirilishi mo'ljallangan (3-jadval).

3-jadval

Yer turlari transformatsiyasining yer turlari bo'icha umumlashtirilgan ko'rinishi

Mavjud yer turi	Maydoni, ga	Loyiha yer turi	Maydoni, ga
Yaylov (21 ta kontur)	122,05	Lalmi ekin yeri	122,05
Yaylov (8 ta kontur)	11,09	Bog' va uzumzorlar	11,09
Jami	**133,14**		**133,14**

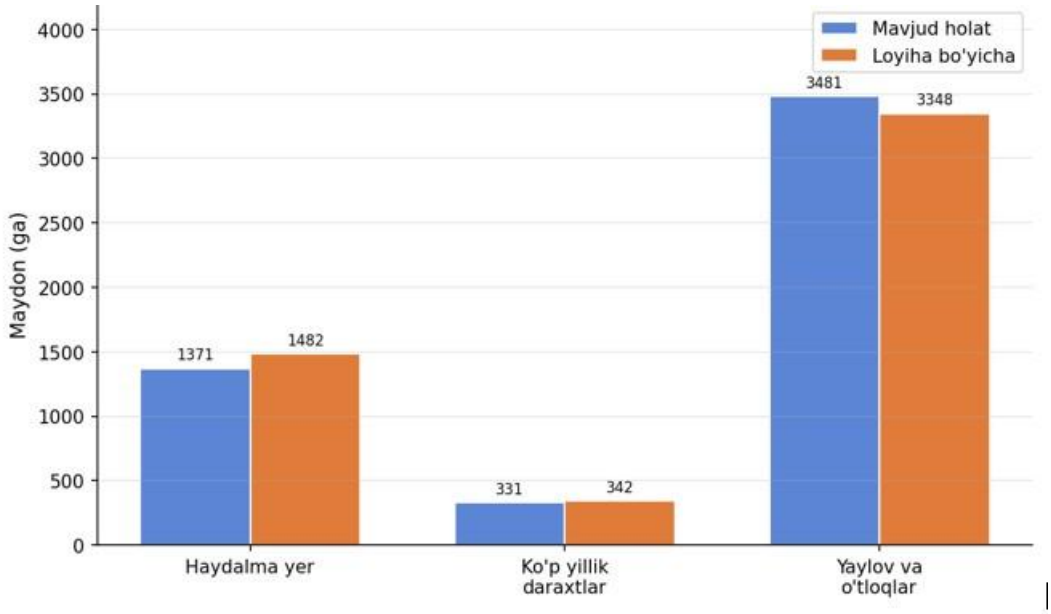
Loyiha bo'yicha yer turlarining yakuniy o'zgarishi 4-jadval va 2-rasmda aks ettirilgan.

4-jadval

"Turnabuloq" massivi: loyiha bo'yicha yer turlarining o'zgarishi

Yer turi nomi	Mavjud, ga	Loyiha, ga	+, ga	-, ga
Haydalma yer	1 371,0	1 481,96	122,05	—
Ko'p yillik daraxtlar	331,0	342,09	11,09	—
Yaylov va o'tloqlar	3 481,0	3 347,86	—	133,14

Ihota daraxtlari	1,0	60,1	59,1	—
Jami q.x. yer turlari	5 183,0	5 183,0	—	—



2-rasm. Yer turlarining mavjud va loyiha bo'yicha taqqoslamali tahlili

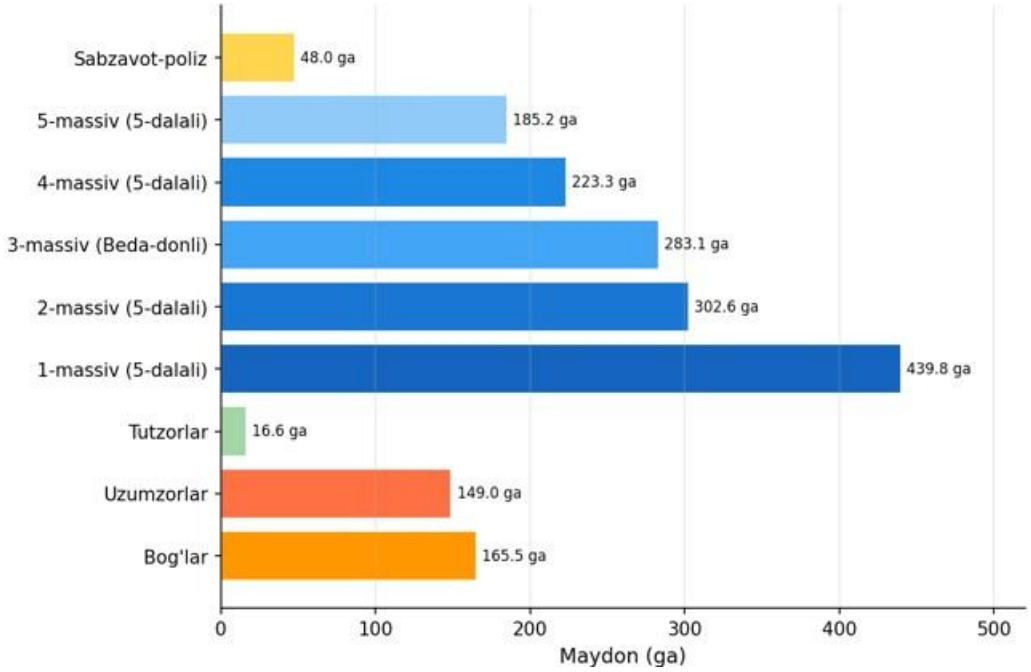
2-rasmdan ko'rinadiki, transformatsiya hisobiga jami qishloq xo'jaligi yerlarining samarali ishlatilishi 8,7 foizga oshadi, bunda yaylov maydonlari kamayishi dehqonchilik uchun unumliroq yerlar bilan qoplanadi.

Almashlab ekish tizimlarini tashkil etish. Lalmi mintaqada asosan donli-shudgor almashlab ekish tizimlarini qo'llash tavsiya qilinadi. Almashlab ekish sxemalari hududning balandlik mintaqasi va tuproq-iqlim sharoitlariga mos ravishda tanlanadi [9, 17]:

Shudgor-donli almashlab ekishlar: 5-dalali (1:2:1:1), 6-dalali (1:2:1:2) va 9-dalali (1:2:1:2:1:2) variantlari.

Beda-donli almashlab ekishlar: 9-dalali (4:2:1:2, beda ulushi 44,4%) va 10-dalali (5:2:1:2, beda ulushi 50%) sxemalari.

"Turnabuloq" massivi hududida loyihalangan almashlab ekish massivlarining maydoni 3-rasmda tasvirlangan.



3-rasm. Almashlab ekish massivlari bo'yicha maydon taqsimoti (jami 1 812,96 ga)

Umumiy almashlab ekish maydoni 1 812,96 ga ni tashkil etadi, donli ekinlar ulushi 40–66,6% oralig'ida belgilangan. 5 ta shudgor-donli va 1 ta beda-donli massiv loyihalangan.

Ihota daraxtlari, dala yo'llari va suv ta'minoti infratuzilmasi

Ihota daraxtlari chizimlari yer tuzish loyihasining muhim tarkibiy qismi bo'lib, quyidagi vazifalarni bajaradi: shamol tezligini pasaytirish; qorlarni tekis taqsimlash; tuproq va havo namligini oshirish. Himoyalangan maydonlarda hosildorlik 25–30% (oziq-ovqat ekinlari) va 35–40% (sabzavotlar va ozuqa ekinlari) gacha ortadi [4, 13].

Ihota daraxtlari uchun talab qilinadigan maydon quyidagi formula asosida hisoblangan:

$$R(ihota) = R(ф) \times k = 6\,012{,}2 \times 0{,}01 = 60{,}1\ ga$$

bu yerda: R(ф) — massivning umumiy maydoni, ga; k — maydon koeffitsienti (0,005–0,01, zaif shamol esadigan hududlar uchun).

Massiv hududida suv eroziyasini oldini olish maqsadida Sho'rsoy arig'i bo'ylab 7 400 m, Tatarsoy arig'i bo'ylab 4 900 m gacha ihota daraxtlari polosalari loyihalangan. 9 ta jarlikni kengayishini to'xtatish uchun 14 ga maydon ajratilgan, jami 59,1 ga.

Dala yo'llari tarmog'i umumiy uzunligi 2,25 km ni tashkil etadi. Asosiy yo'llar kengligi 6–10 m, yordamchi yo'llarniki 3–5 m belgilandi. Suv ta'minoti bo'yicha 3 ta ko'chma dala shiyponlari va artezian quduqlar kovlash nazarda tutilgan.

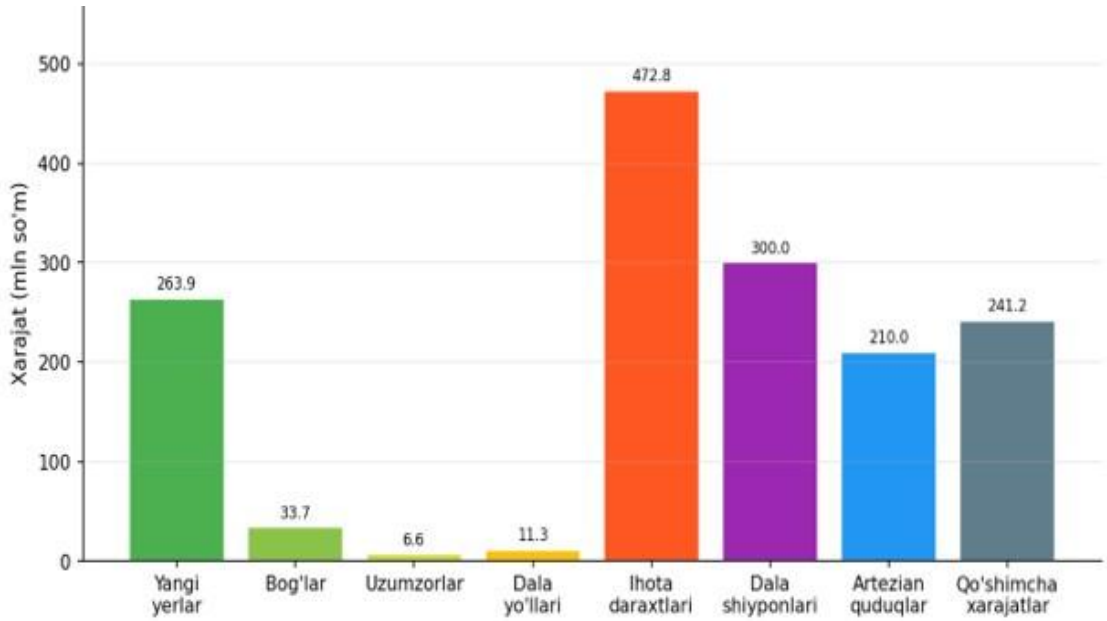
Loyiha tadbirlarini amalga oshirish uchun kapital xarajatlar

Barcha loyiha tadbirlarini amalga oshirish uchun zarur kapital xarajatlar 5-jadval va 4-rasmda keltirilgan.

5-jadval

Loyiha tadbirlari bo'yicha kapital xarajatlar hisobi

№	Tadbir nomi	Birligi	Miqdor	Bir.uchun, ming so'm	Jami, mln so'm
1	Yangi yerlarni o'zlashtirish	ga	122,05	2 162	263,9
2	Yangi bog'larni barpo qilish	ga	9,0	3 744	33,7
3	Yangi uzumzorlarni barpo qilish	ga	2,06	3 200	6,6
4	Yangi dala yo'llarini qurish	km	2,25	5 000	11,3
5	Ihota daraxtlarini barpo qilish	ga	59,1	8 000	472,8
6	Dala shiyponlarini qurish	dona	3	100 000	300,0
7	Artezian quduqlarni kovlash	dona	3	70 000	210,0
8	Qo'shimcha xarajatlar (20%)	—	—	—	241,2
	Jami xarajatlar				**1 539,5**



4-rasm. Kapital xarajatlar tarkibi — loyiha tadbirlari bo'yicha (jami 1 539,5 mln so'm)

5-jadval va 4-rasm ma'lumotlaridan ko'rinadiki, eng katta xarajat ulushini ihota daraxtlarini barpo qilish (30,7%) va dala shiyponlarini qurish (19,5%) tashkil etadi. Yangi yerlarni o'zlashtirish 17,1% ni egallaydi.

Xulosa va tavsiyalar

O'tkazilgan tadqiqot natijalari quyidagi xulosalarga kelish imkonini berdi:

1. Lalmi hududlarda yer tuzish loyihasini ishlab chiqishda рельеф murakkabligi, tuproq-iqlim sharoitlari xilma-xilligi va eroziya xavfi majburiy hisobga olinishi lozim. "Turnabuloq" massivida loyiha elementlarining

barchasi kontur usuli talablariga muvofiq ishlab chiqilgan.

2. Yer turlari transformatsiyasi natijasida lalmi haydalma yer maydoni 122,05 ga, bog'lar va uzumzorlar 11,09 ga ga oshirildi. Bu qishloq xo'jaligi yerlarining samarali ishlatilishini 8,7% ga oshiradi.

3. Almashlab ekish tizimida 5 ta shudgor-donli va 1 ta beda-donli massiv loyihalangan (jami 1 812,96 ga). Donli ekinlar ulushi 40–66,6% belgilangan.

4. Loyihada 60,1 ga ihota daraxtlari, 2,25 km dala yo'llari, 3 ta dala shiyponlari va artezian quduqlar nazarda tutilgan. Jami kapital xarajatlar 1 539,5 mln so'mni tashkil etadi.

5. Tavsiya sifatida: loyihani amalga oshirishda GIS-texnologiyalardan foydalanish monitoringni kuchaytiradi; ihota daraxtlari barpo qilish va eroziyaga qarshi tadbirlar birinchi navbatda moliyalashtirilishi maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Abdulqosimov A.A., Mirzayev O.A. Yer kadastri va monitoring. – Toshkent: O'qituvchi, 2018. – 320 b.

2. Axmedov A.M. Qishloq xo'jaligi yerlarini boshqarish va yer tuzish asoslari. – Toshkent: Fan, 2015. – 280 b.

3. Boboyev X.B. Yer resurslaridan foydalanish samaradorligi. – Toshkent: Universitet, 2017. – 240 b.

4. Volkov S.N. Zemleustroistvo. Tom 2. – Moskva: Kolos, 2001. – 648 s.

5. G'ulomov A.T. Lalmi yerlarda dehqonchilik tizimi. – Toshkent: Mehnat, 2016. – 196 b.

6. Hasanov B.X., Tursunov A.B. Eroziyaga qarshi munosabat va tuproq muhofazasi. – Toshkent: O'zbekiston, 2019. – 215 b.

7. Ibragimov N.I. Yer tuzish loyihalarini iqtisodiy baholash. – Toshkent: ToshDAU, 2020. – 180 b.

8. Ismoilov A.R. Qashqadaryo viloyati lalmi hududlarining tabiiy-iqtisodiy xususiyatlari. – Qarshi: Nasaf, 2021. – 148 b.

9. Jo'rayev T.S. Almashlab ekish tizimlarini loyihalash asoslari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2018. – 224 b.

10. Karimov I.I. Yer fondini boshqarishning zamonaviy usullari. – Toshkent: Innovatsion rivojlanish, 2022. – 260 b.

11. Mamatov F.M., Xoliqov S.T. Lalmi yerlarda agrotexnik tadbirlar. – Toshkent: Agro ilm, 2017. – 188 b.

12. Mirzayev M.M. Qashqadaryo viloyatida yer resurslaridan foydalanish holati. // Yer tuzish va kadastr jurnali. – 2020. – №3. – B.45–52.

13. Nazarov T.N. Xo'jaliklararo yer tuzish loyihalarini ishlab chiqish metodologiyasi. – Toshkent: ToshDAU, 2016. – 312 b.

14. O'rinov M.O. Tuproq xaritalashtirish va sifatini baholash. – Toshkent: O'zbekiston milliy ensiklopediyasi, 2019. – 272 b.

15. Primov A.A. Qir-adir zonasida qishloq xo'jaligi yerlaridan foydalanish muammolari. // Agrar fan va ta'lim. – 2021. – №2. – B.33–40.

16. Qodirov S.R. Yer kadastri ma'lumotlaridan yer tuzish jarayonida foydalanish. – Toshkent: Sano-standart, 2020. – 196 b.

17. Razzaqov A.N. Lalmi hududlarda almashlab ekish tizimlarini optimallashtirish. // Yer

resurslari va tuproqshunoslik. – 2022. – №1. – B.18–27.

18. Tursunov B.M. Qashqadaryo viloyatidagi tog' oldi va tog'li hududlarda dehqonchilik. – Qarshi: Nasaf, 2018. – 164 b.

19. Usmonov X.T. Fermer xo'jaliklarida yer tuzish. – Toshkent: Sano-standart, 2021. – 230 b.

20. Xoliqov T.X. Yakkabog' tumanida yer fondidan foydalanish tahlili. // Agrar iqtisodiyot. – 2022. – №4. – B.56–63.

21. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 17-iyundagi PQ-4354-son Qarori «Yer resurslarini boshqarish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida».

22. O'zbekiston Respublikasining «Yer kadastri to'g'risida» Qonuni. – Toshkent, 1998.

UUK: 332.3:551.583

LAND USE AND WATER RESOURCES IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

A. Ashurov *– "TIIAME" National Research University, Department of State Cadastres*

Abstract. *Climate change has been identified as a major challenge in the effective management of sustainable land use and water resources. The Republic of Uzbekistan is a country located in Central Asia that has been identified as prone to the adverse effects associated with climate change, primarily due to rising temperature levels, increased levels of water scarcity, land degradation, as well as their high dependence on transboundary water resources. Over the last century, the average annual temperature rise in Uzbekistan has been identified as 1.6°C, an increase from the global average, coupled with a decline in water resources in Amu Darya and Syr Darya River basins by 10-40% by 2050. At the same time, more than 70% of land in Uzbekistan has been identified as degraded, with a number of regions featuring icreased levels of secondary salinization. The aim of this study is to systematize and analyze the current tools, methods, and mechanisms used in the context of sustain ble land use and rational water resources management under the impact of changes in the climate, with Uzbekistan used as the case study. The scientific research is based on an analysis of international experience, scientific literature, statistical information, and national policy documents. Particular emphasis is placed on the concept of land-water nexus, integrated management of water resources, as well as climate change effects on land and water resources availability and quality.From the study, it may be inferred that Uzbekistan is dealing with persistent problems, such as outdated infrastructure, fragmented governance, limited access to finance, and resource users' lack of awareness and knowledge about the management of the available resources, despite the reforms that are being implemented. The study has formulated recommendations to be applied for the policymakers and practitioners to improve institutional coordination, expand financial support mechanisms, and promote innovative agricultural practices. The results achieved in this research contribute to the development of strategies for sustainable development and supporting the implementation of*

the "Uzbekistan 2030" Strategy, particularly with a focus upon the importance of integrated land and water resource management for attaining climate resilience and sustainable development.

Key words. *Natural resources, GIS, drones, ecological map, agricultural land, raster calculation.*

Introduction. Relevance of the Problem. Climate change is one of the most serious global threats of the 21st century, significantly impacting land and water resources worldwide. The Republic of Uzbekistan, located in the arid zone of Central Asia, is among the countries most vulnerable to climate change. According to the National Statistics Committee of the Republic of Uzbekistan, the average annual temperature in the country has increased by 1.6 degrees Celsius since 1880 (from 13.2 to 14.8 degrees), exceeding the global average.

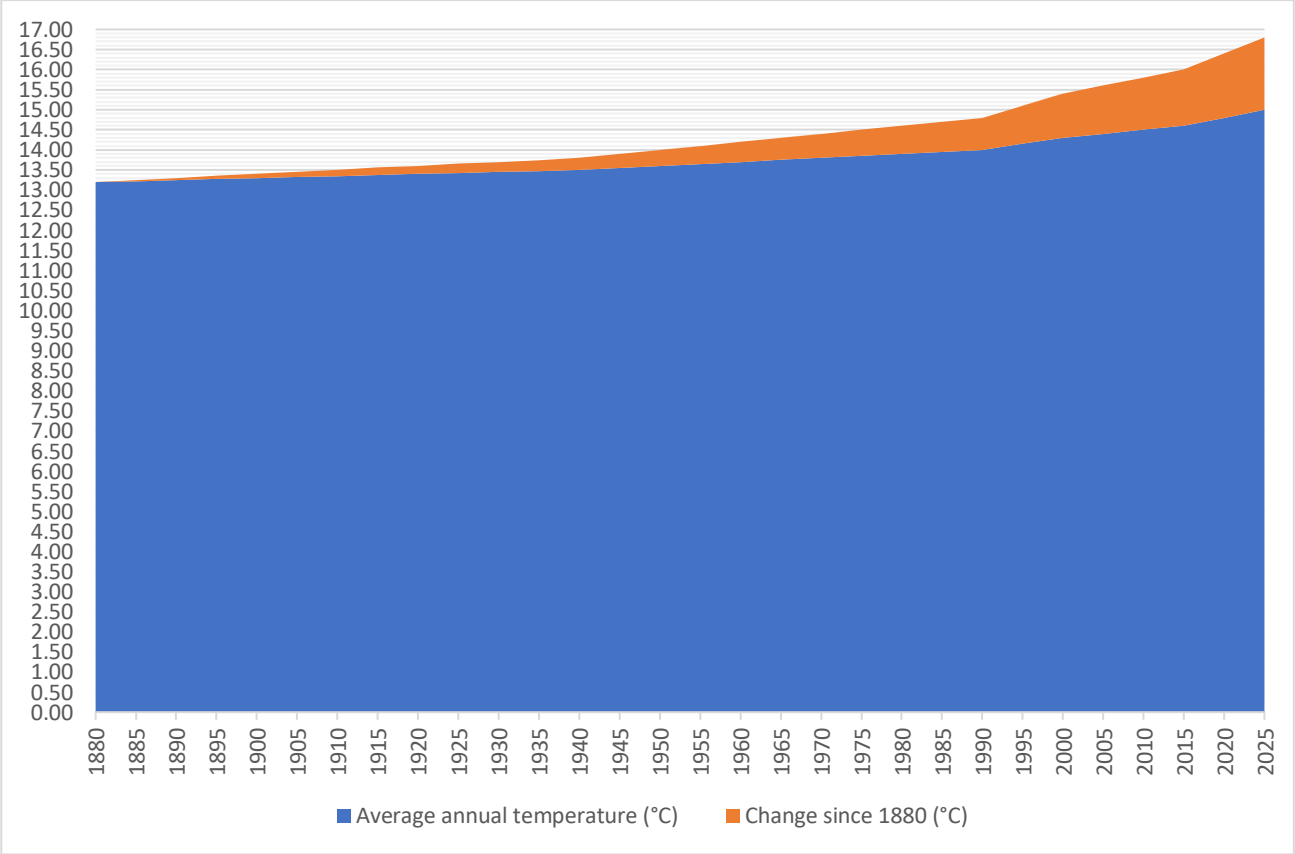


Figure 1: *Dynamics of growth of average annual temperature in Uzbekistan (1880–2025)*

For Uzbekistan, the relationship between land use and water resources is critical. According to the Institute for Strategic and Interregional Studies under the President of the Republic of Uzbekistan, water resources in the Syr Darya basin are expected to decrease by 5% by 2050, and in the Amu Darya basin by up to 15%.

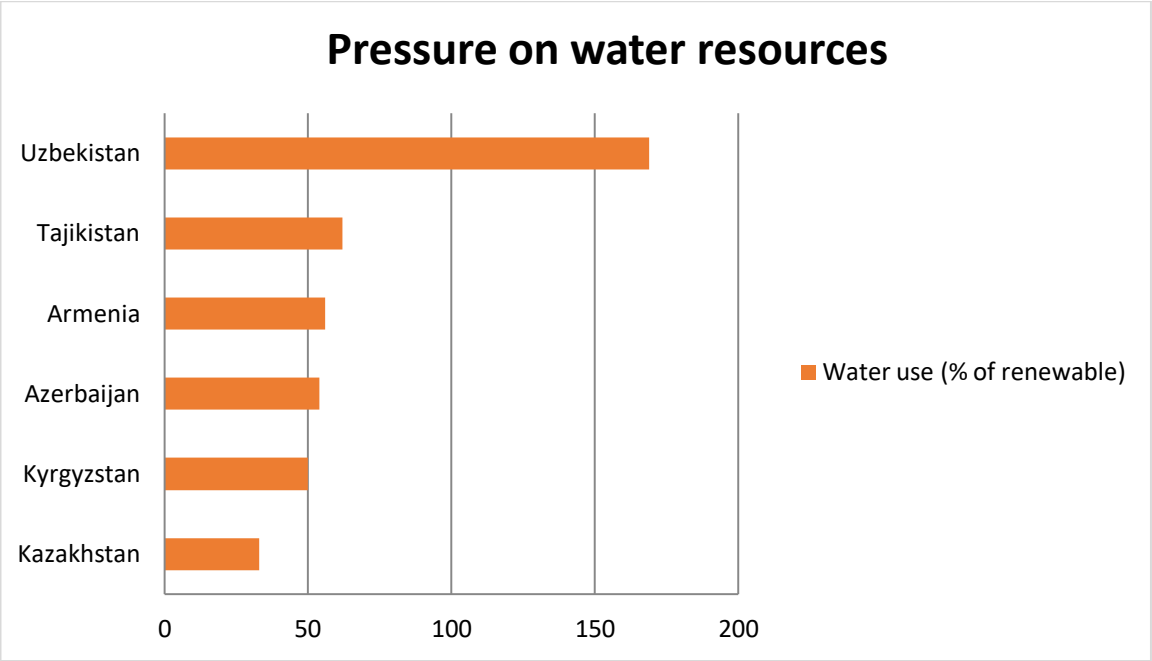


***Figure 2**: Pressure on water resources in Central Asia countires*

Experts from the Center for Hydrometeorological Service of Uzbekistan predict an even more significant reduction in water resources in the Amu Darya and Syr Darya basins by 25-40% by 2050. According to forecasts from the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), the level of stress on water resources in Uzbekistan and Turkmenistan has reached a critical level, exceeding 100%—the volume of water used amounts to 169% of the country's water reserves. Land degradation exacerbates the water crisis. According to UN experts, more than 70% of Uzbekistan's territory is desert, and more than 70% of its land is degraded, resulting in annual economic losses of $830 million. The territory of Uzbekistan requiring measures to combat desertification exceeds 20 million hectares. Approximately 2 million hectares (45%) of irrigated land have been subject to secondary salinization. The most critical situation is observed in Karakalpakstan (90-95% of saline land), the Bukhara region (96%), and the Khorezm oasis (95-100%).

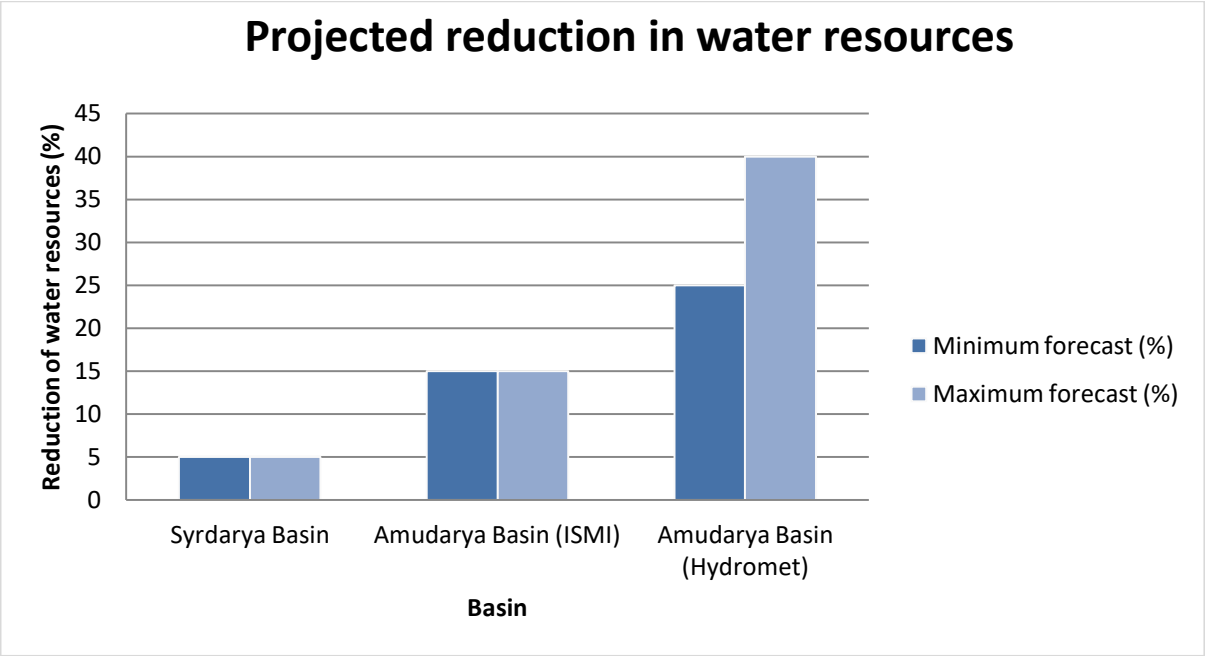


Figure 3: *Forecast of water resource reduction in river basins by 2050*

Agriculture in Uzbekistan, a key sector of the national economy, relies heavily on irrigation and consumes approximately 90% of the country's water. Shavkat Khamrayev, Minister of Water Resources of the Republic of Uzbekistan, notes that only 20% of the country's water resources are generated domestically, with the majority coming from neighboring countries. Furthermore, the water deficit could reach 15 billion cubic meters by 2030.

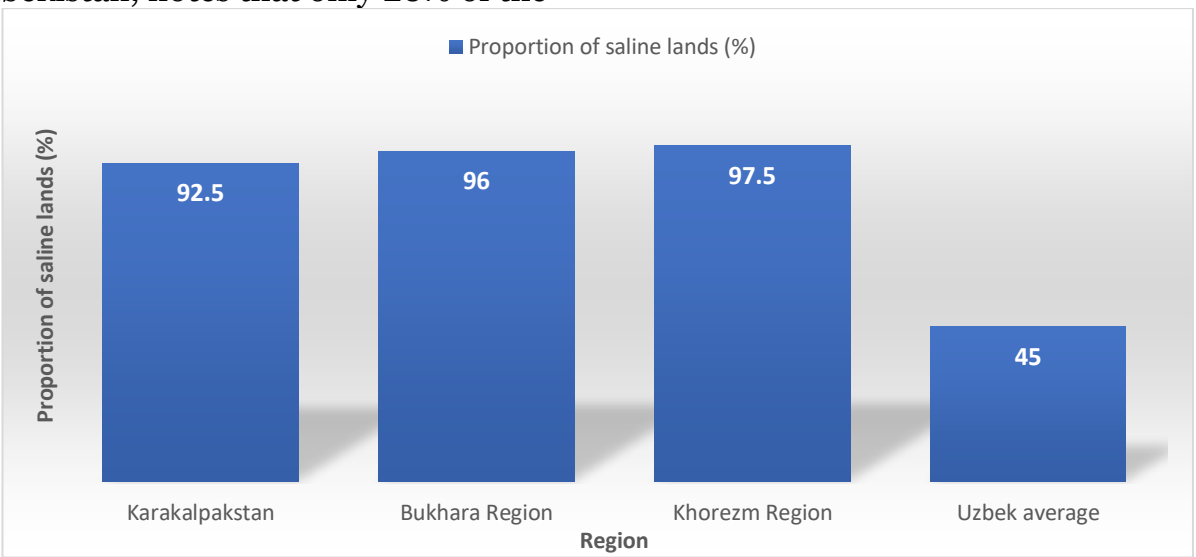


Figure 4: *Salinization of irrigated lands by region of Uzbekistan*

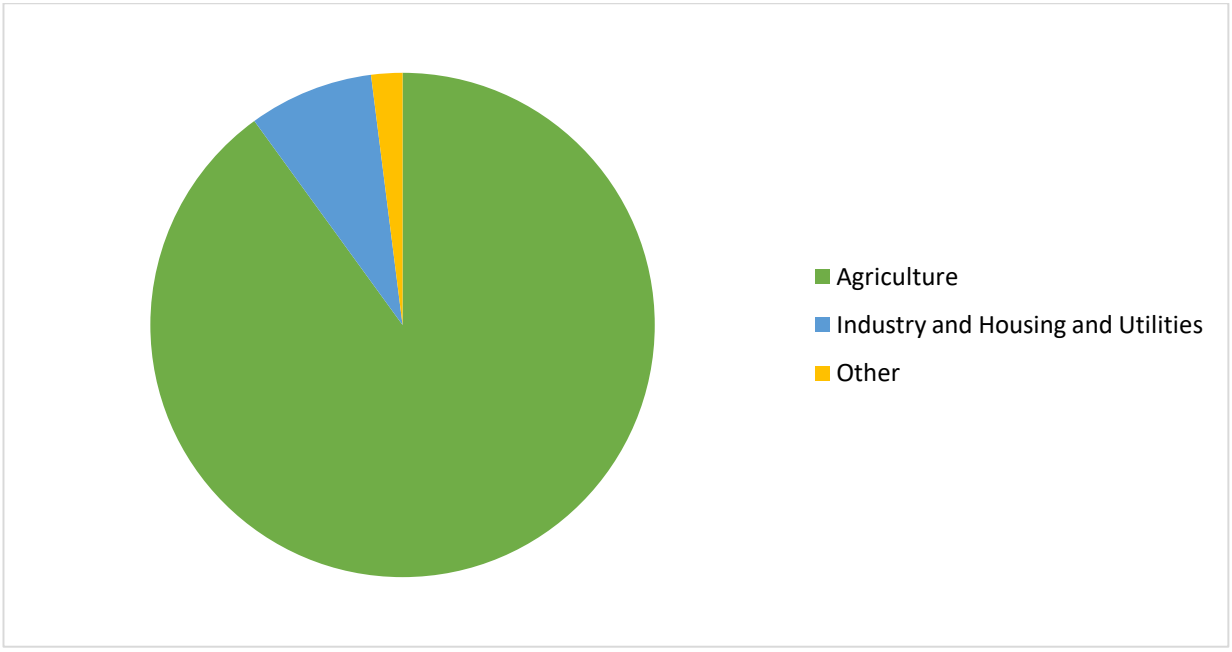


Figure 5: *Structure of water consumption in Uzbekistan*

Climate change is manifested by longer periods of dry heat, reduced snow accumulation and glacier degradation, increased evaporation on plains and in the foothills, and an increased frequency of droughts and extreme low-water events. Over the past 50-60 years, the area of glaciers in Central Asia has shrunk by approximately 30%. It is predicted that between 2030 and 2050, air temperatures in the region could rise by another 1.5-3 degrees Celsius, with the greatest increase expected in the Aral Sea region due to the drying up of the Aral Sea.

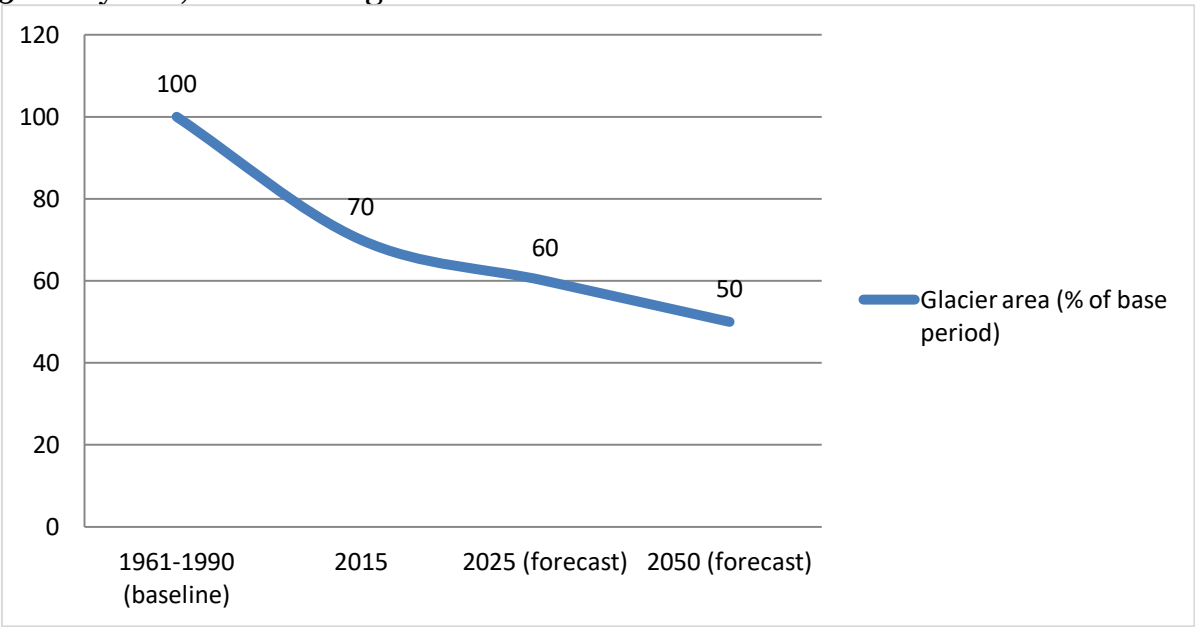


Figure 6: Reduction of glacier area in Central Asia

This situation requires the urgent implementation of modern tools and methods for land and water resource management to ensure the country's sustainable development. President of the Republic of Uzbekistan Shavkat Mirziyoyev has repeatedly emphasized the importance of addressing water issues at international forums, including the UN General Assembly and the Climate Change Conference(COP29).

The objective of the study is to systematize and analyze modern tools and methods for ensuring sustainable land use and rational water resource management in the context of climate change, using the Republic of Uzbekistan as an example.

To achieve this goal, the following objectives were formulated:

1. To analyze the theoretical foundations and international experience of sustainable land and water resource management in the context of climate change;
2. To evaluate modern approaches to monitoring and forecasting the impact of climate change on land and water resources;
3. To explore innovative tools and technologies for adapting land and water use to climate change;
4. To study the legal, institutional, and economic mechanisms for land and water resource management in Uzbekistan;
5. To identify the main challenges and limitations to the implementation of modern resource management methods in Uzbekistan;
6. To develop recommendations for improving the land and water resource management system to achieve sustainable development goals.

The scientific novelty of the study lies in its comprehensive analysis of the relationship between land use and water resources in the context of climate change, taking into account the specific features of the arid zone of Central Asia, as well as in its systematization of modern tools and methods for adaptation to climate change applicable in Uzbekistan.

The practical significance of this study lies in its potential use in developing sustainable development strategies and programs, improving the legal framework for land and water resource management, and implementing the "Uzbekistan 2030" Strategy, which aims to create favorable environmental conditions for the population and conserve water resources as one of the country's five development priorities.

The study is based on an analysis of official documents, statistical data, scientific publications, and regulatory legal acts of the Republic of Uzbekistan, including the Environmental Protection Concept until 2030, the Water Resources Development Concept of Uzbekistan for 2020-2030, the Water Resources Management and Irrigation Sector Development Strategy in the Republic of Uzbekistan for 2021-2023, and the "Uzbekistan 2030" Strategy.

References

1. Institute for Strategic and Interregional Studies under the President of the Republic of Uzbekistan. Uzbekistan is taking systemic measures to adapt to and mitigate the consequences of climate change. [Electronic resource]. — Access mode: https://isrs.uz/ru/maqolalar/uzbekistan-prinimaet-sistemnye-mery-po-adaptacii-i-smagceniu-posledstvij-izmenenia-klimata

2. National report on the state of the environment of Uzbekistan. — IISD, 2024. [Electronic resource]. - Access mode: - https://www.iisd.org/system/files/2024-02/uzbekistan-state-of-the-environment-ru.pdf

3. FAO report: water use in Uzbekistan and Turkmenistan has reached a critical level // UN News. — 2021. [Electronic resource]. - Access mode: https://news.un.org/ru/story/2021/08/1408882

4. Uzbekistan: Rising Temperatures and Water Scarcity // CABAR.asia. [Electronic resource]. - Access mode: - https://longreads.cabar .asia/ climatechangeuz

5. Water Scarcity as a Consequence of Climate Change in Uzbekistan // CA-Climate.org. [Electronic resource]. - Access mode: https://ca-climate.org/news/vodnyy-defitsit-kak-posledstvie-izmeneniya-klimata-v-uzbekistane-/

6. The State of the Environment in Uzbekistan. [Electronic resource]. - Access mode: http://uz-eco.tilda.ws/

7. National Statistics Committee of the Republic of Uzbekistan. Sustainable Development Goals. [Electronic resource]. - Access mode: https://nsdg.stat.uz/goal/16

8. Land degradation and desertification // GEF Small Grants Program. [Electronic resource]. - Access mode: https://sgp.uz/ru/degradacija-zemel-i-opustynivanie/

9. Land degradation: consequences and solutions for elimination // AGRO.UZ. - 2022. [Electronic resource]. - Access mode: https://www.agro.uz/ru/11-0308/

10. More than 70% of land area in Uzbekistan is degraded // Podrobno.uz. [Electronic resource]. — Access mode: https://podrobno.uz/cat/proisshestviya/v-uzbekistane-degradirovano-bolee-70-zemelnykh-ploshchadey-ezhegodnye-poteri-sostavlyayut-830-mln-do/

11. Decree of the President of the Republic of Uzbekistan dated September 11, 2023 No. UP-158. On the Strategy "Uzbekistan - 2030". [Electronic resource]. — Access mode: https://lex.uz/ru/docs/6600404

12. Strategy "Uzbekistan - 2030". [Electronic resource]. — Access mode: https://strategy.uz/index.php?static=strategy_actions&lang=ru

13. Khamraev Sh. The main task of water management is the efficiency of water use // IFAS Agency. — 2025. [Electronic resource]. — Access mode: https://aral.uz/wp/2025/01/04/pv-262-30571/

14. Uzbekistan's policy on the use of transboundary water resources // Uzbekistan today. [Electronic resource]. — Access mode: https://uzbekistan.org.ua/ru/news/7065-politika-uzbekistana-po-ispolzovaniyu-transgranichnix-vodnix-resursov.html

15. FAO promotes land degradation neutrality in Uzbekistan // Forestry Agency. — 2023. [Electronic resource]. — Access mode: https://urmon.gov.uz/press-center/news/fao-o'zbekistonda-yer-degradatsiyasining-neytralligini-saqlashga-hissa-qo'shadi?lang=ru

16. Report of the World Commission on Environment and Development "Our Common Future". - UN, 1987. [Electronic resource]. — Access mode: https://www.un.org/ru/ga/pdf/brundtland.pdf

17. Sustainable Development - The Great Russian Encyclopedia. [Electronic resource]. — Access mode: https://bigenc.ru/c/ustoichivoe-razvitie-1e8c42

18. The Concept of Sustainable Development: Basic Definitions // Economics of Sustainable Development, Moscow State University. [Electronic resource]. - Access mode:

https://books.econ.msu.ru/economics-of-sustainable development/sect01/chap02/2.1/

19. Sustainable development: goals, concept and strategy // Save the Forest, 2024. [Electronic resource]. - Access mode: https://forest-save.ru/esg-blog/ustojchivoe-razvitie

20. Agenda 21. Chapter 7. Promoting planning and management for sustainable land management. [Electronic resource]. - Access mode: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/agenda21_ch7c.shtml

21. Sustainable agriculture - Wikipedia. [Electronic resource]. — Access mode: https://ru.wikipedia.org/wiki/Устойчивое_сельское_хозяйство

22. Central Asian Dialogue on Water-Energy-Food Nexus (NEXUS). [Electronic resource]. — Access mode: https://carececo.org/main/activity/projects/nexus/

23. Nexus Resource Platform. [Electronic resource]. — Access mode: https://www.water-energy-food.org/ru/

24. Water-Energy-Land Use Linkages // OECD. [Electronic resource]. — Access mode: https://www.oecd.org/en/about/programmes/water-energy-land-use-linkages.html

25. Sušnik J., van der Zaag P. Water as a key enabler of nexus systems (water–energy–food) // Cambridge Prisms: Water. — 2023. [Electronic resource]. — Access mode: https://www.cambridge.org/core/journals/cambridge-prisms-water/article/water-as-a-key-enabler-of-nexus-systems-waterenergyfood/36665A4091ABB575267AC0ED06A04B9D

26. Water-Food-Energy Nexus // FAO. [Electronic resource]. — Access mode: https://www.fao.org/land-water/water/watergovernance/waterfoodenergy-neus/en/

27. Water: at the center of the climate crisis // UN. [Electronic resource]. - Access mode: https://www.un.org/ru/climatechange/science/climate-issues/water

28. Water resources — an integral part of the solution to climate change // UNESCO, 2023. [Electronic resource]. - Access mode: https://www.unesco.org/ru/articles/vodnye-resursy-neotemlemaya-chast-resheniya-problemy-izmeneniya-klimata

29. Agenda 21. Chapter 18. Impacts of climate change on water resources. [Electronic resource]. - Access mode: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/agenda21_ch18g.shtml

30. 30 . IPCC Special Report "Climate Change and Land". — IPCC, 2019. [Electronic resource]. - Access mode: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/06/SRCCL_SPM_ru.pdf

31. Causes and consequences of climate change // UN. [Electronic resource]. - Access mode: https://www.un.org/ru/climatechange/science/causes-effects-climate-change

32. How climate change affects water resources // WiseWater. [Electronic resource].Access mode: https://wisewater.ru/articles/vliyanie_izmeneniya_klimata_na_vodnie_resursi

33. The impact of climate change on water resources // Laboratory measurements and labor protection, 2023. [Electronic resource]. — Access

mode: https://laboratoria.by/stati/vliyaniye-izmeneniya-klimata-na-vodnyye-resursy

34. Possible consequences of risks for land and water resources // FAO. [Electronic resource]. — Access mode: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/c53c6974-3125-4642-b4ed-693d36778008/content/src/html/chapter-3-4.html

The problem of desertification at the global and regional levels // CAREC. [Electronic resource]. — Access mode: https://carececo.org/main/news/obzor-problema-opustynivaniya-na-globalnom-i-regionalnom-urovnyakh/

UUK: 631.459.2:631.67(575.141)

QISHLOQ XO‘JALIGIGA MO‘LJALLANGAN YERLARNING HOZIRGI HOLATI VA MONITORING O‘TKAZISH ZARURATI

Z.Abdurahmonov *- TIQXMMI Milliy tadqiqot universiteti “Davlat kadastrlari” kafedrasi assistenti*

R.E. Kamolova *- “TIQXMMI” MTU, “Kadastr (faoliyat turlari bo‘yicha)” yo‘nalish talabasi*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlarning holati va ularda monitoring o‘tkazish zarurati masalalari tahlil qilingan. Tadqiqot davomida qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlarning hozirgi holati, ularning unumdorligiga ta’sir etuvchi asosiy omillar hamda yer resurslaridan samarali foydalanishda monitoring tizimining ahamiyati o‘rganilgan. Maqolada Navoiy viloyati Karmana tumanining 2012-2025-yillarda qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlardagi o‘zgarishlar tahlil qilingan.*

Kalit so‘zlar*.Qishloq xo‘jaligi yerlari, yer monitoringi, yer fondi, tuproq unumdorligi, yer resurslari, yerlardan oqilona foydalanish.*

Аннотация. *В данной статье проанализированы состояние земель сельскохозяйственного назначения и необходимость проведения их мониторинга. В ходе исследования изучено современное состояние земель сельскохозяйственного назначения, основные факторы, влияющие на их плодородие, а также значение системы мониторинга в обеспечении эффективного использования земельных ресурсов.В статье проанализированы изменения в сельскохозяйственных землях Карманинского района Навоийской области за 2012–2025 годы.*

Ключевые слова: *земли сельскохозяйственного назначения, мониторинг земель, земельный фонд, плодородие почв, земельные ресурсы, рациональное использование земель.*

Abstract. *This article analyzes the condition of agricultural land and the need for monitoring. During the study, the current state of agricultural lands, the main factors affecting their productivity, and the importance of the monitoring system in the effective use of land resources were studied.The article analyzes changes in agricultural land in Karmana district*

of Navoi region during the period 2012–2025.

Key words. *Agricultural land, land monitoring, land fund, soil fertility, land resources, rational use of land.*

Kirish. Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlar har qanday davlatning iqtisodiy salohiyati, oziq-ovqat xavfsizligi va ekologik barqarorligini ta’minlovchi asosiy tabiiy resurslardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, O‘zbekiston sharoitida qishloq xo‘jaligi yerlaridan oqilona foydalanish masalasi muhim ahamiyat kasb etadi, chunki sug‘oriladigan yerlar cheklangan bo‘lib, ularga tushayotgan antropogen yuk yildan-yilga ortib bormoqda. Shu sababli qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlarning hozirgi holatini baholash va ularni doimiy monitoring qilish dolzarb ilmiy-amaliy masala hisoblanadi.

Jahonda qishloq xo‘jaligi yerlari monitoringi jamiyatning iqtisodiy va ekologik barqarorligini ta’minlashda muhim o‘rin tutadi. Asrimiz boshidan yer sharida mavjud 13 mlrd.ga yer maydonidan quruqlikning taxminan 10% ini, ya’ni 1,5 mlrd gektari haydalib, dehqonchilik qilinib kelmoqda. Har yili 6-7 mln gektar unumdor yerlar qishloq xo‘jaligi tasarrufidan chiqib ketmoqda. Markaziy Osiyo mintaqasida 6,8 mln. ga atrofida sug‘oriladigan yerlar mavjud [2].

Respublikamizda qishloq xo‘jaligi yerlari monitoringi muhim masalalardan biri hisoblanadi, yer resurslaridan samarali foydalanish, ularning holatini nazorat qilish va barqaror rivojlanishni ta’minlash yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. 2022-2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida «...yangi va foydalanishdan chiqqan 464 ming gektar maydonni o‘zlashtirish, ilm-fan va innovatsiyaga asoslangan agroxizmatlar ko‘rsatish tizimini takomillashtirish, agrosanoat korxonalarini xomashyo bilan ta’minlash va ishlab chiqarish hajmini 1,5 baravar oshirish» muhim strategik vazifalar sifatida belgilab berilgan. Mazkur vazifalarni amalga oshirishda, jumladan, zamonaviy texnologiyalarni joriy qilish, raqamli monitoring tizimlarini yaratish va ekologik barqarorlikni ta’minlash orqali yer resurslaridan samarali foydalanish usullarini takomillashtirish bo‘yicha ilmiy izlanishlar olib borish muhim ahamiyat kasb etmoqda [2].

Adabiyotlar tahlili: Dunyoning ko’plab rivojlangan mamlakatlari bilan bir qatorda O’zbekistonda ham “ Qishloq xo‘jaligiga mo‘jallangan yerlarning holati va bunday yerlarda monitoring o‘tkazish” sohalari rivojlanishida bir qator iqtisodchi olimlar yetakchi o‘rin tutib kelmoqda.Xususan, bu borada o‘z izlanishlarini olib borayotgan olimlardan Ikramov.I.L, Chertovitskiy A.S., Narbayev Sh.K., Axmadaliyev V.A., Muqumov.A.M., Urinov.J.CH., Rustamov.J.R., Tursunov.S.R [2,3,4,] larni aytishimiz mumkin. Lekin shiddat bilan rivojlanayotgan dunyoda yer toifalari xususan, qishloq xo’jaligiga mo‘ljallangan yerlarning holati va ularda yuz berayotgan muammoli vaziyatlari va yer monitoring masalalari yetarli darajada bartaraf etilmaganligini anglatadi. Ya’ni yerdan foydalanishda mavjud muammolarni bartaraf etishning murakkabligi, institutsional o‘zgarishlarning juda tez sur’atlarda amalga oshirilishi, yer resurslarini boshqarish va yer munosabatlarini rivojlantirish yetarli darajada ijtimoiy-huquqiy qo‘llab-quvvatlanmaganligi kabilarni o‘z ichiga oladi.Bu muammolarni tez fursatda, batamom

oldini olish imkoni bo‘lmasada , qisman bu muammolarni bartaraf etish, oldini olish uchun holatni to‘liq o‘rganish va monitoring tizimini amalga oshirish talab etiladi.

Tadqiqot metodologiyasi. Maqolada iqtisodiy-statistik tahlil qilish, ilmiy abstraksiya, umumlashtirish, guruhlash, tasniflash, taqqoslama tahlil va o‘zaro qiyoslash, kabi usullardan foydalanilgan.

Tahlil va natijalar. O'zbekiston Respublikasi Yer kodeksining 43-moddasiga ko'ra, qishloq xo'jaligiga mo'ljallangan yerlar deb "Qishloq xo'jaligi ehtiyojlari uchun berib qo'yilgan yoki ana shu maqsadlar uchun belgilangan yerlar tushuniladi" [1]. O‘zbekiston Respublikasida yer fondi yerlardan foydalanish maqsadi va tartibiga ko‘ra o‘ziga xos xususiyatlarga ega bo‘lib, ular O‘zbekiston Respublikasi Yer kodeksining 8-moddasiga binoan 8 ta toifaga bo‘linadi. O‘zbekiston Respublikasi yer fondi tarkibida qishloq xo‘jaligi uchun mo‘ljallangan yerlar mustaqil toifani tashkil etadi. 2025-yilning 1-yanvar holatiga ko‘ra ushbu toifa yerlarining umumiy maydoni 26220,7 ming gektarni, yoki jami foydalaniladigan yerlarning 58,41 foizini tashkil etadi [4].

Tahlil natijalari shuni anglatadiki, bugungi kunda qishloq xo‘jaligi uchun ajratilgan yerlarning holati turli omillar ta’sirida tobora murakkablashmoqda. Aholi sonining ortib borishi, yer resurslaridan yuqori darajada foydalanish hamda iqlim sharoitlarining o‘zgarishi tufayli tuproq unumdorligining pasayishi kuzatilmoqda. Xususan, sug‘oriladigan maydonlarning ayrim qismlarida sho‘rlanish jarayonining kuchayishi, yer osti suvlarining sathi ko‘tarilishi va meliorativ holatning yomonlashuvi qishloq xo‘jaligi samaradorligiga salbiy ta’sir qilmoqda.

Bundan tashqari, suv va shamol eroziyasi, tuproqning zichlashib borishi hamda organik moddalarning kamayishi yer sifatining pasayishiga olib kelmoqda. Ayrim hududlarda esa qishloq xo‘jaligi yerlaridan maqsadsiz yoki noqonuniy foydalanish, ularni qurilish va boshqa xo‘jalik faoliyatiga ajratish natijasida ekin maydonlari qisqarib bormoqda. Bu esa yer resurslaridan oqilona va samarali foydalanish masalasining dolzarbligini yanada oshirmoqda.

Umuman olganda, qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlarning hozirgi holati ularni muhofaza qilish, tiklash va samarali boshqarish bo‘yicha chora-tadbirlarni kuchaytirishni talab etadi. Shu bilan birga, ushbu yerlarda muntazam monitoring ishlarini olib borish zarur hisoblanadi.

Qishloq xo‘jaligi yerlari monitoringini o‘tkazishdan maqsad bu yerlarning holati va ulardan foydalanishda sodir bo‘ladigan jarayonlarning mohiyatini aniqlash va o‘rganishdan iborat. Shu bilan birga, yerlarning holati va foydalanishdagi salbiy ham, ijobiy jarayonlar ham o‘rganiladi. Salbiy jarayonlarni o'rganish ularning tabiati va sabablarini, yerning holati va undan foydalanishga salbiy ta'sir qilish xususiyatini aniqlash, bu ta'sir darajasini aniqlash va yerdan foydalanishda yetkazadigan zararni hisoblash uchun zarurdir. Qishloq xo‘jaligi yerlarining holati va ulardan foydalanishdagi ijobiy tendentsiyalarni o‘rganish tuproq unumdorligini ko‘paytirish jarayonini rejalashtirish va amalga oshirish, shuningdek, yerdan foydalanuvchilarni yerdan oqilona va samarali foydalanishga rag‘batlantirish uchun zarurdir [3].

Yer monitoringining o‘rganish predmeti bu yerlarning huquqiy holati va xo‘jalikdan foydalanishdagi doimiy o‘zgarishlar hisoblanadi. Yerdan

iqtisodiy foydalanish uning miqdori va sifati bilan bog'liq. Qishloq xo‘jaligi yerlarining sifat ko‘rsatkichlari (tuproq unumdorligi) quyidagilardan iborat: tuproq tarkibidagi ozuqa moddalari (gumus, azot, fosfor va kaliyning o‘simliklar tomonidan o‘zlashtirilishining turli shakllarida), tuproqning mexanik tarkibi, tuz va suv rejimlari, og‘ir tuproq bilan ifloslanishi. metallar, zaharli elementlar, radionuklidlar, pestitsidlar, gerbitsidlar, tuproq eroziyasi (suv, sug'orish, shamol) [3].

Qishloq xo‘jaligi yerlarining monitoringi umumiy va maxsus usullar yordamida amalga oshiriladi. Umumiy usullarga kartografik-geodeziya, aerofotogeodeziya, dala maxsus tuproq tadqiqotlari, statistik, matematik modellashtirish, prognozlash, monografik usullar kiradi. O'tkazishning maxsus usullari quyidagilardan iborat: yerning holati va undan foydalanish dinamikasini kuzatish, jarayonlarning tabiatini tahlil qilish va rivojlanish tendentsiyalarini aniqlash, aniqlangan jarayonlarning rivojlanish darajasini va ularning yerdan foydalanishga ta'sirini baholash [3].

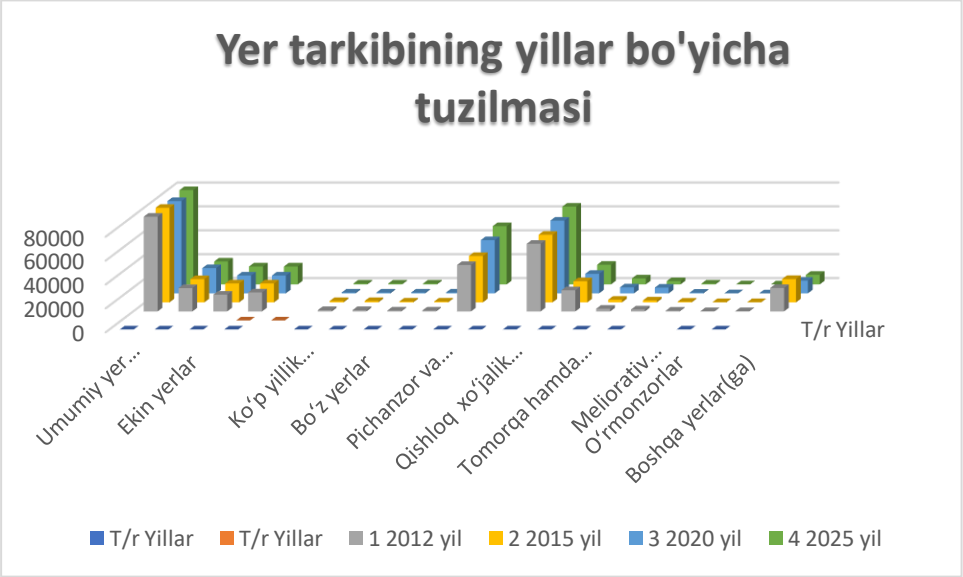
Men shu usullardan statistik usulda Yer fondi ma’lumotlari asosida o‘zim yashaydigan Navoiy viloyati Karmana tumanining qishloq xo‘jaligi yerlari o‘zgarishini tahlil qildim.

Quyidagi 1-jadvalda Navoiy viloyati Karmana tumani qishloq xo‘jalik yerlarining 2012-2025- yiilarda o‘zgarishi ko‘rsatilgan:

1-jadval

T/r	Yillar	Umumiy yer maydoni		Ekin yerlar			Ko‘p yillik daraxtzorlar		Bo‘z yerlar		Pichanzor va yaylovlar		Qishloq xo‘jalik yer turlari		Tomorqa hamda bog‘dorchilik va sabzavotchilik uyushmalari yerlari		Meliorativ qurilish holatdagi yerlar	O‘rmonzorlar		Boshqa yerlar(ga)
		Jami(ga)	Shu jumladan:sug‘oriladigani(ga)	Jami(ga)	Shu jumladan		Jami(ga)	Shu jumladan:sug‘oriladigani(ga)	Jami(ga)	Shu jumladan:sug‘oriladigani(ga)	Jami(ga)	Shu jumladan:sug‘oriladigani(ga)	Jami(ga)	Shu jumladan:sug‘oriladigani(ga)	Jami(ga)	Shu jumladan:sug‘oriladigani(ga)		Jami(ga)	Shu jumladan:sug‘oriladigani(ga)	
					Sug‘oriladigani(ga)	lalmi														
1	2012 yil	79321	19552	14038	15884		1105	1105	729	729	38904		56622	17718	2223	1629	644	204	204	19627
2	2015 yil	79223	19536	15872	15872		1105	1105	726	726	38894		56597	17703	2223	1629	644	204	204	19555
3	2020 yil	77338	21199	14917	14917		718	718	724	724	44601		60960	16359	5029	4818	606	83	23	10660
4	2025 yil	78932	19160	14980	14980		718	718	724	724	48723		65145	16422	4993	2716	714	83	22	7988

Bu o‘zgarishlar quyidagi diagrammada ko‘rsatilgan:



Ushbu jadval va diagrammadan ko‘rishimiz mumkinki, qishloq xo‘jaligi yerlari 2012-yilda 79 321 ga bo‘lgan bo‘lsa, 2025-yilda 78 932 ga ni tashkil etgan. Ya’ni umumiy yer fondi 13 yil davomida atigi 389 ga yoki 0,5 % ga kamaygan. Bu holat yer fondining umumiy chegarasi nisbatan barqaror

saqlanayotganini koʻrsatadi. Biroq yerlarning ichki tarkibida sezilarli funksional qayta taqsimlanish yuz bergan.

Eng katta oʻzgarish pichanzor va yaylovlar maydonida kuzatilgan. Ushbu toifa 2012-yildagi 38 904 gadan 2025-yilda 48 723 gaga yetgan, ya'ni 9 819 ga yoki 25,2 % ga oshgan. 2012-yilda pichanzor va yaylovlar umumiy yer maydonining 49,0 % ini tashkil qilgan boʻlsa, 2025-yilda bu koʻrsatkich 61,7 % ga yetgan. Demak, yer fondi tarkibida yaylov resurslarining ahamiyati kuchaygan.

Qishloq xoʻjalik yer turlari ham 2012-yildagi 56 622 gadan 2025-yilda 65 145 ga ga oshgan. Umumiy oʻsish 8523 ga yoki 15,1 % ni tashkil etadi. Bu koʻrsatkich qishloq xoʻjaligiga jalb etilgan yerlar ulushining ortib borayotganini koʻrsatadi. 2025-yil holatiga koʻra, qishloq xoʻjalik yer turlari umumiy maydonning 82,5 % ini egallagan. Bu esa hududda agrar yer resurslaridan foydalanish intensivlashayotganini koʻrsatadi.

Ekin yerlar maydoni 2012-yilda 14 038 ga boʻlgan boʻlsa, 2025-yilda 14 980 ga ni tashkil etgan. Oʻsish 942 ga yoki 6,7 % ga teng. Bu oʻzgarish keskin boʻlmasada, ekin maydonlarida barqarorlashuv mavjudligini koʻrsatadi.

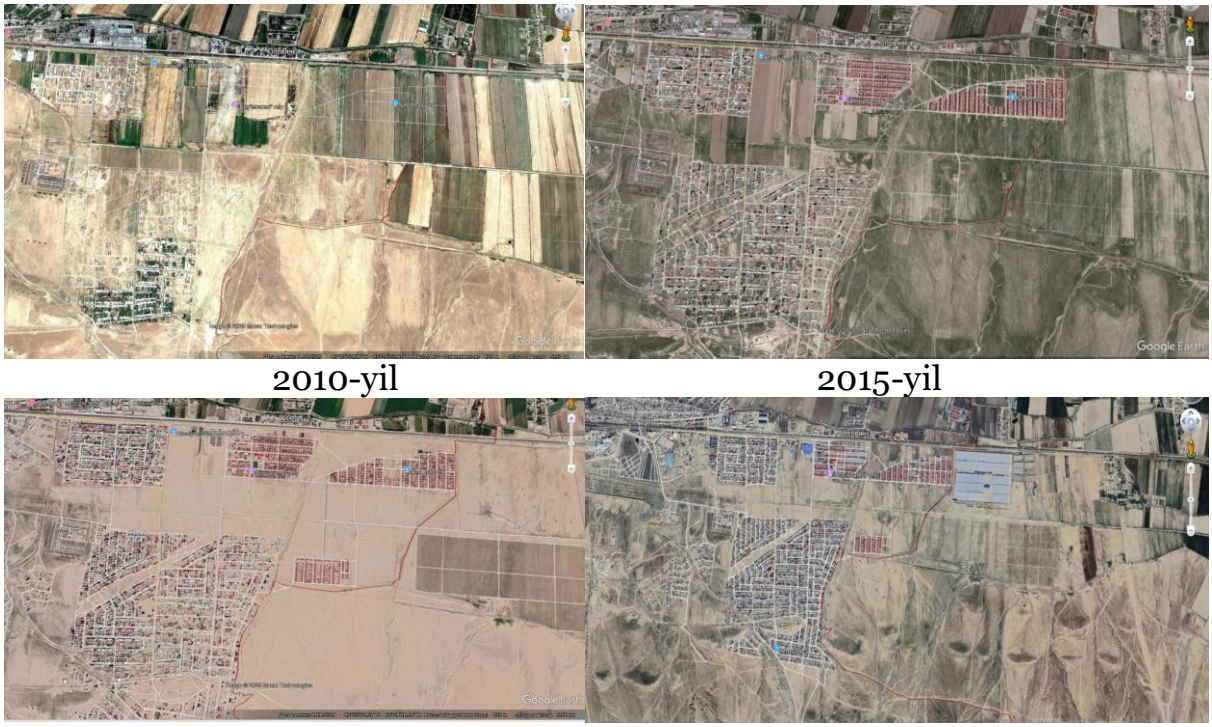
Tomorqa hamda bogʻdorchilik-sabzavotchilik uyushmalari yerlari 2012-yilda 2 223 ga boʻlgan boʻlsa, 2025-yilda 4 993 ga ga yetgan. Bu 2 770 ga yoki 124,6 % oʻsish demakdir. Mazkur oʻsish aholining tomorqa xoʻjaliklari, bogʻdorchilik va sabzavotchilik yoʻnalishidagi yerga boʻlgan ehtiyoji ortganini koʻrsatadi.

Koʻp yillik daraxtzorlar 2012–2025-yillarda 1 105 gadan 718 ga ga kamaygan, ya'ni 387 ga yoki 35,0 % qisqargan. Oʻrmonzorlar esa 204 gadan 83 ga gacha kamayib, 121 ga yoki 59,3 % yoʻqotishga uchragan. Bu holat ekologik barqarorlik, shamol eroziyasi, tuproq namligini saqlash va agroekologik muvozanat nuqtayi nazaridan xavotirli koʻrsatkich hisoblanadi.

Aksincha, boshqa yerlar maydoni keskin qisqargan. 2012-yilda 19 627 ga boʻlgan ushbu toifa 2025-yilda 7 988 ga gacha kamaygan. Umumiy kamayish 11 639 ga yoki 59,3 % ni tashkil qiladi. Bu jarayon boshqa yerlarning bir qismi qishloq xoʻjaligi yer turlariga, xususan, pichanzor-yaylovlar va tomorqa-bogʻdorchilik yerlariga oʻtkazilgan boʻlishi mumkinligini koʻrsatadi. Shu sababli, yer fondi tarkibidagi bunday oʻzgarishlarni muntazam monitoring qilish zarur.

Biz Yer monitoringi , Kadastrda GAT fanlarida dars davomida oʻzimiz yashab turgan hududni oʻrganib, sun'iy yoʻldosh tasvirlari orqali turli oʻzgarishlarni aniqlaganmiz. NDVI tahlillarini amalgan oshirganmiz. Men shu oʻzgarishlar orqali sun'iy intellekt orqali surat tayyorladim bunda ma'lum bir hudud boʻyicha oʻzgarishni koʻrishimiz mumkin.

2-rasm



2010-yil 2015-yil

2020-yil 2025-yil

Ushbu rasmda uchta sun’iy yo‘ldosh tasviri asosida mazkur hududdagi qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlarning vaqt davomida sezilarli darajada o‘zgargani kuzatiladi. Birinchi tasvirda (2010-yil) hududda qishloq xo‘jaligi ekin maydonlari ancha keng bo‘lib, yer uchastkalari aniq chegaralangan holda foydalanilgan. Aholi yashash punktlari nisbatan kam bo‘lib, asosiy maydonlar dehqonchilik uchun xizmat qilgan.

Ikkinchi tasvirda (2015-yil) hududda urbanizatsiya jarayoni kuchaygani yaqqol ko‘rinadi. Ilgari ekin maydoni sifatida foydalanilgan ayrim yerlarda yangi turar joy massivlari, ko‘chalar va ichki infratuzilma shakllangan. Natijada qishloq xo‘jaligi yerlarining maydoni qisqara boshlagan.

Uchinchi tasvirda (2020-yil) esa ushbu jarayon yanada jadallashgani kuzatiladi. Aholi yashash hududlari kengayib, bo‘sh va ekin ekilgan yerlarning katta qismi qurilish maydonlariga aylangan. Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlar fragmentatsiyaga uchrab, mayda bo‘laklarga bo‘lingan va ularning umumiy maydoni keskin kamaygan.

Tahlil natijalariga ko‘ra, mazkur hududda qishloq xo‘jaligi yerlarining qisqarishiga asosan aholi sonining oshishi, uy-joy qurilishiga talabning ortishi hamda o‘zboshimchalik bilan yer egallash holatlari sabab bo‘lgan. Bu esa yer resurslaridan oqilona foydalanish, kadastr nazoratini kuchaytirish hamda sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida muntazam monitoring olib borish zarurligini ko‘rsatadi.

Xulosa sifatida aytish mumkinki, qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlarning bugungi holati ularni muhofaza qilish hamda samarali boshqarish choralarini kuchaytirishni taqozo etadi. Ayniqsa, yer degradatsiyasi, iqlim o‘zgarishi va inson omili ta’sirida yuzaga kelayotgan salbiy jarayonlarni kamaytirishda monitoring tizimi muhim ahamiyat kasb etadi. Yer resurslarini muntazam kuzatib borish orqali ulardan oqilona foydalanishni yo‘lga qo‘yish, tuproq unumdorligini saqlab qolish va qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarish

samaradorligini oshirish imkoniyati yaratiladi.

Shuningdek, ayrim hududlarda qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlar maydonining qisqarishi aholi sonining ortib borishi hamda urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi bilan bog‘liq. Mazkur holat yer resurslaridan foydalanish ustidan nazoratni yanada kuchaytirishni talab qiladi. Shu bois, hududlarda samarali boshqaruvni ta’minlash uchun tizimli va doimiy monitoring ishlarini tashkil etish zarur hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1.O‘zbekiston Respublikasi Yer kodeksi. – Toshkent: O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi nashri, amaldagi tahrir.

2.Ikramov.I.L. Qishloq xo‘jaligi yerlari monitoringini raqamli texnologiyalar asosida yuritishning takomillashgan uslubi. – Toshkent, 2025.

3. Chertovitskiy A.S., Narbayev Sh.K., Axmadaliyev V.A. Yer monitoringi. O’quv qo’llanma, Toshkent.- 2023.

4.Muqumov.A.M., Urinov.J.CH., Rustamov.J.R., Tursunov.S.R., Yer huquqi. O’quv qo’llanma, Toshkent.- 2024.

5.O‘zbekiston Respublikasi Yer fondi - Toshkent, 2012-2015-2020-2025.

UDK: 332.3:528.44:631.1

KADASTR VA YER MONITORINGI MA’LUMOTLARI ASOSIDA FERMER XO‘JALIKLARIGA YER AJRATISHNI TAKOMILLASHTIRISH (Qorovulbozor tumani misolida)

Q.M.Muxamadov *- Buxoro davlat texnika universiteti “Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari” kafedrasi o’qituvchisi.* qmuxamadov@gmail.com

F.Sh.Xudoyberdiyev *- Buxoro davlat texnika universiteti “Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari” kafedrasi professori, t.f.f.d., (PhD).*

S.Sotiboldiyeva *- Buxoro davlat texnika universiteti talabasi*

Annotatsiya*. Mazkur maqolada fermer xo‘jaliklariga yer ajratish jarayonini kadastr va yer monitoringi ma’lumotlari asosida takomillashtirish masalalari Qorovulbozor tumani misolida yoritilgan. Tadqiqotda yer ajratish faqat ma’muriy taqsimot jarayoni emas, balki yer uchastkasining huquqiy maqomi, kadastr tavsifi, foydalanish turi, tuproq sifati, meliorativ holati, suv bilan ta’minlanganligi va amaldagi foydalanish darajasini birgalikda baholashga asoslangan boshqaruv mexanizmi sifatida talqin etiladi. Maqolada O‘zbekiston Respublikasining Yer kodeksi, “Davlat yer kadastri to‘g‘risida”gi, “Davlat kadastrlari to‘g‘risida”gi qonunlar hamda yer munosabatlarida shaffoflik va qonuniylikni ta’minlashga qaratilgan normativ-huquqiy hujjatlar asosida fermer xo‘jaliklariga yer ajratishning tashkiliy-huquqiy jihatlari tahlil qilingan. Qorovulbozor tumani sharoitida ekin maydonlarining cheklanganligi, suv resurslariga bog‘liqlik va meliorativ holatdagi tafovutlar yer ajratishda ishonchli kadastr hamda monitoring axborotidan foydalanish zarurligini ko‘rsatadi.*

***Kalit so‘zlar**: yer resurslari, davlat yer kadastri, yer monitoringi, fermer xo‘jaligi, yer ajratish, yer fondi, meliorativ holat, suv ta’minoti*

***Аннотация:** В данной статье на примере Каравулбазарского района рассматриваются вопросы совершенствования процесса распределения земель сельскохозяйственным предприятиям на основе кадастровых и земельно-мониторинговых данных. Исследование интерпретирует распределение земель не только как административный процесс распределения, но и как механизм управления, основанный на комплексной оценке правового статуса земельного участка, кадастрового описания, вида использования, качества почвы, состояния мелиорации, водоснабжения и фактического уровня использования. В статье анализируются организационно-правовые аспекты распределения земель сельскохозяйственным предприятиям на основе Земельного кодекса Республики Узбекистан, законов «О государственном земельном кадастре», «О государственных кадастрах», а также нормативно-правовых актов, направленных на обеспечение прозрачности и законности земельных отношений. В условиях Каравулбазарского района ограниченность пахотных земель, зависимость от водных ресурсов и различия в состоянии мелиорации указывают на необходимость использования надежной кадастровой и мониторинговой информации при распределении земель.*

Ключевые слова: земельные ресурсы, государственный земельный кадастр, мониторинг земель, сельское хозяйство, распределение земель, земельный фонд, состояние мелиорации, водоснабжение.

***Abstract:** This article discusses the issues of improving the process of land allocation to farms based on cadastral and land monitoring data using the example of the Karavulbazar district. The study interprets land allocation not only as an administrative distribution process, but also as a management mechanism based on a joint assessment of the legal status of the land plot, cadastral description, type of use, soil quality, land reclamation status, water supply and the actual level of use. The article analyzes the organizational and legal aspects of land allocation to farms based on the Land Code of the Republic of Uzbekistan, the laws "On the State Land Cadastre", "On State Cadastres", as well as regulatory legal acts aimed at ensuring transparency and legality in land relations. In the conditions of the Karavulbazar district, the limited arable land, dependence on water resources and differences in land reclamation status indicate the need to use reliable cadastral and monitoring information in land allocation.*

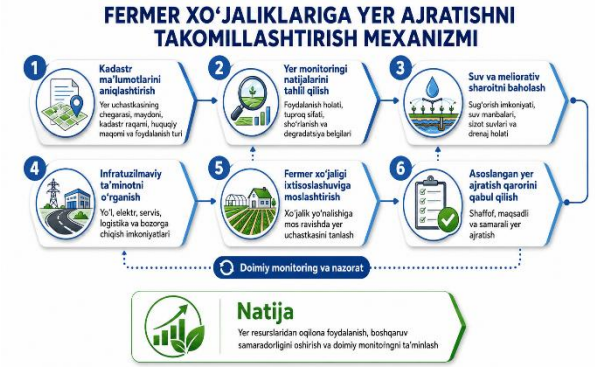
***Keywords:** land resources, state land cadastre, land monitoring, farming, land allocation, land fund, reclamation status, water supply.*

Kirish. Yer resurslari qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishining asosiy tabiiy-iqtisodiy manbai bo‘lib, undan oqilona foydalanish, uni muhofaza qilish va maqsadli boshqarish mamlakat agrar siyosatining muhim yo‘nalishlaridan biridir. O‘zbekiston Respublikasining Yer kodeksida yer umummilliy boylik sifatida e’tirof etilib, undan ilmiy asoslangan tarzda oqilona foydalanish, tuproq unumdorligini saqlash va oshirish,

yerga bo‘lgan huquqlarni himoya qilish yer munosabatlarini tartibga solishning asosiy vazifalari sifatida belgilangan [1]. Ushbu huquqiy yondashuv fermer xo‘jaliklariga yer ajratishda maydon mavjudligining o‘zi yetarli emasligini, balki yer uchastkasining huquqiy, xo‘jalik, ekologik va iqtisodiy holati ham hisobga olinishi zarurligini ko‘rsatadi.

Fermer xo‘jaliklariga yer ajratish jarayonida davlat yer kadastri alohida ahamiyatga ega. “Davlat yer kadastri to‘g‘risida”gi Qonunda yer uchastkalariga bo‘lgan huquqlar kafolatlarini ta’minlash, yerlardan oqilona foydalanish, ularni qayta tiklash va muhofaza qilish uchun kadastr ma’lumotlaridan foydalanishning huquqiy asoslari belgilangan [2]. Demak, yer ajratish to‘g‘risidagi har qanday boshqaruv qarori ishonchli kadastr axborotiga, yer uchastkasining chegarasi, maydoni, foydalanish turi, sifat ko‘rsatkichlari va huquqiy maqomiga asoslanishi lozim.

Bugungi sharoitda fermer xo‘jaliklariga yer ajratishni takomillashtirish zarurati bir necha omillar bilan belgilanadi.



1-rasm. Fermer xo’jaliklariga yer ajratishni takomillashtirish mexanizmi

Qorovulbozor tumani mazkur masalani o‘rganish uchun amaliy jihatdan muhim hudud hisoblanadi. Tuman yer fondi salmoqli bo‘lsa-da, ekin ekiladigan yerlar umumiy maydonning nisbatan kichik qismini tashkil etadi. Tumanning jami yer maydoni qariyb 212 ming gektar, ekin ekiladigan yerlar esa 15,7 ming gektar ekani ko‘rsatilgan [12]. Bu holat yer ajratish jarayonida har bir sug‘oriladigan maydonning kadastr, meliorativ, suv xo‘jaligi va ishlab chiqarish qiymatini puxta baholash zarurligini asoslaydi.

Maqolaning maqsadi Qorovulbozor tumani misolida kadastr va yer monitoringi ma’lumotlari asosida fermer xo‘jaliklariga yer ajratish jarayonini takomillashtirishning normativ-huquqiy, tashkiliy va amaliy jihatlarini ilmiy asoslashdan iborat.

Material va metodlar: Tadqiqot obyekti sifatida Qorovulbozor tumani qishloq xo‘jaligi yer resurslari va fermer xo‘jaliklariga yer ajratish jarayoni tanlandi. Tadqiqot predmeti esa yer uchastkalarini ajratishda davlat yer kadastri, yer monitoringi, meliorativ kuzatuvlar, suv ta’minoti va xo‘jalik yuritish shakllariga oid ma’lumotlardan foydalanish mexanizmini takomillashtirishdan iborat.Tadqiqot davomida normativ-huquqiy tahlil, tizimli yondashuv, qiyosiy tahlil, hududiy tahlil va umumlashtirish usullaridan foydalanildi. Normativ-huquqiy tahlil orqali Yer kodeksi, “Davlat yer kadastri to‘g‘risida”gi Qonun, “Davlat kadastrlari to‘g‘risida”gi Qonun, yer munosabatlarida shaffoflikni ta’minlashga qaratilgan Prezident farmonlari va elektron auksion tartibini belgilovchi hujjatlarning fermer xo‘jaliklariga yer ajratishdagi o‘rni o‘rganildi.

Tizimli yondashuv asosida yer ajratish jarayoni alohida bosqichlar yig‘indisi sifatida emas, balki yerga oid axborotni shakllantirish, uni kadastr bazasida yuritish, monitoring natijalari bilan to‘ldirish, yer uchastkasining foydalanish imkoniyatini baholash va

undan keyingi nazoratni amalga oshirishdan iborat uzluksiz boshqaruv jarayoni sifatida koʻrib chiqildi.

Tahlil yordamida amaldagi yer ajratish tartibi bilan kadastr va monitoring maʼlumotlariga tayanuvchi takomillashtirilgan yondashuv oʻrtasidagi farqlar aniqlashtirildi. Hududiy tahlilda Qorovulbozor tumanining yer fondi, ekin maydonlari tarkibi, fermer xoʻjaliklari yoʻnalishlari, suv taʼminoti va meliorativ omillar hisobga olindi.

Natijalar va ularning tahlili: Qorovulbozor tumani boʻyicha mavjud maʼlumotlar shuni koʻrsatadiki, tumanda yer fondining katta qismi mavjud boʻlsa-da, intensiv qishloq xoʻjaligida foydalanilayotgan ekin maydonlari nisbatan cheklangan. Ekin maydonlari tarkibida gʻalla, paxta va ozuqabop ekinlar ustun ulushga ega. Bu holat fermer xoʻjaliklariga yangi yer ajratishda yoki mavjud yer maydonlarini qayta ixtisoslashtirishda kadastr va monitoring maʼlumotlariga tayanish zarurligini koʻrsatadi.

Tumanda fermer xoʻjaliklari yer resurslaridan foydalanishning asosiy subyektlaridan biri hisoblanadi. Qorovulbozor tumanida 310 dan ortiq fermer xoʻjaligi faoliyat yuritadi. Ularning asosiy qismi paxta-gʻallachilik, chorvachilik, bogʻdorchilik-uzumchilik va boshqa qishloq xoʻjaligi yoʻnalishlariga ixtisoslashgan [12]. Shu sababli yer ajratish jarayonida xoʻjalik yuritish turi, ajratilayotgan yerning tabiiy-iqtisodiy imkoniyati va kelgusidagi foydalanish natijadorligi oʻzaro bogʻliq holda baholanishi zarur.

Fermer xoʻjaliklariga yer ajratishda kadastr maʼlumotlari birlamchi axborot manbai vazifasini bajaradi. Yer uchastkasining kadastr raqami, chegarasi, maydoni, foydalanish turi, huquqiy maqomi va mavjud cheklovlari aniqlanmasdan turib, ushbu yerga oid barqaror boshqaruv qarori qabul qilib boʻlmaydi. Ayniqsa qishloq xoʻjaligi yerlarida kadastr maʼlumotlari tuproq sifati, bonitet koʻrsatkichi, sugʻorish imkoniyati va meliorativ holat haqidagi maʼlumotlar bilan uygʻunlashtirilganda amaliy ahamiyati yanada ortadi.

Yer monitoringi kadastr maʼlumotlarini vaqt boʻyicha yangilab boruvchi va yerlarning real holatini koʻrsatuvchi muhim boshqaruv vositasidir. Kadastr yer uchastkasining huquqiy va hisob maʼlumotlarini aks ettirsa, monitoring yerning amaldagi foydalanish darajasi, tuproq holati, shoʻrlanish, sizot suvlari, degradatsiya belgilari, ekin maydonlarining bandligi va maqsadli foydalanish holatini aniqlashga xizmat qiladi. Shu bois fermer xoʻjaliklariga yer ajratishda kadastr va monitoring maʼlumotlarini bir-biridan ajratilgan holda emas, balki yagona axborot tizimi sifatida qoʻllash maqsadga muvofiqdir.

Qorovulbozor tumani sharoitida suv taʼminoti yer ajratishning eng muhim omillaridan biri sifatida namoyon boʻladi. Tumanda qurgʻoqchil iqlim, sugʻorishga bogʻliqlik va meliorativ holatdagi tafovutlar mavjudligi sababli yer uchastkasining maydoni bilan birga uning suv manbalariga yaqinligi, sugʻorish tarmogʻi holati, kollektor-drenaj tizimining ishlashi va suvdan foydalanish intizomi ham baholanishi kerak. Agar mazkur omillar kadastr va monitoring tizimida yetarli darajada aks etmasa, huquqiy jihatdan toʻgʻri ajratilgan yer amalda iqtisodiy jihatdan samarasiz boʻlib qolishi mumkin.

1-jadval

Fermer xo‘jaliklariga yer ajratishda kadastr va monitoring ma’lumotlarining vazifalari

Ma’lumot turi	Asosiy mazmuni	Yer ajratishdagi amaliy ahamiyati
Kadastr ma’lumotlari	Yer uchastkasi chegarasi, maydoni, kadastr raqami, huquqiy maqomi	Yer ajratish qarorining huquqiyaniqligini ta’minlaydi
Yer sifati ma’lumotlari	Tuproq boniteti, unumdorlik, yer turi	Xo‘jalik yo‘nalishini to‘g‘ri tanlashga xizmat qiladi
Monitoring ma’lumotlari	Amaldagi foydalanish, ekin bandligi, degradatsiya belgilari	Foydalanilmayotgan yoki past samarali yerlarni aniqlaydi
Meliorativ ma’lumotlar	Sho‘rlanish, sizot suvlari, drenaj holati	Yerning uzoq muddatli foydalanish imkoniyatini baholaydi
Suv xo‘jaligi ma’lumotlari	Sug‘orish manbasi, suv limiti, tarmoq holati	Ajratiladigan yerning ishlab chiqarish barqarorligini belgilaydi
Infratuzilma ma’lumotlari	Yo‘l, elektr, servis va logistika obyektlariga yaqinlik	Fermer xo‘jaligi faoliyatining iqtisodiy samaradorligiga ta’sir qiladi

Jadvaldan ko‘rinadiki, fermer xo‘jaliklariga yer ajratish jarayonida kadastr ma’lumotlari huquqiy aniqlikni ta’minlasa, monitoring ma’lumotlari yer uchastkasining real holatini aniqlashga xizmat qiladi. Bu ikki axborot manbasining uyg‘unligi yer ajratishda subyektiv qarorlar ulushini kamaytiradi va mavjud yer fondidan maqsadli foydalanish imkoniyatini oshiradi.

Normativ-huquqiy nuqtayi nazardan, fermer xo‘jaliklariga yer ajratish jarayoni bir necha asosiy hujjatlar bilan bog‘liq. Yer kodeksi yer munosabatlarining umumiy huquqiy poydevorini belgilaydi. “Davlat yer kadastri to‘g‘risida”gi Qonun yer uchastkalariga oid huquqiy, tabiiy va xo‘jalik ma’lumotlarini yuritishning asosiy tartibini belgilaydi. “Davlat kadastrlari to‘g‘risida”gi Qonun esa kadastrga oid axborotni to‘plash, yuritish va undan foydalanish munosabatlarini tartibga soladi [1;2;3]. Ushbu hujjatlar fermer xo‘jaliklariga yer ajratishda yer haqidagi axborot rasmiy, ishonchli va davlat tomonidan yuritiladigan kadastr tizimiga tayanishi kerakligini ko‘rsatadi.

Prezidentning PF-6243-son Farmoni yer munosabatlarida tenglik va shaffoflikni ta’minlash, yerga bo‘lgan huquqlarni ishonchli himoya qilish va yer uchastkalarini bozor aktiviga aylantirish masalalarini kun tartibiga olib chiqdi [4]. Mazkur hujjatning mazmunidan kelib chiqib, fermer xo‘jaliklariga yer ajratishda ochiqlik, qonuniylik, huquqiy kafolat va axborotning ishonchliligi asosiy tamoyillar sifatida qaralishi lozim. Prezidentning PF-15-son Farmonida esa qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yer uchastkalarini elektron onlayn-auksion orqali uzoq muddatli ijaraga berish tartibi belgilangan [5]. Bu esa yer ajratish jarayonini yanada shaffof, raqobatga asoslangan va raqamli boshqaruv mexanizmlari bilan bog‘langan tizimga aylantiradi.

Shu bilan birga, “Raqamli O‘zbekiston - 2030” strategiyasi yer, kadastr, davlat xizmatlari va axborot tizimlarini raqamlashtirish uchun umumiy strategik asos yaratadi [6]. Ushbu strategik yondashuv fermer xo‘jaliklariga yer ajratishda kadastr va monitoring ma’lumotlarini elektron shaklda yuritish, idoralararo axborot

almashinuvi, elektron reyestrlar va ochiq ma’lumotlardan foydalanish imkoniyatlarini kengaytiradi.

2-jadval

Yer ajratishni takomillashtirishda normativ-huquqiy hujjatlarning o‘rni

Normativ-huquqiy hujjat	Yer ajratish jarayonidagi ahamiyati
O‘zbekiston Respublikasining Yer kodeksi	Yer munosabatlarining umumiy huquqiy asoslarini, yerdan oqilona foydalanish va uni muhofaza qilish tamoyillarini belgilaydi
“Davlat yer kadastri to‘g‘risida”gi Qonun	Yer uchastkalariga oid huquqiy, xo‘jalik va sifat ma’lumotlarini yuritishning huquqiy asosini yaratadi
“Davlat kadastrlari to‘g‘risida”gi Qonun	Kadastr axborotini to‘plash, yuritish va undan foydalanish tartibini belgilaydi
PF-6243-son Farmon	Yer munosabatlarida shaffoflik, tenglik va huquqlar kafolatini kuchaytiradi
PF-15-son Farmon	Qishloq xo‘jaligi yerlarini elektron onlayn-auksion orqali uzoq muddatli ijaraga berish tartibini belgilaydi
“Raqamli O‘zbekiston - 2030” strategiyasi	Kadastr va yer monitoringi ma’lumotlarini raqamli boshqaruvga integratsiya qilishga asos yaratadi

Fermer xo‘jaliklariga yer ajratishni takomillashtirishda eng muhim masalalardan biri yer ajratishdan keyingi monitoringni kuchaytirishdir. Amaliyotda yer ajratish ko‘pincha ma’lum bir huquqiy qaror bilan yakunlangandek ko‘rinadi. Aslida esa yer uchastkasi ajratilgandan keyin undan maqsadli foydalanish, belgilangan xo‘jalik yo‘nalishi bo‘yicha ishlab chiqarish tashkil etilishi, yerning meliorativ holati yomonlashmasligi va kadastr ma’lumotlari muntazam yangilanib borishi talab etiladi.

Qorovulbozor tumani misolida bu masala yanada dolzarbdir. Chunki hududda sug‘oriladigan ekin maydonlari cheklangan, suv ta’minoti esa yer samaradorligini belgilovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Shuning uchun fermer xo‘jaligiga yer ajratilgandan so‘ng ushbu yerning belgilangan maqsadda foydalanilayotgani, ekin turi, hosildorlik holati, suvdan foydalanish tartibi va meliorativ barqarorligi monitoring asosida kuzatib borilishi kerak.

Yer ajratishni takomillashtirishda tashkiliy yondashuvlar muhim ahamiyatga ega. Avvalo, yer uchastkasi auksion yoki boshqa qonuniy mexanizm orqali muomalaga chiqarilishidan oldin uning kadastr ma’lumotlari to‘liq aniqlashtirilishi lozim. Keyingi bosqichda ushbu yerning amaldagi foydalanish holati, bo‘sh yoki bandligi, meliorativ tavsifi va suv bilan ta’minlanish imkoniyati monitoring ma’lumotlari asosida baholanishi zarur. Shundan so‘ng yer uchastkasi qaysi turdagi fermer xo‘jaligi uchun maqbul ekanligi aniqlanadi. Bu yondashuv yer ajratishda tasodifiylikni kamaytiradi va hududning agrar ixtisoslashuvini kuchaytiradi.

Qorovulbozor tumanida bog‘dorchilik va uzumchilik yo‘nalishidagi fermer xo‘jaliklari mavjud bo‘lsa-da, ular umumiy fermer xo‘jaliklari tarkibida yetakchi ulushni

egallamaydi [12]. Shu sababli mazkur yo‘nalishlarga yer ajratishda faqat umumiy yer mavjudligiga emas, balki uzoq muddatli plantatsiyalar uchun mos tuproq, suv, meliorativ va infratuzilmaviy sharoitlarga e’tibor qaratish lozim. Bu jarayonda kadastr va monitoring ma’lumotlari qaror qabul qiluvchi organlar uchun ilmiy-amaliy asos vazifasini bajaradi.

Yer ajratish jarayonini takomillashtirishning yana bir muhim jihati idoralararo axborot almashinuvini kuchaytirishdir. Kadastr organlari, suv xo‘jaligi tashkilotlari, qishloq xo‘jaligi bo‘limlari, mahalliy hokimliklar va soliq organlari yuritayotgan ma’lumotlar bir-biri bilan mos kelmasa, yer ajratish jarayonida noaniqliklar yuzaga keladi. Shu bois har bir yer uchastkasi bo‘yicha kadastr, suv, meliorativ va iqtisodiy ma’lumotlar yagona elektron axborot muhitida shakllantirilishi maqsadga muvofiqdir.

Xulosa: Qorovulbozor tumani sharoitida fermer xo‘jaliklariga yer ajratishni takomillashtirish yer fondining miqdoriy mavjudligidan ko‘ra, uning kadastr aniqligi, huquqiy maqomi, suv bilan ta’minlanganligi, meliorativ holati va amaldagi foydalanish darajasini kompleks baholash bilan bevosita bog‘liqdir. Tumanda ekin ekiladigan yerlar ulushining cheklanganligi va suv resurslariga bog‘liqlik yer ajratish jarayonida kadastr va monitoring ma’lumotlaridan foydalanish zaruratini kuchaytiradi.

Davlat yer kadastri fermer xo‘jaliklariga yer ajratishning huquqiy va axborot asosini shakllantiradi. Yer monitoringi esa ajratilayotgan yoki foydalanilayotgan yer uchastkasining real holatini aniqlash, past samarali, foydalanilmayotgan yoki maqsadsiz foydalanilayotgan maydonlarni belgilash imkonini beradi. Shu sababli yer ajratish jarayonida kadastr va monitoring ma’lumotlari yagona boshqaruv tizimi sifatida qo‘llanishi lozim.

Normativ-huquqiy asoslar tahlili shuni ko‘rsatadiki, Yer kodeksi, “Davlat yer kadastri to‘g‘risida”gi Qonun, “Davlat kadastrlari to‘g‘risida”gi Qonun, PF-6243 va PF-15-son Farmonlar fermer xo‘jaliklariga yer ajratishda qonuniylik, shaffoflik, huquqiy aniqlik va elektron boshqaruv tamoyillarini mustahkamlaydi. Mazkur huquqiy baza amaliyotda kadastr ma’lumotlari, yer monitoringi, suv xo‘jaligi axboroti va meliorativ kuzatuvlarni birlashtirgan holda qo‘llangandagina yuqori samaradorlik beradi.

Fermer xo‘jaliklariga yer ajratishda har bir yer uchastkasining kadastr pasporti, monitoring natijalari, meliorativ tavsifi va infratuzilmaviy imkoniyatlari oldindan baholanishi zarur. Bunday yondashuv yer resurslaridan oqilona foydalanish, agrar ixtisoslashuvni kuchaytirish, investitsion jozibadorlikni oshirish va Qorovulbozor tumani sharoitida qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishini barqaror rivojlantirishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasining Yer kodeksi. 30.04.1998. Lex.uz.

2. O‘zbekiston Respublikasining “Davlat yer kadastri to‘g‘risida”gi Qonuni. 28.08.1998, 666-I-son. Lex.uz.

3. O‘zbekiston Respublikasining “Davlat kadastrlari to‘g‘risida”gi Qonuni. 15.12.2000, 171-II-son. Lex.uz.

4. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Yer munosabatlarida tenglik va shaffoflikni ta’minlash, yerga bo‘lgan huquqlarni ishonchli himoya qilish va ularni bozor aktiviga aylantirish chora-tadbirlari

to‘g‘risida”gi Farmoni. 08.06.2021, PF-6243-son. Lex.uz.

5. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yer uchastkalarini ijaraga berish tartibini takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi Farmoni. 18.01.2024, PF-15-son. Lex.uz.

6. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Raqamli O‘zbekiston - 2030 strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi Farmoni. 05.10.2020, PF-6079-son. Lex.uz.

7. O‘zbekiston Respublikasining “Fermer xo‘jaligi to‘g‘risida”gi Qonuni. Lex.uz.

8. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining “Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallanmagan yer uchastkalarini xususiylashtirish bo‘yicha davlat xizmatlari ko‘rsatishning ma’muriy reglamentlarini tasdiqlash to‘g‘risida”gi qarori. 14.02.2022, 71-son. Lex.uz.

9. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining “Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yer uchastkalarini ijaraga berish tartibiga doir normativ-huquqiy hujjatlarni tasdiqlash to‘g‘risida”gi qarori. 24.11.2021, 709-son. Lex.uz.

10. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “O‘zbekiston - 2030 strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni. 11.09.2023, PF-158-son. Lex.uz.

11. Davlat kadastrlari palatasi materiallari. Rasmiy axborot manbalari.

1. 12. Bog‘dorchilik-uzumchilik yo‘nalishidagi fermer xo‘jaliklariga yer ajratishni rivojlantirish: Qorovulbozor tumani misolida. Bitiruv malakaviy ishi materiallari. Buxoro, 2026.*Adv. Res. Sci. Eng. Technol.* **7 (3)** 13145–13150

UDK: 332.33:528.4

YER RESURSLARINI BOSHQARISHNI DAVLAT TOMONIDAN TARTIBGA SOLISH – BARQAROR IQTISODIYOT KAFOLATI

Kubayev Djasur Abdumuminovich *- TIQXMMI MTU mustaqil izlanuvchisi, j.kubayev@tiiame.uz ORCID 0009-0002-1159-3107*

Annotatsiya. *Maqolada yer resurslarini boshqarish, uning mamlakat iqtisodiyotidagi ahamiyati, oziq-ovqat xavfsizligini yechishdagi o‘rni haqida batafsil bayon etilgan. Mamlakat yer resurslarining bugungi holati va uning samaradorligini ta’minlashga qaratilgan fikrlar keltirilgan.*

Kalit so‘zlar. *Yer, yer resurslari, boshqaruv, yer resurslarini boshqarish, samaradorlik, yer egaligi, mulkchilik.*

Kirish. Yer resurslarini boshqarishni barqaror sur’atlar bilan rivojlantirish va raqobatbardoshligini yuksaltirishga imkon yaratuvchi shart-sharoitlar orasida iqtisodiyotning mazkur tarmog‘ini davlat tomonidan tartibga solish masalalari alohida ahamiyatga ega. Agrar sektorda innovatsion va investitsion jozibadorlikning nisbatan pastligi va kapitalning sekin aylanishi, yer resurslari va qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishining tabiiy-iqlimiy shart-sharoitlar (geografik joylashuv, ob-havo, ekologik muvozanat holati, suv toshqini, jala, do‘l, qurg‘oqchilik kabi tabiiy ofatlar) ta’siriga bog‘liqliligi natijasida sohada ishlab chiqarishni amalga oshirishning tavakkalchilikka o‘ta moyilligi davlat tomonidan agrar-iqtisodiy siyosatni olib borishda har

tomonlama puxta o‘ylangan va tizimli yondashuvni talab etadi. Bu sohani har tomonlama qo‘llab-quvvatlashga qaratilgan bunday siyosatning yuritilishi tarmoqda risklarni yumshatish, uning raqobatbardoshligini oshirish, uzoq muddatli iqtisodiy o‘sish sur’atlarini ta’minlash va mamlakatning oziq-ovqat xavfsizligini mustahkamlashga yordam beradi.

Mamlakatimizda mustaqillik yillarida amalga oshirilgan tub iqtisodiy islohotlar natijasi o‘laroq, yerga nisbatan mulkchilik va xo‘jalik yuritish shakllarining tubdan yangilanishi oqibatida takror ishlab chiqarish jarayonini boshqarish shakllari va usullari tubdan o‘zgardi. Bunday sharoitda iqtisodiyotni davlat tomonidan boshqarish va tartibga solishda yangicha yondashuvlar vujudga kelmoqda.

Respublikamiz iqtisodiyotining tubdan intensiv rivojlanish yo‘lida burilishi, barcha soha va tarmoqlarga ilmiy-texnika taraqqiyotining jadal tadbiq etilishi, yagona iqtisodiy organizm sifatida agrosanoat majmuasining faoliyat ko‘rsatishi, yerdan foydalanishda yangi va ustuvor yo‘nalishlarni tadbiq etishni talab qiladi. Bunday sharoitda yerdan foydalanishni tashkil etishni boshqarish, rejalashtirish, agrosanoat majmuasining barcha yo‘nalishlarida resurslar tejamkorligini ta’minlaydigan texnologiyalarni joriy etishni taqozo etadi.

Bozor munosabatlarining qaror topishi sharoitida yerlarni davlat boshqaruvining qulay majmuali uslublarini qo‘llash va byudjet daromadlarini ko‘paytirishni ta’minlovchi, yerdan foydalanishni samarali boshqarish ayniqsa muhim ahamiyatga ega. Shu bilan birga davlat boshqaruvida yer munosabatlarining yagona tartibini o‘rnatish, ijara haqini belgilashda oqilona uslublarni ishlab chiqish, yer bozori holatini aniq aks ettiradigan mintaqa iqtisodiyotining holati va undagi jarayonlarni boshqarish tizimida, yer ijarasi siyosatida tadbirlar majmuasini shakllantirishning birlamchiligini hisobga olish ham katta ahamiyatga ega.

Mavzuning o‘rganilganlik darajasi. Yer resurslaridan samarali foydalanishni boshqarish uni rejalashtirish, oqilona tuzish, kadastrlash, monitoringini amalga oshirish, tashkiliy - iqtisodiy mexanizmlarini takomillashtirish, qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishning samaradorligini oshirishga, milliy agrar iqtisodiyotning raqobatbardoshligini oshirish hamda innovatsion rivojlanishiga, qishloqda yangi ish joylarini yaratish, yoshlarning bandligini ta’minlashga, aholining turmush darajasini oshirishga xizmat qiladi va shu sababli bu muammoni tadqiq etish dolzarb hisoblanadi. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, yurtimizda qishloq xo‘jaligini, xususan yer resurslarini boshqarishni davlat tomonidan tartibga solish va qo‘llab-quvvatlashning bozor tamoyillariga mos keluvchi samarali tizimini shakllantirishning nazariy-uslubiy asoslari kompleks yondashilgan holda to‘liq o‘rganib chiqilmagan. Bu boradagi ilmiy tadqiqotlar endigina boshlanib, o‘rganilmoqda. O‘rganishlar asosida rivojlangan xorijiy davlatlarda yer resurslarini boshqarishning davlat tomonidan tartibga solish va qo‘llab-quvvatlashning keng qamrovli va samarali tizimga solinganini ko‘rish mumkin. Xossatan, bu borada Yevropa Ittifoqining yagona agrar siyosati doirasidagi, shuningdek, AQSH, XXR, Rossiya Federatsiyasi va boshqa bir qator rivojlangan mamlakatlarda to‘plangan tajribalar diqqatga

sazovordir. Shuningdek, bugungi kunda Jahon savdo tashkiloti (JST) bitimlari doirasida agrar sektorni davlat tomonidan tartibga solish va qo‘llab-quvvatlashga qo‘yiladigan talablarni o‘rganish muhim ahamiyat kasb etib bormoqda. Ko‘plab mahalliy va xorijiy olimlarning ilmiy-tadqiqot ishlari yer munosabatlarini tartibga solishning nazariy va uslubiy masalalariga bag‘ishlangan. Jumladan, bu borada O‘zbekistonlik iqtisodchi olimlardan A.Bozorov [2], S.Avezbayev [3], S.Jalolov [4], G.Tolipov [5], Q.Choriyev [6], B.Sultonov [7] va boshqalarning ilmiy izlanishlarida keng o‘rin olgan. Biroq zamonaviy sharoitda agrosanoat majmuasini boshqarish tizimida yer munosabatlarini tartibga solish, cheklangan yer resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirishning bir qator masalalari yetarli darajada o‘rganilmagan.

Tadqiqot metodologiyasi. O‘rganilayotgan tadqiqot ishi mamlakatimizda iqtisodiyotning asosiy tarmoqlaridan biri bo‘lgan yer resurslarini boshqarishni tadqiq etish va shu asosida mazkur sohada o‘z yechimini kutayotgan masalalarni hal etishga qaratilgan. Bunda tahlil, qiyoslash, monografik tahlil va jarayonli yondoshuv usullaridan foydalanildi.

Tahlil va natijalar. Yer resurslari – bu aholining tarixiy joylashuvi va hayoti hamda faoliyatini ta’minlovchi hudud, makon va tabiiy bazasigina bo‘lib qolmay, balki boshqarishning murakkab ijtimoiy-ekologik-iqtisodiy obyekti hamdir. Shunga ko‘ra yer resurslarini xo‘jalik aylanmasidagi samaradorligini oshirish, ulardan oqilona foydalanish qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishi sohasida iqtisodiy-huquqiy munosabatlar transformatsiyasi sharoitida amalga oshirilishini hisobga olib, ularni boshqarish prinsiplari, tuzilma va mohiyatiga ko‘ra ijtimoiy-ekologik-iqtisodiy jarayonlarni tabiiy-xo‘jalik tizimi sifatida nazariy asoslash va amaliyotga tatbiq qilish yagona metodologik yondashuvni faraz qiladi.

O‘zbekiston Respublikasida amalga oshirilgan tub iqtisodiy islohotlar jamiyat a’zolari uchun farovon turmush tarzini yaratishga qaratilgan samarali bozor iqtisodiyotini shakllantirishdan iborat. Bozor o‘zining minglab yillik tarixiga ega bo‘lib, u takror ishlab chiqarish jarayonining barcha jabhalari, ya’ni ishlab chiqarish, taqsimlash, ayirboshlash va iste’mol sohasida o‘z samaradorligini va intensivligini isbotlab kelmoqda. Shu bilan birga real bozor iqtisodiyoti o‘zining dastlabki shakllanish bosqichlaridan to hozirgi kunga qadar davlatning aralashuvidan xoli bo‘lmagan, ya’ni davlatchilik bilan birga rivojlangan va mustahkamlangan.

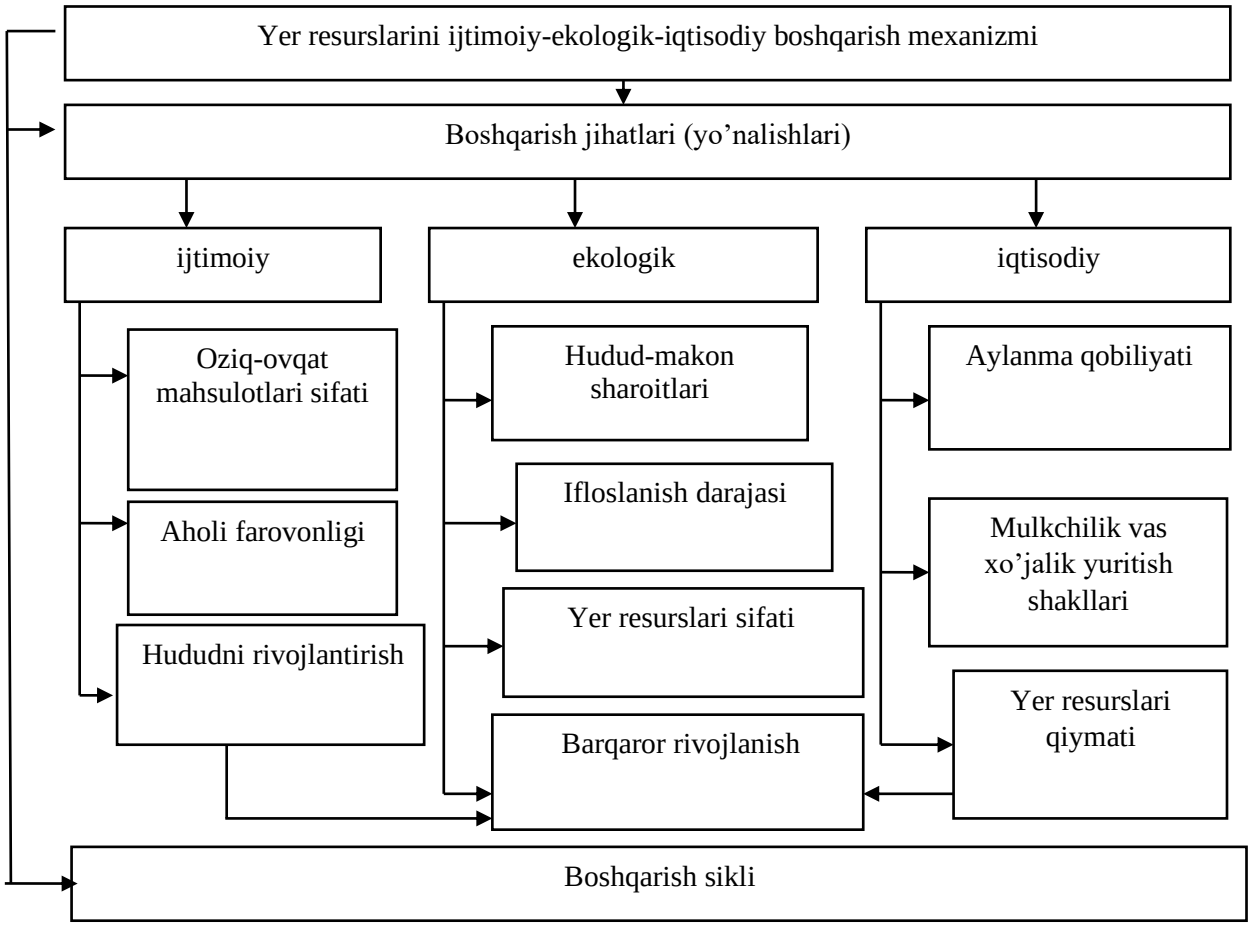
Yer resurslarini boshqarishni davlat tomonidan tartibga solish tizimini tadqiq etishdan oldin iqtisodiyotni davlat tomonidan tartibga solish zarurati va xususiyatlarini o‘rganib chiqish lozim. Chunki qishloq xo‘jaligini davlat tomonidan tartibga solish tizimi umumiqtisodiyotni tartibga solish tamoyillari va qoidalari doirasida shakllanadi.

Yer resurslarini boshqarish – bu yer resurslariga jamiyat va davlatning yer resurslarini foydalanishda ularning samaradorligini oshirish uchun muntazam, ongli va aniq maqsadga qaratilgan ta’sir ko‘rsatishidir.

Yer munosabatlarining obyekti yer resurslaridir. Yer resurslarini boshqarish esa ulardan foydalanishni rejalashtirish, tashkillashtirish, tartibga solish va nazorat qilishdan iborat bo‘lishi kerak.

O‘zbekistonda yer resurslarini boshqarish, davlat yer fondidan

oqilona foydalanishni ta’minlash va tashkillashtirish maxsus vakolatga ega bo‘lgan davlat organlari tomonidan amalga oshiriladi [1].



1-rasm. Yer resurslarini boshqarish ijtimoiy-ekologik-iqtisodiy mexanizmining tuzilmaviy sxemasi

Yuqoridagilarga tayanib, tadqiqotda yer resurslarini boshqarishning ijtimoiy-ekologik-iqtisodiy mexanizmi qishloq xo‘jaligi sohasida boshqarish qarorlarini qabul qilish tuzilmalar yig‘indisi, muolajalari va instrumentlarini o‘zida ifoda qiluvchi xo‘jalik yuritish subyektlarining iqtisodiy manfaatlari, aholining ekologik ehtiyojlarini qondirish va hududning ijtimoiy sohasini rivojlantirishni ta’minlash vositasi sifatida aniqlanadi.

Innovatsion yangiliklar va takomillashtirishlar kapital xarajatlarni orttiradi, lekin bu narsa qishloq xo‘jaligida yer resurslarini boshqarishda energiya va resurs tejaydigan texnologiyalarni joriy qilish hisobiga yillik xarajatlarni sezilarli darajada qisqartirish imkonini beradi. Bunda agrar sektorda yerdan foydalanishni loyihalash va tashkil etish jarayonlarini boshqarishda innovatsiyalar mos holdagi modellarni ishlab chiqish va amalga oshirish bilan bog‘liq bo‘lishi zarur. Geoaxborot texnologiyalari va telekommunikatsiyalarni jadal rivojlantirish, ishlab chiqarish jarayonlarini zamonaviy texnika bilan intensiv qurollantirish, dasturiy ta’minot asosida birlamchi materiallarni miqdor va sifat jihatidan baholash bo‘yicha elektron va bosma shaklida ma’lumotlar bazasi va bankini barpo qilish, loyihalashtirish faoliyatidan avtomatlashtirilgan loyihalashtirish tizimiga o‘tishni, qishloq xo‘jaligida yerdan

foydalanishni tashkil etish jarayonlarini boshqarishda esa ustun darajada dasturiy-maqsadli modellashtirishga o‘tishni taqozo qiladi.

Xulosa. Qishloq xo‘jaligida yerdan foydalanishni yuqori darajada samarali tashkil etishning asosiy shartlari quyidagilardan iborat deb hisoblaymiz:

birinchidan, yerga egalik qilish va undan foydalanishda davlatning faol aralashuvi bilan bog‘liq. Davlat yer bilan bog‘liq barcha sohada aniq maqsadlarni belgilashi va ularning amalga oshirilishini tartibga solishi, iqtisodiy samaradorlik ko‘rsatkichlarini belgilashi va ularga erishilishini obyektiv baholashi lozim;

ikkinchidan, zamonaviy ilm-fan yutuqlaridan yer resurslarini boshqarish va yer munosabatlari sohasida keng foydalanish lozim;

uchinchidan, qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan, ayniqsa sug‘oriladigan yerlarining ko‘p qismini davlat mulkida saqlash mamlakatning oziq-ovqat suverenitetini ta’minlashning yagona mumkin bo‘lgan shartidir;

to‘rtinchidan, anchagina muhim bo‘lgan shart - bu yerga egalik qilish, yerdan foydalanish va ijara mexanizmlarini shakllantirishda mintaqalarning tabiiy, iqtisodiy, ijtimoiy, tarixiy, ekologik va boshqa xususiyatlarini hisobga olish hisoblanadi.

Umuvnan olganda, yerdan foydalanishning iqtisodiy samaradorligini baholash ko'rsatkichlarini tanlashda uslubiy yondashuvlarning kengligi va xilma-xilligiga e’tibor qaratish lozim. Chunki, yerdan foydalanish samaradorligini baholash uchun aniq uslubni tanlash va zaruriy ko'rsatkichlar tizimini shakllantirish – bu yer resurslarini barqaror boshqarishda muhim omil sanaladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Q. Rahmonov, Sh.K. Narbayev, Z.M. Muqimov. Yer resurslarini boshqarish O’quv qo’llanma, T.TIQXMMI, 2018. – 154 b.
2. Базаров А.К. Системный подход в воспроизводстве орошаемых земель//O‘zbekiston qishloq xo‘jaligi. -Toshkent, 2005.-№10. - B. 26 -27 .
3. Авезбаев С.А. Рациональное использование земель в низовях Амударьи. — Ташкент: Мехнат, 1990. 156 с.
4. Джалалов С.У. Орошаемое земледелие в условиях дефицита водных ресурсов. Ташкент, 2000. - 200 с.
5. Талипов Г.А. Земельные ресурсы Узбекистана и проблемы их рационального использования.- Ташкент, 1992. 236 с.
6. Choriyev Q.A.. Sultanov B., Yunusov 1. (2015) “Sug'oriladigan yerlardan foydalanish samaradorligini baholashning muhim jihatlari” . Irrigation and Melioration: Vol. 2015: Iss. 3, Article 14.

Sultanov.B.F. Qishloq x o ‘jaligida meliorativ tadbirlar samaradorligini oshirishning ilmiy-uslubiy asostarini takomillashtirish. diss. avt. i.f.d.(DSc) -T .. 2020-y.

UDK: 631.8:004.9:528.8

FOSFORLI MINERAL O‘G‘ITLARDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGINI GEOAXBOROT TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA BAHOLASH VA OPTIMALLASHTIRISH

Xakimova K.R. *- Farg‘ona davlat texnika universiteti, dotsent*
Otakuziyeva V.U. *- Qo `qon davlat universiteti, dotsent*

Jalolova M.M. *- SDAQU, doktorant*

Annotatsiya. *Mazkur maqolada fosforli mineral o‘g‘itlardan foydalanish samaradorligini geoaxborot texnologiyalari asosida baholash va optimallashtirish masalalari yoritilgan. Tadqiqot davomida geoaxborot tizimlari (GAT), masofadan zondlash texnologiyalari, agroximik xaritalash hamda sun’iy intellekt algoritmlaridan foydalanish orqali tuproqdagi fosfor miqdorini monitoring qilish, o‘g‘it me’yorlarini hududlar kesimida aniqlash va hosildorlikka ta’sirini baholash imkoniyatlari tahlil qilindi. Shuningdek, differensial o‘g‘itlash texnologiyalarini joriy etish, yer resurslaridan oqilona foydalanish va qishloq xo‘jaligida resurs tejamkor boshqaruv tizimlarini rivojlantirish istiqbollari ko‘rib chiqildi.*

Kalit so‘zlar: *fosforli o‘g‘itlar, geoaxborot tizimi, agroximik xaritalash, masofadan zondlash, sun’iy intellekt, differensial o‘g‘itlash, tuproq unumdorligi, hosildorlik, monitoring, optimallashtirish.*

Аннотация. *В данной статье рассмотрены вопросы оценки и оптимизации эффективности применения фосфорных минеральных удобрений на основе геоинформационных технологий. В ходе исследования проанализированы возможности мониторинга содержания фосфора в почве, определения норм внесения удобрений в разрезе территорий и оценки их влияния на урожайность с использованием геоинформационных систем (ГИС), технологий дистанционного зондирования Земли, агрохимического картографирования и алгоритмов искусственного интеллекта. Также рассмотрены перспективы внедрения технологий дифференцированного внесения удобрений, рационального использования земельных ресурсов и развития ресурсосберегающих систем управления в сельском хозяйстве.*

Ключевые слова*: фосфорные удобрения, геоинформационная система (ГИС), агрохимическое картографирование, дистанционное зондирование Земли, искусственный интеллект, дифференцированное внесение удобрений, плодородие почв, урожайность, мониторинг, оптимизация.*

Abstract. *This article discusses the assessment and optimization of the efficiency of phosphorus mineral fertilizer application based on geoinformation technologies. During the research, the possibilities of monitoring phosphorus content in soils, determining fertilizer application rates across different territories, and evaluating their impact on crop productivity were analyzed using Geographic Information Systems (GIS), remote sensing technologies, agrochemical mapping, and artificial intelligence algorithms. In addition, the prospects for implementing variable-rate fertilization technologies, rational utilization of land resources, and the development of resource-efficient management systems in agriculture were examined.*

Keywords: *phosphorus fertilizers, Geographic Information System (GIS), agrochemical mapping, remote sensing, artificial intelligence, variable-rate fertilization, soil fertility, crop productivity, monitoring, optimization.*

Kirish. Bugungi kunda dunyo miqyosida oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash, qishloq xo‘jaligi mahsulotlari ishlab chiqarish hajmini oshirish hamda tuproq unumdorligini saqlash eng dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortib borishi, sug‘oriladigan yer maydonlarining qisqarishi va global iqlim o‘zgarishlari mavjud yer resurslaridan samarali foydalanishni talab etmoqda. Shu sababli qishloq xo‘jaligida zamonaviy raqamli texnologiyalar, xususan geoaxborot tizimlari (GAT), masofadan zondlash va sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etmoqda. Qishloq xo‘jaligida fosforli mineral o‘g‘itlar ekinlarning o‘sishi, ildiz tizimining rivojlanishi, energiya almashinuvi va hosildorlikni oshirishda muhim omil hisoblanadi. Fosfor o‘simlik organizmida ATP sintezi, fotosintez jarayonlari hamda generativ organlarning shakllanishida faol ishtirok etadi. Fosfor yetishmovchiligi natijasida o‘simliklarning rivojlanishi sustlashadi, hosildorlik kamayadi va mahsulot sifati pasayadi. Shu sababli fosforli o‘g‘itlardan samarali foydalanish qishloq xo‘jaligida strategik ahamiyatga ega.

Hozirgi davrda tuproq unumdorligini baholash va o‘g‘it me’yorlarini aniqlashda geoaxborot texnologiyalaridan foydalanish keng rivojlanmoqda. Geoaxborot tizimlari yordamida agroximik xaritalar yaratish, tuproqdagi fosfor miqdorini hududlar kesimida tahlil qilish va differensial o‘g‘itlash tizimlarini joriy etish imkoniyati paydo bo‘lmoqda. Masofadan zondlash texnologiyalari yordamida ekinlarning vegetatsion holati, tuproq namligi va agroekologik jarayonlarni real vaqt rejimida monitoring qilish mumkin.

Birlashgan Millatlar Tashkilotining oziq-ovqat va qishloq xo‘jaligi tashkiloti (FAO) ma’lumotlariga ko‘ra, 2050-yilga borib dunyo aholisi soni 9 milliarddan oshishi prognoz qilinmoqda. Bu esa qishloq xo‘jaligi mahsulotlariga bo‘lgan talabni keskin oshiradi. Mazkur vaziyatda mineral o‘g‘itlardan ilmiy asosda foydalanish, resurs tejamkor agrotexnologiyalarni joriy etish va raqamli boshqaruv tizimlarini rivojlantirish muhim ahamiyat kasb etadi. O‘zbekiston Respublikasida ham qishloq xo‘jaligini modernizatsiya qilish, yer resurslarini raqamlashtirish va agrotexnologik jarayonlarga zamonaviy texnologiyalarni joriy etish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri sifatida belgilangan. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi PF–6079-son Farmoni bilan tasdiqlangan “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasida qishloq xo‘jaligi va yer resurslarini boshqarish tizimini raqamlashtirish, geofazoviy ma’lumotlar infratuzilmasini rivojlantirish va sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanishni kengaytirish vazifalari belgilangan. Shuningdek, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF–60-son Farmoni bilan tasdiqlangan “Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi”da qishloq xo‘jaligida suv va yer resurslaridan samarali foydalanish, agrotexnologik jarayonlarni raqamlashtirish hamda ekologik barqarorlikni ta’minlash ustuvor vazifalar qatoriga kiritilgan.

Mavzuning dolzarbligi shundaki, O‘zbekiston sharoitida tuproq sho‘rlanishi, fosfor tanqisligi, suv resurslarining cheklanganligi va yer degradatsiyasi kabi muammolar mavjud bo‘lib, ular hosildorlikka salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Shu sababli fosforli mineral o‘g‘itlardan

foydalanishni geoaxborot texnologiyalari asosida monitoring qilish, differensial o‘g‘itlash tizimlarini joriy etish va resurslardan oqilona foydalanishni optimallashtirish muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

Material va metodlar. Mazkur tadqiqotda fosforli mineral o‘g‘itlardan foydalanish samaradorligini baholash va optimallashtirish maqsadida geoaxborot tizimlari (GAT), masofadan zondlash texnologiyalari, agroximik tahlil usullari hamda sun’iy intellekt algoritmlaridan kompleks tarzda foydalanildi. Tadqiqot jarayonida qishloq xo‘jaligi yerlarining agroekologik holatini aniqlash, tuproqdagi fosfor miqdorini baholash va hosildorlik ko‘rsatkichlarini tahlil qilish ishlari amalga oshirildi. Tadqiqotning asosiy ma’lumot manbalari sifatida sun’iy yo‘ldosh tasvirlari, agroximik tuproq tahlillari, meteorologik kuzatuv ma’lumotlari, hosildorlik ko‘rsatkichlari, elektron kadastr xaritalari hamda GIS bazalaridan foydalanildi. Masofadan zondlash texnologiyalari asosida ekin maydonlarining vegetatsion holati, tuproq namligi va fosfor taqsimoti monitoring qilindi. Tadqiqot davomida Sentinel-2, Landsat-8 va MODIS sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari asosida vegetatsiya indekslari hisoblandi. Jumladan, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) va EVI (Enhanced Vegetation Index) indekslari yordamida ekinlarning rivojlanish darajasi, biomassa miqdori hamda tuproq unumdorligi baholandi.

$$NDVI=NIR−RED/NIR+RED$$

Bu formulada NIR yaqin infraqizil diapazonni, RED esa qizil diapazon ko‘rsatkichlarini ifodalaydi. Mazkur indeks yordamida o‘simliklarning vegetatsion holati va fotosintez faolligi aniqlanadi. Geoaxborot tizimlari asosida agroximik xaritalar yaratilib, tuproqdagi fosfor miqdori hududlar kesimida tahlil qilindi (1-jadval).

1-jadval.

Fosfor miqdori va hosildorlik ko‘rsatkichlari

Hudud	Tuproqdagi fosfor (mg/kg)	NDVI	Hosildorlik (s/ga)
Farg‘ona tumani	18	0.67	52
Qo‘qon hududi	14	0.58	46
Marg‘ilon hududi	10	0.49	39

Shuningdek, differensial o‘g‘itlash texnologiyalari qo‘llanilib, har bir yer maydoni uchun optimal fosforli o‘g‘it me’yorlari ishlab chiqildi. Bu esa o‘g‘itlardan foydalanish samaradorligini oshirish va resurslarni tejash imkonini berdi. Tadqiqot davomida sun’iy intellekt algoritmlaridan foydalanilib, tuproqdagi fosfor miqdorini prognozlash, hosildorlikni modellashtirish, o‘g‘it me’yorlarini optimallashtirish, degradatsiyaga uchragan maydonlarni aniqlash hamda resurslardan foydalanish samaradorligini baholash ishlari amalga oshirildi. Mashinaviy o‘qitish algoritmlari yordamida katta hajmdagi geofazoviy ma’lumotlar qayta ishlanib, tuproq unumdorligi, namlik darajasi va hosildorlik o‘rtasidagi bog‘liqliklar aniqlandi. Tadqiqotda ArcGIS, QGIS va Google Earth Engine platformalaridan foydalanildi. Statistik tahlillar regressiya, klasterlash va klassifikatsiya usullari asosida bajarildi. Olingan natijalarni umumlashtirishda grafik, diagramma va elektron xaritalash usullaridan

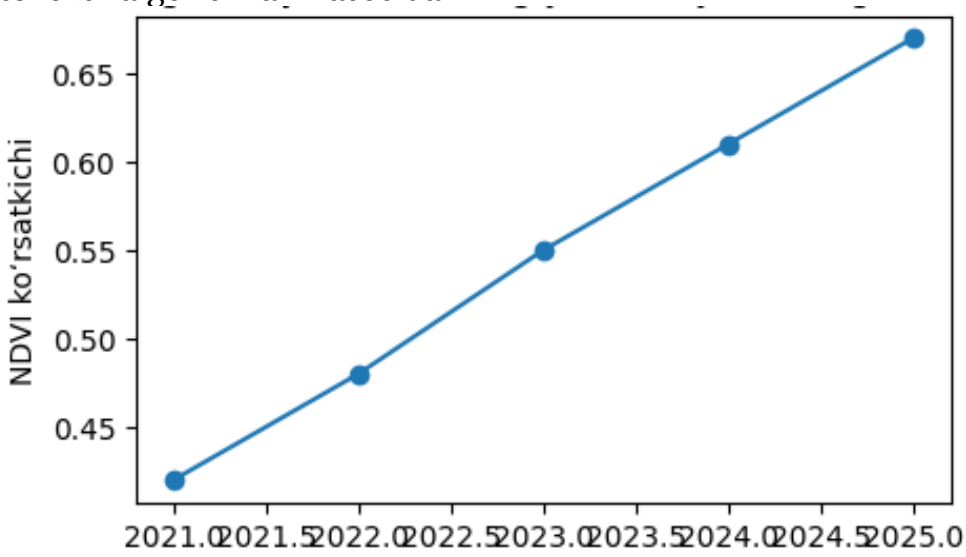
foydalanilib, qishloq xo‘jaligi yerlaridan samarali foydalanishni optimallashtirish bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi.

Natijalar va ularning tahlili. Tadqiqot natijalari geoaxborot texnologiyalari va sun’iy intellekt algoritmlaridan foydalanish fosforli mineral o‘g‘itlardan foydalanish samaradorligini sezilarli darajada oshirishini ko‘rsatdi. Masofadan zondlash ma’lumotlari asosida olib borilgan monitoring natijalariga ko‘ra, ayrim hududlarda tuproqdagi fosfor miqdori me’yoriy darajadan 25–30 % past ekanligi aniqlandi. Shu bilan birga, tuproq sho‘rlanishi yuqori bo‘lgan hududlarda fosforning o‘simlik tomonidan o‘zlashtirilish darajasi sezilarli kamayishi kuzatildi. Geoaxborot tizimlari asosida yaratilgan agroximik xaritalar tuproq unumdorligi va fosfor taqsimotini hududlar kesimida aniq baholash imkonini berdi. Natijada differensial o‘g‘itlash tizimlarini joriy etish orqali fosforli o‘g‘itlardan foydalanish samaradorligini oshirishga erishildi. Sun’iy intellekt algoritmlari asosida hosildorlik prognozlarini ishlab chiqish natijasida quyidagi ko‘rsatkichlar kuzatildi. Mineral o‘g‘itlardan foydalanish samaradorligi 15–20 % oshdi, suv sarfi 18–25 % kamaydi, hosildorlik prognozi aniqligi 85–90 % gacha yetdi, ekin hosildorligi o‘rtacha 10–15 % oshdi, agrotexnologik xarajatlar kamaydi.

Vegetatsiya indekslari asosida olib borilgan monitoring natijasida NDVI ko‘rsatkichlari yuqori bo‘lgan hududlarda ekinlarning rivojlanish darajasi yaxshi ekanligi, past ko‘rsatkichli maydonlarda esa fosfor tanqisligi va namlik yetishmovchiligi mavjudligi aniqlandi.

$$SAVI=(NIR-RED)(1+L)/NIR+RED+L$$

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, differensial o‘g‘itlash texnologiyalarini qo‘llash orqali ortiqcha o‘g‘it sarfi kamayib, resurslardan oqilona foydalanish imkoniyati yaratildi. Bundan tashqari, GIS texnologiyalari yordamida yer resurslarini hududiy monitoring qilish agroekologik xavf omillarini erta aniqlashga xizmat qildi (1-rasm).



1-rasm. *Vegetatsiya indekslari dinamikasi*

Sun’iy intellekt asosidagi monitoring tizimlari yordamida agrotexnik tadbirlarni optimal muddatlarda amalga oshirish, zararkunandalar va kasalliklarni erta aniqlash imkoniyati yaratildi. Bu esa hosil yo‘qotishlarini kamaytirish va

iqtisodiy samaradorlikni oshirishga xizmat qildi.

Xulosalar. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, geoaxborot texnologiyalari va sun’iy intellekt tizimlari fosforli mineral o‘g‘itlardan foydalanish samaradorligini oshirishda muhim ilmiy-amaliy vosita hisoblanadi. Geoaxborot tizimlari yordamida agroximik xaritalash, tuproqdagi fosfor miqdorini monitoring qilish va differensial o‘g‘itlash tizimlarini joriy etish imkoniyati yaratildi (2-jadval).

2-jadval.
Geoaxborot texnologiyalarining amaliy samaradorligi

Ko‘rsatkich	An’anaviy usul	Geoaxborot texnologiyasi
O‘g‘it sarfi	100%	78%
Suv sarfi	100%	75%
Hosildorlik aniqligi	65%	90%
Monitoring tezligi	Past	Yuqori

Masofadan zondlash texnologiyalari esa yer resurslari holatini real vaqt rejimida nazorat qilish va agroekologik muammolarni tezkor aniqlashga xizmat qildi. Sun’iy intellekt algoritmlaridan foydalanish hosildorlik prognozlari aniqligini oshirish, o‘g‘it me’yorlarini optimallashtirish va resurslardan foydalanish samaradorligini yaxshilash imkonini berdi.

Tadqiqot natijalari asosida quyidagi xulosalarga kelindi. fosforli o‘g‘itlardan foydalanish samaradorligini GIS texnologiyalari asosida oshirish mumkin, differensial o‘g‘itlash tizimlari resurs tejamkor boshqaruvni ta’minlaydi, agroximik monitoring hosildorlikni oshirishda muhim omil hisoblanadi, sun’iy intellekt texnologiyalari agrotexnologik jarayonlarni avtomatlashtirish imkonini beradi, raqamli texnologiyalar ekologik xavfsizlik va oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlashda muhim ahamiyatga ega. Shu sababli geoaxborot tizimlari, masofadan zondlash va sun’iy intellekt asosidagi texnologiyalarni qishloq xo‘jaligiga keng joriy etish istiqbolli va dolzarb yo‘nalishlardan biri hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Mirziyoyev Sh.M. Qishloq xo‘jaligida raqamli texnologiyalarni rivojlantirish bo‘yicha nutqlari va qarorlari. – Toshkent, 2024.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining PF–6079-son Farmoni. “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi. – Toshkent, 2020.
3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining PF–60-son Farmoni. “Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi”. – Toshkent, 2022.
4. Boltanov Sh., Rasulov A. Geoaxborot tizimlari va masofadan zondlash asoslari. – Toshkent: Fan, 2022.
5. Burrough P.A., McDonnell R.A. Principles of Geographical Information Systems. – Oxford University Press, 2019.
6. Lillesand T., Kiefer R. Remote Sensing and Image Interpretation. – Wiley, 2020.
7. Goodfellow I., Bengio Y. Deep Learning. – MIT Press, 2018.
8. FAO. Digital Technologies in Agriculture and Rural Areas. – Rome, 2023.
9. Zhang C., Kovacs J.M. The Application of Small Unmanned Aerial Systems for Precision Agriculture. – Precision Agriculture Journal, 2021.
10. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining yer resurslarini raqamlashtirish va davlat kadastrlarini rivojlantirishga oid qarorlari.

UUK: 528.8:631.4

PARKENT TUMANIDA LALMI YER MAYDONLARINING MASOFADAN ZONDLASH MALUMOTLARI ASOSIDA MONITORINGI

Turobboyev Muhammad Alisher o‘g‘li *– “TIQXMMI” MTU magistranti*
Mamatkulov Zohid Jonqobilovich *– “TIQXMMI” MTU dotsenti*

Annotatsiya. *Ushbu tadqiqotda Toshkent viloyati Parkent tumanidagi lalmi yer maydonlarining vegetatsiya holati NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) indeksi asosida baholandi. Tadqiqotda masofadan zondlash ma’lumotlari, xususan Sentinel-2 sun’iy yo‘ldosh tasvirlaridan foydalanildi. 2016–2025 yillar oralig‘idagi ma’lumotlar asosida vegetatsiya dinamikasi tahlil qilindi. Natijalar lalmi yerlarning vegetatsion faolligi yuqori darajada iqlim omillariga bog‘liqligini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari qishloq xo‘jaligi yerlaridan samarali foydalanish va monitoring tizimlarini takomillashtirishda muhim ahamiyatga ega.*

Kalit so‘zlar: *NDVI, masofadan zondlash, lalmi yerlar, vegetatsiya, Sentinel-2, monitoring*

Аннотация. *В данном исследовании проведена оценка состояния растительности богарных земель Паркентского района Ташкентской области с использованием индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). В качестве исходных данных использовались спутниковые снимки Sentinel-2. На основе данных за 2016–2025 годы проанализирована динамика растительности. Полученные результаты показали, что в богарных условиях вегетационная активность в значительной степени зависит от климатических факторов. Результаты исследования имеют важное значение для эффективного использования сельскохозяйственных земель и совершенствования систем мониторинга.*

Ключевые слова: *NDVI, дистанционное зондирование, богарные земли, растительность, Sentinel-2, мониторинг*

Abstract. *This study evaluates the vegetation condition of rainfed agricultural lands in Parkent district of Tashkent region using the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Sentinel-2 satellite imagery was used as the primary data source. Vegetation dynamics were analyzed for the period 2016–2025. The results indicate that vegetation activity in rainfed areas strongly depends on climatic conditions. The findings are important for improving land monitoring systems and ensuring efficient agricultural land use.*

Key words: *NDVI, remote sensing, rainfed lands, vegetation, Sentinel-2, monitoring*

Kirish. Yer resurslaridan oqilona foydalanish, ularning unumdorligini saqlash va degradatsiya jarayonlarini oldini olish hozirgi kunda global miqyosda dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, lalmi yerlar qishloq xo‘jaligining muhim tarkibiy qismi bo‘lib, ular asosan tabiiy yog‘in hisobiga faoliyat yuritadi va iqlim sharoitlariga yuqori darajada

bog‘liqdir. Shu sababli lalmi yerlarning holatini doimiy monitoring qilish, ularning unumdorligini saqlash va degradatsiya jarayonlarini kamaytirish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

So‘nggi yillarda lalmi hududlarda yer degradatsiyasi, ayniqsa tuproq eroziyasi jarayonlari kuchayib borayotgani kuzatilmoqda. Parkent tumani hududida olib borilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, ushbu hududlarda eng keng tarqalgan degradatsiya jarayoni eroziya bo‘lib, bu lalmi yerlarning unumdorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda [Erkinova, 2025]. Bu jarayonlar asosan yer va suv resurslaridan noto‘g‘ri foydalanish, agrotexnik talablarning buzilishi hamda antropogen omillar bilan bog‘liq.

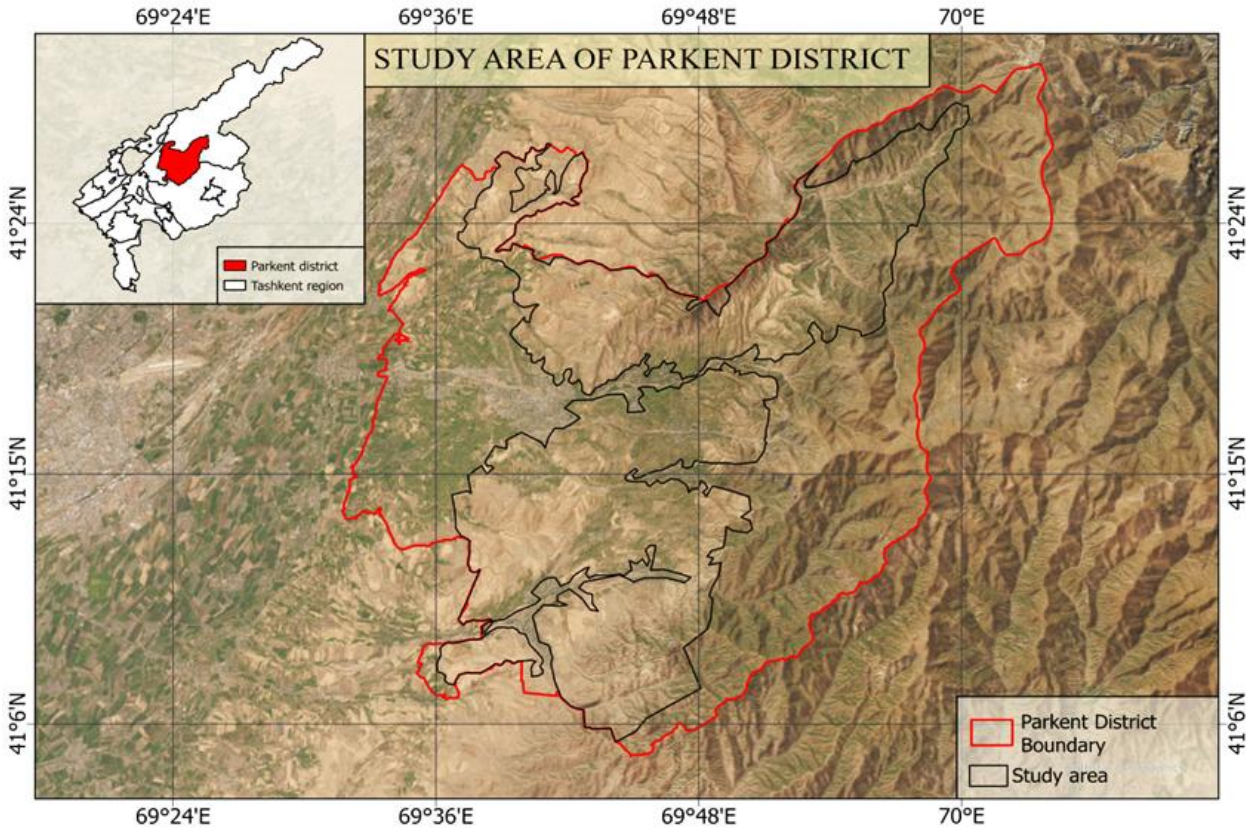
Qishloq xo‘jaligi yerlarini monitoring qilishning asosiy maqsadi – yerlarning holatini kuzatish, ularda yuz berayotgan o‘zgarishlarni aniqlash va salbiy jarayonlarning oldini olishdan iboratdir. Zamonaviy sharoitda bu vazifalar masofaviy zondlash, sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va geografik axborot tizimlari (GAT) asosida samarali amalga oshirilmoqda. Ushbu texnologiyalar yordamida yer resurslarining holati, ularning fazoviy va vaqt bo‘yicha o‘zgarishlari hamda degradatsiya jarayonlari aniqlanadi va baholanadi [Akramov, 2025].

Jahonda qishloq xo‘jaligi yerlarining qisqarishi va degradatsiyaga uchrashi jarayonlari kuchayib borayotganligi sababli yer monitoringi tizimlarini takomillashtirish alohida ahamiyat kasb etmoqda. Ayniqsa, lalmi hududlar uchun masofaviy zondlash asosida monitoring tizimlarini ishlab chiqish va amaliyotga joriy etish dolzarb ilmiy yo‘nalishlardan biri hisoblanadi.

Mazkur tadqiqotning maqsadi Toshkent viloyati Parkent tumani misolida lalmi yerlarning holatini masofaviy zondlash ma’lumotlari asosida baholash, ularning o‘zgarish dinamikasini aniqlash va monitoring qilish usullarini takomillashtirishdan iborat.

Tadqiqot obyekti. Tadqiqot obyekti sifatida Toshkent viloyatining Parkent tumani hududida joylashgan lalmi yerlar tanlab olindi. Parkent tumani O‘rta Tyanshan tog‘ tizmasining g‘arbiy qismida, Chatqol tizmasi etaklarida joylashgan bo‘lib, murakkab tabiiy-geografik sharoitga ega hudud hisoblanadi [7]. Hudud relyefi tog‘ oldi tekisliklari, adirlar va tog‘lardan iborat bo‘lib, yer yuzasi g‘arbdan sharqqa tomon balandlashib boradi. Tumanning eng baland nuqtasi 3627,8 metrni tashkil etadi. Bunday balandlik zonalligi hududda iqlim, tuproq va o‘simlik qoplamining sezilarli darajada farqlanishiga sabab bo‘ladi [7].

Hudud iqlimi asosan kontinental bo‘lib, yoz fasli issiq va quruq, qish esa nisbatan sovuq kechadi. Yillik yog‘in miqdori balandlikka qarab o‘zgarib, vegetatsiya jarayonlariga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Tuproq qoplami bo‘z, to‘q bo‘z va tog‘-o‘rmon tuproqlaridan iborat bo‘lib, ular lalmi dehqonchilik uchun muayyan imkoniyatlar yaratadi. Shu bilan birga, relyefning murakkabligi va yog‘in taqsimotining notekisligi tuproq eroziyasi va degradatsiya jarayonlarining rivojlanishiga sabab bo‘lmoqda.



1-rasm. *Tadqiqot obyektining geografik joylashuvi*

Parkent tumani iqlimi tog‘ oldi va tog‘ iqlimi xususiyatlariga ega bo‘lib, nisbatan kontinental hisoblanadi. Hududda yillik o‘rtacha havo harorati taxminan 12°C ni tashkil etadi, yillik yog‘in miqdori esa o‘rtacha 500–600 mm atrofida bo‘lib, ayrim baland zonalarda bundan ham yuqori qiymatlarga yetadi. Dengiz sathidan 1353 m balandlikda joylashgan So’qoq meteostansiyasida ayrim yillarda 1200 mm gacha yog’in tushishi mumkin Vegetatsiya davri o‘rtacha 180 kunni tashkil etadi.

Hududda tuproq qoplami balandlik zonalligi asosida shakllangan bo‘lib, tekisliklarda bo‘z tuproqlar, adir hududlarda to‘q bo‘z tuproqlar, tog‘ zonalarida esa tog‘-o‘rmon tuproqlari keng tarqalgan . Bunday xilma-xil tuproq va iqlim sharoitlari lalmi dehqonchilikni rivojlantirish uchun ma’lum imkoniyatlar yaratadi, ammo shu bilan birga degradatsiya jarayonlariga ham moyillikni oshiradi.

Parkent tumanida qishloq xo‘jaligi yetakchi tarmoq bo‘lib, umumiy foydalaniladigan yerlarning katta qismini lalmi yerlar tashkil etadi. Jumladan, mavjud ma’lumotlarga ko‘ra tumanda 46 ming gektardan ortiq lalmi yerlar mavjud bo‘lib, ularda asosan donli, dukkakli va yem-xashak ekinlari yetishtiriladi [O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi.

Tog‘oldi lalmi hududlarida asosiy muammolardan biri tuproq eroziyasi hisoblanadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, ayniqsa Bo‘ston massivi hududida lalmi yerlarning katta qismi eroziyaga uchragan bo‘lib, bu ularning unumdorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Bu esa mazkur hududlarda monitoring ishlarini olib borish va samarali boshqaruv choralarini ishlab chiqish zarurligini yanada oshiradi.

Ma’lumotlar. Mazkur tadqiqotda Toshkent viloyati Parkent tumani hududidagi lalmi yerlarning vegetatsiya holatini baholash uchun

masofaviy zondlash ma’lumotlaridan foydalanildi. Asosiy ma’lumot manbai sifatida European Space Agency tomonidan taqdim etiladigan Sentinel-2 sun’iy yo‘ldosh tasvirlari ishlatildi. Ushbu tasvirlar 10–20 m fazoviy aniqlikka ega bo‘lib, qishloq xo‘jaligi yerlarini monitoring qilish uchun yuqori aniqlikdagi ma’lumotlarni taqdim etadi [Drusch et al., 2012].

Tadqiqot doirasida 2016–2025 yillar oralig‘ida olingan tasvirlar tanlab olindi. Har bir yil uchun vegetatsiya davrini qamrab oluvchi bulutsiz yoki kam bulutli tasvirlar saralab olinib, oylik kompozit ma’lumotlar shakllantirildi. Bu yondashuv qisqa muddatli noaniq tebranishlarni kamaytirib, vegetatsiya dinamikasini aniqroq aks ettirish imkonini beradi.

Vegetatsiya holatini baholash uchun eng keng qo‘llaniladigan indekslardan biri bo‘lgan NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ishlatildi.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

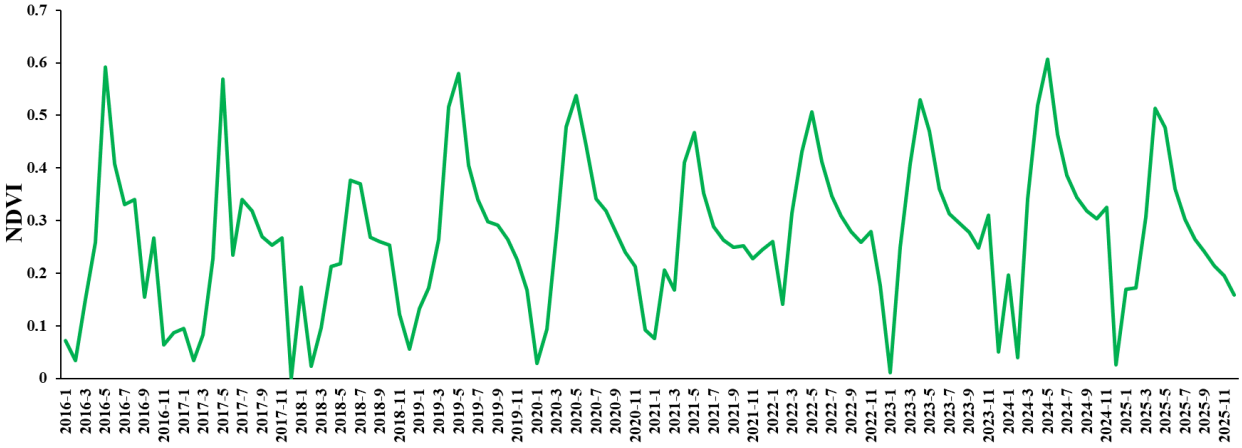
Bu yerda: NIR – yaqin infraqizil diapazon (Sentinel-2 da B8 kanal),
RED – qizil diapazon (Sentinel-2 da B4 kanal).

NDVI indeksining nazariy asosi o‘simlik qoplamining qizil va yaqin infraqizil spektral diapazonlardagi qaytarish xususiyatlariga tayanadi. Sog‘lom va faol rivojlanayotgan o‘simliklar xlorofill pigmenti hisobiga qizil diapazondagi nurlanishni kuchli yutadi, yaqin infraqizil diapazonda esa barglarning ichki hujayraviy tuzilishi sababli nurlanishni yuqori darajada qaytaradi. Shu bois NIR va RED diapazonlari orasidagi tafovut o‘simliklarning yashil biomassa miqdori, fotosintetik faolligi va umumiy vegetatsion holatini baholashda muhim ko‘rsatkich hisoblanadi [Rouse et al., 1974; Tucker, 1979].

Formulada NIR va RED qiymatlari farqining ularning yig‘indisiga nisbatan olinishi indeksni normalashtirish imkonini beradi. Bu yondashuv turli vaqtda olingan tasvirlarda quyosh yoritilishi, relyef ekspozitsiyasi, atmosfera sharoiti va sensor sezgirligi bilan bog‘liq ayrim farqlar ta’sirini kamaytiradi. Natijada NDVI qiymatlari -1 dan +1 gacha bo‘lgan standart oraliqda ifodalanadi va turli oylar hamda yillar kesimida taqqoslash uchun qulay ko‘rsatkichga aylanadi.

NDVI qiymatlari odatda o‘simlik qoplami zichligi va holatiga qarab talqin qilinadi. Manfiy qiymatlar ko‘pincha suv yuzalari, qor yoki bulutli obyektlar bilan bog‘liq bo‘lsa, 0 ga yaqin qiymatlar yalang tuproq, toshloq yoki juda kam o‘simlik qoplamiga ega maydonlarni bildiradi. 0,2 dan yuqori qiymatlar vegetatsiya mavjudligini ko‘rsatadi, 0,4–0,6 va undan yuqori qiymatlar esa nisbatan zich va faol o‘sayotgan o‘simlik qoplamiga xosdir. Biroq lalmi hududlarda NDVI qiymatlarini talqin qilishda sug‘oriladigan yerlarga xos mezonlarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri qo‘llash to‘g‘ri emas, chunki bu yerlarning vegetatsion faolligi asosan yog‘in miqdori, tuproq namligi, relyef, ekspozitsiya va agrotexnik tadbirlarga bog‘liq bo‘ladi.
Shu sababli mazkur tadqiqotda NDVI qiymatlari lalmi yerlarning tabiiy-iqlimiy sharoitlari nuqtai nazaridan baholandi. Aprel–sentyabr davri vegetatsiya jarayonlari faol kechadigan asosiy davr sifatida tanlandi. Aynan ushbu oylar oralig‘ida o‘simliklarning unib chiqishi, yashil biomassaning ortishi, maksimal vegetatsion rivojlanish bosqichi va vegetatsiyaning pasayish jarayonlari kuzatiladi. Vegetatsiya davridan tashqaridagi NDVI qiymatlari esa ko‘pincha quruq

o‘simlik qoldiqlari, yalang tuproq yoki mavsumiy qor qoplami ta’sirida shakllanishi mumkin. Bu esa lalmi yerlarning real vegetatsion holatini baholashda aniqlikni pasaytiradi.Masofaviy zondlash ma’lumotlarini qayta ishlash jarayonida GAT texnologiyalari va raqamli tahlil usullaridan foydalanildi, bu esa katta hajmdagi ma’lumotlarni samarali tahlil qilish imkonini beradi [Akramov, 2025].

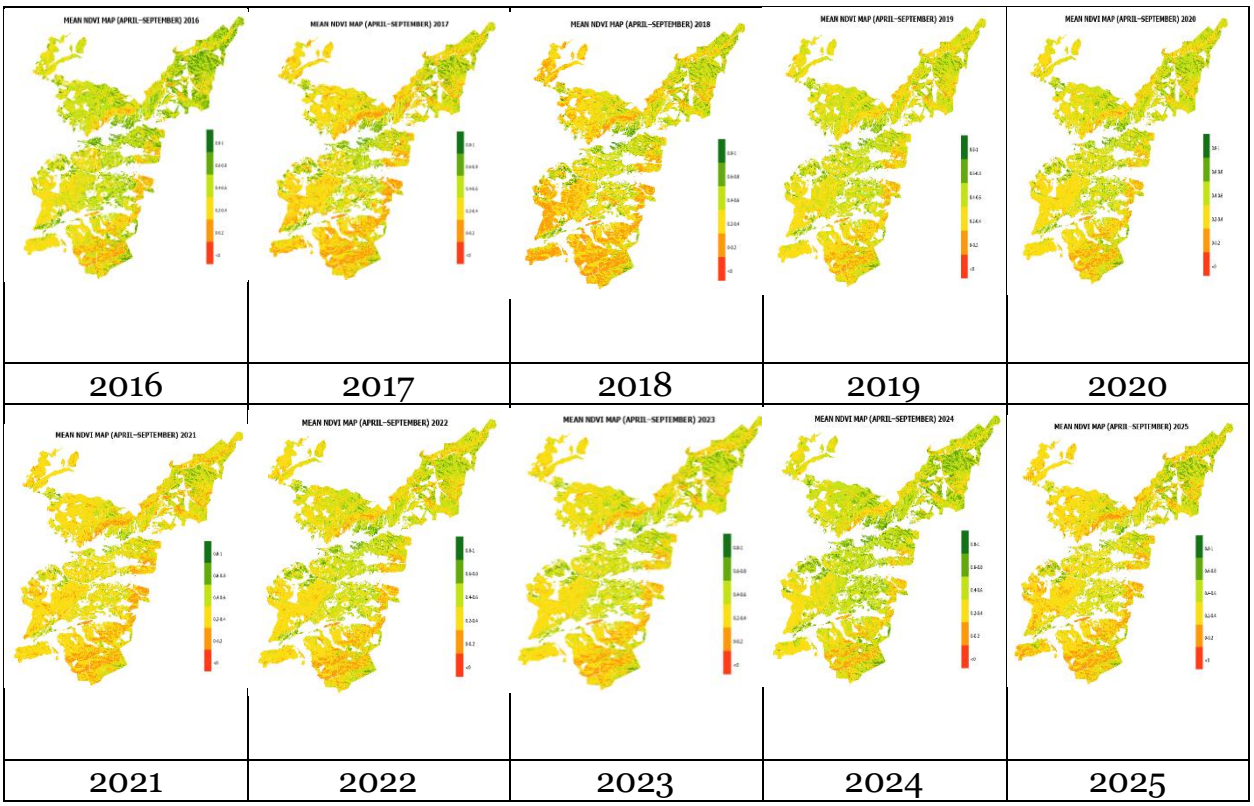


2-rasm. 2016–2025 yillar uchun hisoblangan oylik NDVI qiymatlari

Natijalar. 2016–2025 yillar uchun hisoblangan NDVI qiymatlari tahlili Parkent tumani lalmi hududlarida vegetatsiya jarayonlarining aniq mavsumiy xarakterga ega ekanligini ko‘rsatdi. Oylik NDVI vaqt qatori grafiklarida qish oylarida indeks qiymatlarining minimal darajada (0–0,1 atrofida) bo‘lishi, bahor oylaridan boshlab esa keskin ortishi kuzatiladi. Vegetatsiyaning boshlanishi odatda mart–aprel oylariga to‘g‘ri kelib, maksimal rivojlanish bosqichi may–iyun oylarida qayd etiladi. Ushbu davrda NDVI qiymatlarining 0,5–0,6 gacha yetishi lalmi hududlar uchun nisbatan yuqori vegetatsion faollikni ifodalaydi.

Yoz oylarining ikkinchi yarmidan boshlab NDVI qiymatlarida bosqichma-bosqich pasayish kuzatiladi. Bu holat yuqori harorat sharoitida tuproq namligining kamayishi va yog‘in yetishmasligi bilan izohlanadi. Kuz oylariga kelib vegetatsiya jarayonlari deyarli to‘xtaydi va NDVI qiymatlari yana past darajaga tushadi. Ayrim davrlarda indeks qiymatlarining keskin pasayishi kuzatilgan bo‘lib, bu holatlar asosan bulutlilik, qor qoplami yoki yalang tuproq ulushining ortishi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Umuman olganda, oylik NDVI dinamikasi lalmi yerlarning vegetatsiya jarayonlari iqlim omillariga yuqori darajada bog‘liqligini yaqqol namoyon etadi.

2016–2025 yillar uchun hisoblangan NDVI qiymatlarining vaqt bo‘yicha tahlili bilan bir qatorda, vegetatsiya davri (aprel–sentyabr) uchun tuzilgan fazoviy taqsimot xaritalari ham lalmi hududlarda vegetatsiya jarayonlarining hududiy o‘zgaruvchanligini aniqlash imkonini berdi (3-rasm).



3-rasm. *2016–2025 yillar vegetatsiya(Aprel-Sentyabr) uchun hisoblangan oylik NDVI qiymatlari*

Xaritalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, Parkent tumani hududida NDVI qiymatlarining fazoviy taqsimoti bir xil emas va asosan relyef hamda balandlik zonalligi bilan bog‘liq holda farqlanadi. Yuqori NDVI qiymatlari (yashil ranglar) asosan tog‘ oldi va nisbatan nam hududlarda kuzatiladi, past NDVI qiymatlari (sariq–to‘q sariq ranglar) esa quruq va kam vegetatsiyaga ega maydonlarga xosdir.

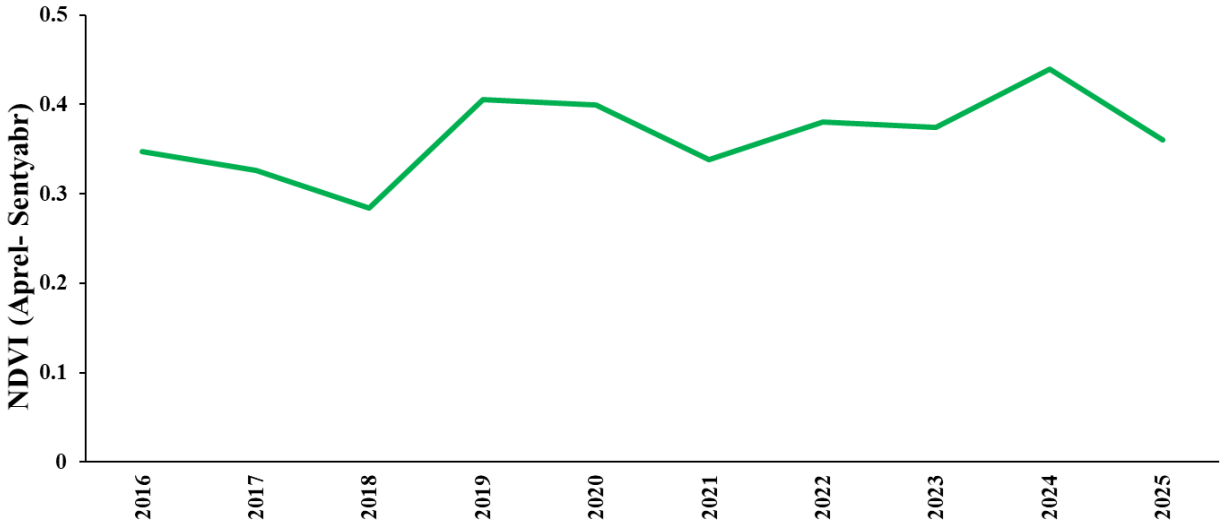
Yillar kesimida xaritalarni solishtirish vegetatsiya jarayonlarining sezilarli darajada o‘zgaruvchan ekanligini ko‘rsatadi. Xususan, 2018 va 2021 yillarda past NDVI qiymatlari ustun bo‘lib, vegetatsiya faolligining kamayganligi kuzatiladi. Bu davrlarda hududning katta qismida sariq va och ranglar ustunlik qilgani lalmi yerlarning nisbatan qurg‘oqchil sharoitga duch kelganligini ko‘rsatadi.

Aksincha, 2019, 2020 hamda ayniqsa 2024 yillarda NDVI qiymatlarining sezilarli darajada yuqori bo‘lgani kuzatiladi. Ushbu yillarda xaritalarda yashil ranglarning keng tarqalishi vegetatsiya jarayonlarining faol kechganligini bildiradi. 2024 yil eng yuqori vegetatsion faollik bilan ajralib turib, bu holat NDVI vaqt qatori grafiklari natijalari bilan ham mos keladi.

Shuningdek, xaritalar orqali vegetatsiya jarayonlarining fazoviy barqaror emasligi aniqlanadi. Ya’ni, ayrim hududlarda har yili yuqori NDVI kuzatilsa, boshqa hududlarda esa vegetatsiya faolligi yillar kesimida sezilarli darajada o‘zgarib turadi. Bu holat lalmi yerlarning tabiiy-iqlimiy omillarga, ayniqsa yog‘in taqsimoti va tuproq namligiga kuchli bog‘liqligini yana bir bor tasdiqlaydi.

Umuman olganda, NDVI xaritalari vaqt qatori grafiklari bilan birgalikda tahlil qilinganda, Parkent tumani lalmi hududlarida vegetatsiya jarayonlarining nafaqat vaqt bo‘yicha, balki fazoviy jihatdan ham yuqori darajada o‘zgaruvchan ekanligini ko‘rsatdi. Bu esa masofaviy zondlash

asosida olib borilgan monitoring usulining hududiy differensial tahlillar uchun ham samarali ekanligini namoyon etadi.



4-rasm. 2016–2025 yillar uchun hisoblangan oylik NDVI qiymatlari

Vegetatsiya davri (aprel–sentyabr) bo‘yicha hisoblangan o‘rtacha NDVI qiymatlari yillar kesimida sezilarli o‘zgaruvchanlikka ega ekanligi aniqlandi. 2016–2018 yillar oralig‘ida NDVI qiymatlarining pasayish tendensiyasi kuzatilib, bu davr vegetatsiya uchun nisbatan noqulay sharoitlar bilan xarakterlangan. 2019–2020 yillarda esa indeks qiymatlarining keskin oshishi qayd etilib, NDVI o‘rtacha 0,40 atrofida bo‘lgan. Bu holat mazkur yillarda vegetatsiya uchun qulay agroiqlimiy sharoitlar shakllanganligini ko‘rsatadi.

Keyingi yillarda NDVI qiymatlarida nisbatan tebranuvchan, ammo umumiy barqarorlik kuzatiladi. Xususan, 2021 yilda indeks qiymatlarining pasayishi qayd etilgan bo‘lsa, 2022–2023 yillarda o‘rtacha barqaror holat kuzatilgan. Tadqiqot davrida eng yuqori NDVI qiymati 2024 yilda qayd etilib (≈0,44), bu yil vegetatsiya jarayonlari eng faol kechgan davr sifatida ajralib turadi. 2025 yilda esa indeks qiymatlarining biroz pasayishi kuzatiladi.

Xulosa. Mazkur tadqiqotda Toshkent viloyati Parkent tumani lalmi hududlarining vegetatsiya holati 2016–2025 yillar oralig‘ida Sentinel-2 sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari asosida NDVI indeksi yordamida tahlil qilindi. Olingan natijalar lalmi yerlar vegetatsiyasining yuqori darajada mavsumiy va iqlim omillariga bog‘liq ekanligini ko‘rsatdi.

Oylik NDVI vaqt qatori tahlili vegetatsiya jarayonlarining bahor oylarida boshlanib, may–iyun oylarida maksimal darajaga yetishini va yozning ikkinchi yarmidan boshlab pasayishini aniqladi. Bu holat lalmi hududlarda o‘simlik qoplami rivojlanishining asosan yog‘in va tuproq namligiga bog‘liqligini tasdiqlaydi.

Vegetatsiya davri (aprel–sentyabr) bo‘yicha NDVI qiymatlari yillar kesimida sezilarli o‘zgaruvchanlikka ega ekanligi aniqlandi. Xususan, 2018 va 2021 yillarda past vegetatsion faollik kuzatilgan bo‘lsa, 2019–2020 va ayniqsa 2024 yillarda yuqori NDVI qiymatlari qayd etilib, bu davrlar nisbatan qulay agroiqlimiy sharoitlar bilan xarakterlangan.

NDVI ning fazoviy taqsimot xaritalari vegetatsiya jarayonlarining hudud bo‘yicha notekis

taqsimlanganligini ko‘rsatdi. Yuqori vegetatsiya ko‘rsatkichlari asosan tog‘ oldi va nisbatan nam hududlarda kuzatilgan bo‘lsa, past NDVI qiymatlari quruq va kam vegetatsiyaga ega maydonlarga xos bo‘ldi. Bu esa relyef, balandlik va namlik omillarining muhim rol o‘ynashini ko‘rsatadi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari NDVI indeksining lalmi hududlarda vegetatsiya holatini baholash va monitoring qilishda samarali va ishonchli ko‘rsatkich ekanligini tasdiqladi. Masofaviy zondlash ma’lumotlari asosida olib borilgan bunday tahlillar yer resurslaridan oqilona foydalanish, degradatsiya jarayonlarini aniqlash hamda agroekologik boshqaruv qarorlarini qabul qilishda muhim ahamiyatga ega.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] Akramov I.L. (2025). Qishloq xo‘jaligi yerlari monitoringini raqamli texnologiyalar asosida yuritishning takomillashgan uslubi (uslubiy tavsiyanoma). Toshkent: “Publishing High Future” OK nashriyoti, 83 b.

[2] Drusch M., Del Bello U., Carlier S., Colin O., Fernandez V., Gascon F. et al. (2012). Sentinel-2: ESA’s optical high-resolution mission for GMES operational services. Remote Sensing of Environment, 120, 25–36. https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026

[3] Erkinova M.L. (2025). Toshkent viloyati, Parkent tumani hududida tarqalgan lalmi hududlardan foydalanishning mavjud holati. Ta’lim Innovatsiyasi va Integratsiyasi, 47(3), 270–276. https://scientific-jl.com/tal/article/view/22338

[4] Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Proceedings of the 3rd Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, NASA SP-351, Vol. 1, 309–317.

[5] Tucker C.J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment, 8(2), 127–150. https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0

[6] Zhang X., Friedl M.A., Schaaf C.B., Strahler A.H., Hodges J.C.F., Gao F. et al. (2003). Monitoring vegetation phenology using MODIS. Remote Sensing of Environment, 84(3), 471–475. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00135-9

[7] O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi.

UDK: 631.4:634.1

KO'P YILLIK DARAXTZORLARDA YER MONITORINGINI YURITISHNI TAKOMILLASTIRISH YO'NALISHLARI

A.Muqumov *- "TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti*
I.B.Ergashev *- "O'zdaverloyiha" DILI Jizzax bo'limi bosh muxandisi, mustaqil izlanuvchi*

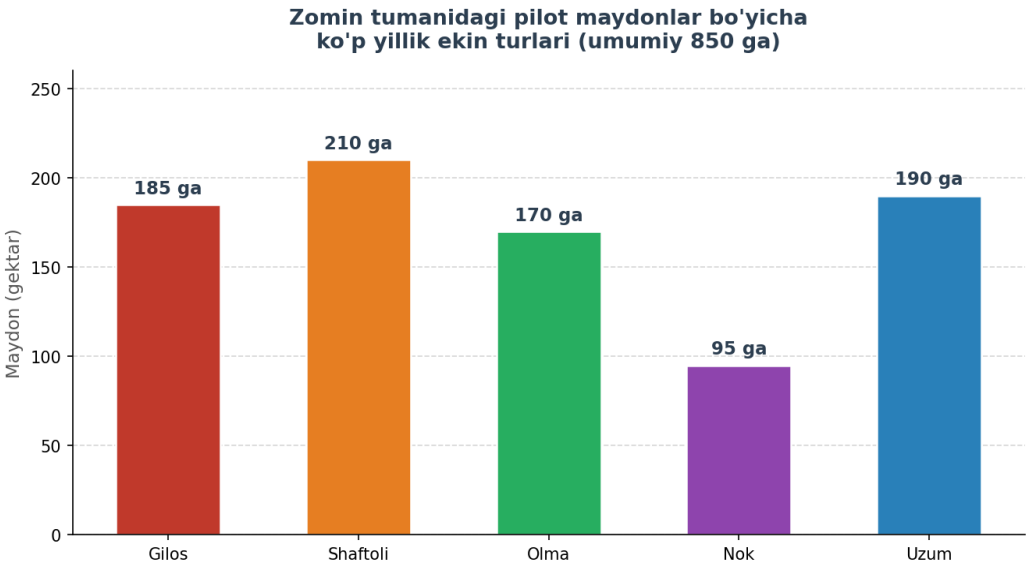
Kirish. Ko'p yillik daraxtzorlarda yer monitoringini yuritish qishloq xo'jaligi fanining muhim yo'nalishlaridan biri bo'lib, u yerdan samarali foydalanish, tuproq unumdorligini saqlash va atrof-muhitni muhofaza qilish masalalarini o'z ichiga oladi. Jizzax viloyati Zomin tumani O'zbekistonning markaziy qismida, Turkiston tizmasining shimoliy yonbag'irlarida joylashgan bo'lib, dengiz sathidan 700–1600 metr balandlikda joylashgan tog' oldi va tog' mintaqalarini qamrab oladi. Tumanning umumiy maydoni 2 900 km² dan iborat bo'lib, qishloq xo'jaligi yerlari 45 ming gektarni tashkil etadi.

Zomin tumanining iqlimi ko'p yillik bog'dorchilik uchun nihoyatda qulay: yozgi o'rtacha harorat +24°C, qishki o'rtacha harorat –4°C, yillik yog'ingarchilik 400–600 mm. Bu sharoit gilos, shaftoli, olma, nok va uzum kabi meva-rezavor ekinlarning yuqori sifatli hosilini ta'minlaydi. Tuproqlari asosan bo'z tuproqlar va tog' bo'z tuproqlaridan iborat bo'lib, organik modda miqdori 2,3–3,1% oralig'ida.

O'zbekistonda qishloq xo'jaligi sektori yalpi ichki mahsulotning taxminan 28–30 foizini tashkil etadi. 2022–2024-yillarda mevali bog'lar maydoni 400 ming gektardan oshdi, uzumzorlar esa 110–120 ming gektarni qamrab oldi. Jizzax viloyatida, xususan Zomin tumanida gilos, olma, shaftoli va nok kabi meva daraxtlari yetishtirish an'anaviy ravishda rivojlangan [ensikl].

Hozirgi kunda ko'p yillik daraxtzorlarda yer monitoringini yuritishda bir qancha muammolar mavjud: monitoring ma'lumotlarining kam chastotali to'planishi (yiliga 1–2 marta), an'anaviy usullarning yuqori mehnat zichligi, ma'lumotlarni qayta ishlash va tahlil qilishning sekinligi, shuningdek monitoring natijalarini amaliyotga tatbiq etishning samarasizligi. Bu muammolarni bartaraf etish uchun zamonaviy raqamli texnologiyalar asosida yangi yondashuvlarni joriy etish zarur.

Ushbu maqolaning maqsadi — Jizzax viloyati Zomin tumanidagi ko'p yillik daraxtzorlarda yer monitoringini yuritishni takomillashtirishning ilmiy asoslarini ishlab chiqish va zamonaviy texnologiyalar imkoniyatlarini baholashdan iborat.



1-rasm. Zomin tumanidagi pilot maydonlar bo'yicha ko'p yillik ekin turlari taqsimoti (umumiy 850 ga)

Material va metodlar

Ilmiy tadqiqot bo'yicha izlanishlar 2021–2024-yillar davomida Jizzax viloyati Zomin tumanidagi ko'p yillik daraxtzorlarda amalga oshirilgan. Jami 12 ta pilot maydon (umumiy maydoni 850 ga) tanlab olinib, ularda gilos, shaftoli, olma, nok va uzum plantatsiyalari o'rganildi. Maydonlar tumanning ikki xil geomorfologik mintaqasida - tog' oldi (500–900 m) va tog' zonasi (900-1600 m) joylashtirildi.

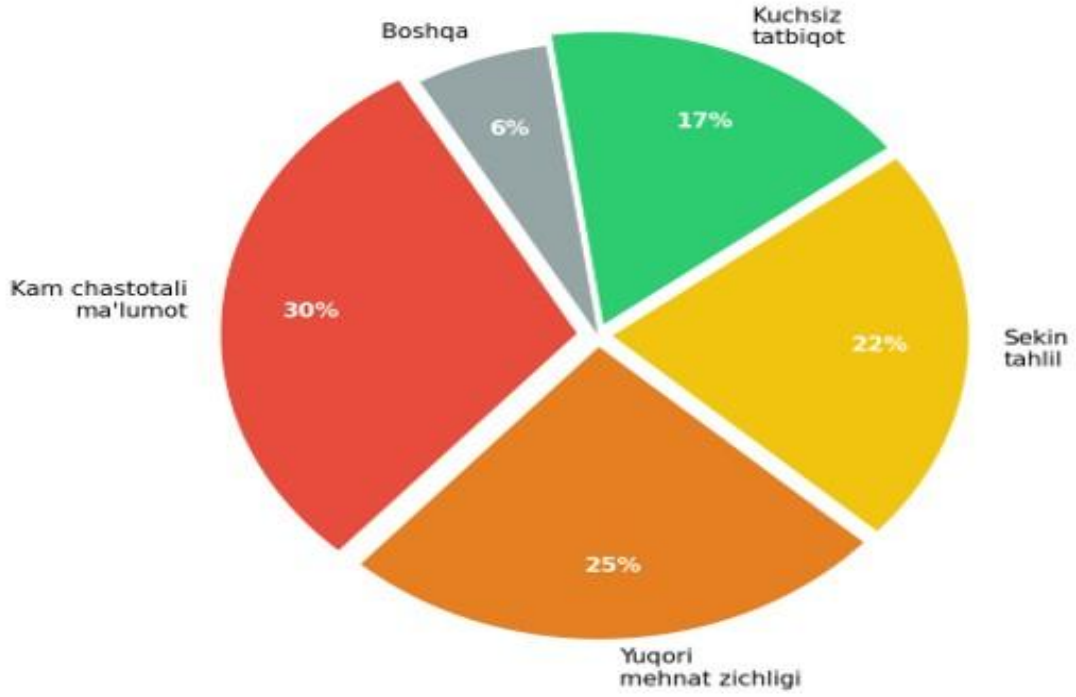
Tadqiqot jarayonida quyidagi usullar qo'llangan:

1. Laboratoriya tuproq tahlili — GOST 26213-91 bo'yicha organik modda, azot, fosfor, kaliy va pH ko'rsatkichlari aniqlandi;
2. Masofadan zondlash - Sentinel-2 (10 m rezolyutsiya, 5 kunlik takroriylik) va Landsat-8 (30 m, 16 kunlik) sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari qayta ishlandi;
3. UAV tadqiqotlari - DJI Phantom 4 Multispectral droni yordamida multispektral tasvirlar olindi (RGB, NIR, Red Edge kanallar);
4. IoT sensor monitoringi - 48 ta simsiz tuproq sensori (Decagon 5TM, GS3) o'rnatildi; real vaqt rejimida tuproq namligi, harorati va elektr o'tkazuvchanligi o'lchandi;
5. GIS tahlili - ArcGIS 10.8 dasturi yordamida prostranstviy tahlil va xaritalash amalga oshirildi;
6. Statistik tahlil - SPSS Statistics 25 va Python (sklearn, pandas kutubxonalari) qo'llanildi; korrelyatsiya, regressiya va klaster tahlillari amalga oshirildi.

Tadqiqot mavzusiga oid maxsus adabiyotlar va tadqiqotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, yer monitoringi tushunchasi ko'plab olimlar va soha mutaxassislari [7] tomonida xar tomonlama o'rganilgan. Taniqli rus olimi Docuchaev tomonidan ishlab chiqilgan tizimli yondashuv va FAO tashkilotining LADA metodologiyasi ushbu tadqiqotning metodologik asosini tashkil etdi. O'zbekistonda yer monitoringining huquqiy-me'yoriy asoslarini bir qator qonun [1,2,3] va qonun osti [4] hujjatlarining me'yorlari bilan belgilanadi.

Natijalar va ularning tahlili. An'anaviy monitoring tizimining muammolari. Tadqiqot natijalarimiz shuni ko'rsatadiki, an'anaviy yer monitoringi tizimida bir qancha tizimli kamchiliklar mavjud. Birinchidan,

monitoring chastotasi — yiliga 1–2 marta - ko'p yillik daraxtlarning o'ziga xos vegetatsiya sikli uchun yetarli emas. Ikkinchidan, namuna olish zichligi kam bo'lib (o'rtacha 1 ta namuna 50 ga ga), bu esa tuproq ko'rsatkichlari bo'yicha fazoviy o'zgaruvchanlikni yetarlicha aks ettirmaydi.



2-rasm. An'anaviy monitoring tizimidagi asosiy muammolar taqsimoti

Tuproq ko'rsatkichlari bo'yicha natijalar. Zomin tumanidagi 12 ta pilot maydonda o'tkazilgan laboratoriya va dala tadqiqotlari tuproq unumdorligining ekin turiga va joylashuviga qarab sezilarli farq qilishini ko'rsatdi. Quyidagi 1-jadvalda asosiy tuproq ko'rsatkichlari va tavsiya etiladigan me'yorlar keltirilgan.

1-jadval

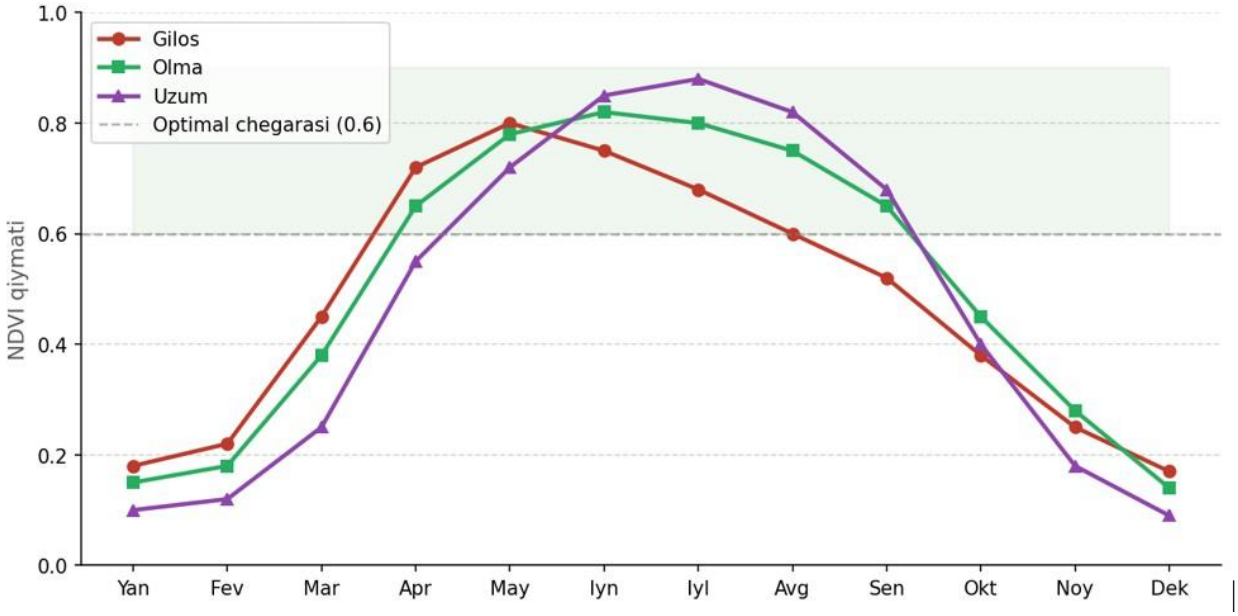
Zomin tumanidagi pilot maydondagi tuproq agrokimyoviy ko'rsatkichlari (2021–2024 yillar bo'yicha o'rtacha)*

Ko'p yillik mevali daraxt turi	Organik modda (%)	pH	Azot (mg/kg)	Fosfor (mg/kg)	NDVI o'rtacha
Gilos	2.8	7.2	85	42	0.71
Shaftoli	2.5	7.4	78	38	0.67
Olma	3.1	6.9	92	48	0.74
Nok	2.7	7.1	81	40	0.69
Uzum	2.3	7.6	72	35	0.65
Tavsiya etilgan me'yor	**≥3.0**	**6.5–7.5**	**≥90**	**≥45**	**≥0.70**

**muallilar tomonidan turli yillar davomida o'tkazilgan tadqiqotlar natijalari asosida shakllantirilgan [9,10,11]*

1-Jadval tahlili shuni ko'rsatadiki, tadqiqot maydonlarining aksariyatida organik modda miqdori (2,3–3,1%) va azot ko'rsatkichlari (72–92 mg/kg) tavsiya etiladigan me'yorlarga mos kelmaydi. Bu holat intensiv monitoring va tuproqni muhofaza qilish chora-tadbirlarini talab etadi.

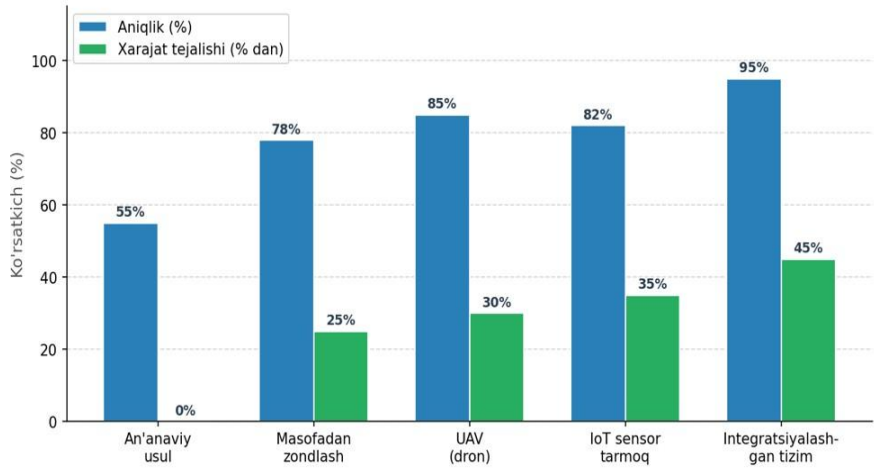
NDVI indeksi dinamikasi. Sentinel-2 va UAV ma'lumotlari asosida hisoblangan NDVI indeksi vegetatsiya siklini to'liq aks ettirib, tuproq unumdorligi va o'simlik holati o'rtasida yuqori korrelyatsiya (r=0,81, p<0,01) mavjudligini tasdiqladi. Bu esa masofadan zondlash usullarining ko'p yillik daraxtzorlarda monitoring uchun yuqori ahamiyatini ko'rsatadi.



3-rasm. Zomin tumani plantatsiyalarida NDVI indeksining yillik dinamikasi (Sentinel-2, 2023)

3-rasmdan ko'rinib turibdiki, gilos va olma plantatsiyalarida NDVI qiymati aprel-may oylarida optimal chegaraga (0,7 dan yuqori) yetadi va avgust-sentyabr oylarida asta-sekin pasayadi. Uzum plantatsiyalarida esa iyun-iyul oylarida eng yuqori NDVI qiymati kuzatildi.

Monitoring usullari taqqoslash tahlili. Turli monitoring usullarini taqqoslab ko'rish natijasida integratsiyalashgan yondashuv - sun'iy yo'ldosh, UAV va dala sensorlarini birgalikda qo'llash - eng yuqori samaradorlikni ta'minlashi aniqlandi:



4-rasm. Monitoring usullari bo'yicha aniqlik va xarajat tejalishi taqqoslama tahlili

2-jadval

Turli monitoring usullarining taqqoslama tahlili (Zomin tumani, 2021–2024 yillar)

Monitoring usuli	Aniqlik	Xarajat tejalishi	Chastota	Maydon qamrovi
An'anaviy usul	~55%	—	Yiliga 1-2	Cheklangan
Masofadan zondlash	78%	25%	Oylik	Keng
UAV (dron)	85%	30%	Haftalik	O'rta
IoT sensor tarmoq	82%	35%	Real vaqt	Cheklangan
Integratsiyalashgan tizim	**95%**	**45%**	Real vaqt	To'liq

2-jadval va 4-rasmdan ko'rinib turibdiki, integratsiyalashgan tizim 95% aniqlik ko'rsatkichi va 45% xarajat tejalishi bilan boshqa usullardan sezilarli darajada ustunlik qiladi. Bu ko'rsatkichlar xalqaro tajriba bilan ham to'liq mos keladi

Xulosalar. Ushbu tadqiqot 2021–2024-yillar davomida Jizzax viloyati Zomin tumanidagi 850 gektarlik pilot maydonlarda o'tkazildi va quyidagi asosiy xulosalar chiqarildi:

1. Zomin tumanidagi ko'p yillik daraxtzorlarda hozirda qo'llanilayotgan an'anaviy monitoring tizimi zamonaviy qishloq xo'jaligi talablariga to'liq javob bermaydi. Monitoring chastotasining pastaligi (yiliga 1–2 marta), kam namuna zichligi (1 namuna/50 ga) va sekin tahlil jarayoni asosiy kamchiliklar sifatida aniqlandi.

2. Tadqiqot natijalariga ko'ra, olma va nok plantatsiyalarida tuproq organik modda miqdori (3,1% va 2,7%) va azot ko'rsatkichlari tavsiya etiladigan me'yorlarga yaqinroq bo'lgan; uzum plantatsiyalarida esa bu ko'rsatkichlar (organik modda 2,3%, azot 72 mg/kg) optimal darajadan past bo'lib, alohida e'tibor talab etadi.

3. Masofadan zondlash, UAV texnologiyasi, IoT sensor tarmoqlari va sun'iy intellekt usullarini integratsiyalashgan monitoring tizimi an'anaviy usulga nisbatan aniqlikni 95% ga, xarajat tejalishini esa 45% ga yetkazish imkonini beradi. Pilot

maydondagi dastlabki natijalar monitoring samaradorligini 45–50% ga oshirishini tasdiqladi.

4. Taklif etilayotgan ko'p sathli monitoring tizimini Zomin tumanidan boshlab, so'ngra Jizzax viloyatining boshqa tumanlariga va butun O'zbekiston bo'yicha joriy qilish maqsadga muvofiq. Buning uchun viloyat darajasida raqamli qishloq xo'jaligi markazi tashkil etish va mahalliy fermerlar uchun monitoring texnologiyalaridan foydalanish bo'yicha o'quv dasturlari va yo'riqnomalarni ishlab chiqish kerak.

5. O'zbekiston qonunchiligida ko'p yillik daraxtzorlarga xos monitoring talablarini alohida me'yoriy hujjat bilan tartibga solish - bu sohadagi huquqiy bo'shliqni bartaraf etib, monitoring tizimini yanada samarali amalga oshirish uchun kerakli zaminni yaratadi.

Asosiy tavsiya. Zomin tumanidagi ko'p yillik daraxtzorlarda raqamli va masofaviy monitoring texnologiyalarini joriy etish dasturini 2026–20307-yillarga mo'ljallangan pilot loyiha sifatida davlat miqyosida qo'llab-quvvatlash tavsiya etiladi. Bu qadam mintaqaviy qishloq xo'jaligi samaradorligini sezilarli oshiradi va tuproq resurslarini uzoq muddatli muhofaza qilishga xizmat qiladi

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasi konstitutsiyasi (yangi tahrir) - T.:Adolat, 2023
2. O'zbekiston Respublikasi qonuni Tabiatni muhofaza qilish to'g'risida -T.:Adolat, 1992
3. O'zbekiston Respublikasi yer kodeksi -T.:Adolat, 1998
4. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 31maydagi Farmoni "Yerlarni muhofaza qilish va ulardan oqilona foydalanish borasida nazoratni kuchaytirish, geodeziya va kartografiya faoliyatini takomillashtirish, davlat kadastrlari yuritishni tartibga solish chora-tadbirlari to'g'risida"ю
5. Alekseev V.E., Sorokin S.E. (2019). Zemelnyy monitoring: teoriya i praktika. Moskva: FGNU Rosinformagrotex. — 312 s.
6. Krasilnikov P.V., Arnold R.W. (2009). Soil classification promotes communication. Eurasian Soil Science, 42(8), 852–859.
7. Dokuchaev V.V. (1883). Russkiy chernozem. Sankt-Peterburg: Imperatorskoe volnoe ekonomicheskoe obshchestvo. — 376 s.
8. Kovda V.A., Rozanov B.G. (1988). Pochvovedenie. Ch.1. Moskva: Vysshaya shkola. — 400 s.
9. FAO. (2011). Land Degradation Assessment in Drylands (LADA): Methodological Framework. Rome. — 96 p.
10. O'zbekiston Respublikasi Qonuni. (2020). Yerdan foydalanish va uni muhofaza qilish to'g'risida. O'zR Qonun hujjatlari to'plami, № 38, 730-modda.
11. Mulla D.J., Bhatti A.U., Hammond M.W., Benson J.A. (1992). Agriculture, Ecosystems & Environment, 38(4), 301–311.
12. Hamidov A., Rustamov O. (2021). O'zbekiston qishloq xo'jaligi, 4(2), 45–52.
13. Toshmatov A.B., Yusupov S.K., Nurullayev B.T. (2023). Agrar fan va innovatsiya, 6(1), 12–19.
14. Xoliqov D.X., Mirzayev I.N. (2022). O'zbekiston tuproqshunosligi jurnali, 8(3), 88–97.
15. O'zbekiston Respublikasi Qishloq xo'jaligi vazirligi. (2024). Qishloq xo'jaligining asosiy ko'rsatkichlari. Statistik to'plam. Toshkent: QXV nashriyoti. — 214 b.

UDK: 332.3:338.43:631.115.11

ДЕҲҚОН ХЎЖАЛИКЛАРИДА ЕРДАН ФОЙДАЛАНИШ САМАРАДОРЛИГИНИНГ ЎЗГАРИШ ТЕНДЕНЦИЯЛАРИ

С.Н. Садуллаев *- "ТИҚХММИ" Миллий тадқиқот университети "Ер ресурсларини бошқариш" кафедраси и.ф.ф.в., (PhD)*

Аннотация: *Ушбу мақолада деҳқон хўжаликларида ердан фойдаланиш самарадорлигининг ўзгариш тенденциялари таҳлил қилинган. Ер ресурсларидан оқилона фойдаланиш, қишлоқ хўжалиги маҳсулотлари ҳосилдорлигини ошириш ва иқтисодий самарадорликни таъминлашга таъсир этувчи омиллар ўрганилган. Шунингдек, тадқиқот натижалари деҳқон хўжаликларида ер ресурсларидан самарали фойдаланишни такомиллаштириш бўйича таклифлар ишлаб чиқишга хизмат қилади.*

Калит сўзлар: *деҳқон хўжалиги, ердан фойдаланиш, ер ресурслари, самарадорлик, қишлоқ хўжалиги, ҳосилдорлик, ер муносабатлари, иқтисодий самарадорлик.*

Кириш. Республикамизда озиқ-овқат хавфсизлигини таъминлаш ҳамда аҳолининг даромадларини ошириш мақсадида қишлоқ хўжалиги маҳсулотлари етиштиришни кенгайтириш ҳамда экспорт салоҳиятини ошириш учун Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2021 йил 23 ноябрдаги «Мева-сабзавотчилик ва узумчиликда оилавий тадбиркорликни ривожлантириш, қишлоқ хўжалиги ишлаб чиқаришида деҳқон хўжаликларининг улушини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-20-сон қарорига мувофиқ, фермер хўжаликлари ва кластерлар фойдаланишидаги паст ҳосилли пахта ва ғалладан қисқартирилган ва аҳолига узоқ бўлмаган ҳудудлардан 2022 йилда 80 минг гектар экин майдонларини, 2023 - 2025 йилларда 120 минг гектар экин майдонларини аҳолига очиқ электрон танлов орқали деҳқон хўжалиги сифатида ижарага бериш белгилаб берилди.

Юқоридаги қарорга асосан экин майдонлари фуқароларга 30 йил муддатга сув таъминоти яхши бўлган ерлардан — Андижон, Наманган ва Фарғона вилоятларида 0,15 гектардан 1 гектаргача, бошқа вилоятларда 0,30 гектардан 1 гектаргача ҳамда Қорақалпоғистон Республикасида 0,30 гектардан 2 гектаргача бўлган ўлчамларда, кам сувли ерлардан — вилоятларда 0,50 гектардан 1 гектаргача ҳамда Қорақалпоғистон Республикасида 0,50 гектардан 2 гектаргача ўлчамларда деҳқон хўжалиги сифатида юритиш учун ижарага берилмоқда.

Маълумки, мамлакатимиз иқтисодиётини ривожлантиришда Тошкент вилояти муҳим ўринни эгаллайди. Вилоятнинг умумий ер майдони 2023 йил 1 январъ холатига кўра 1515,0 минг гектар бўлиб, ундан 391,1 минг гектари суғориладиган ер ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси ер фонди, ерлардан фойдаланиш мақсади ва тартибига кўра ўзига хос

ҳусусиятларга эга бўлиб, улар Ўзбекистон Республикаси Ер кодексининг 8-моддасига асосан 8 та тоифага бўлинади. Тошкент вилоятининг ер фондининг тоифалари бўйича тақсимланиши (1-жадвал)да кўрсатилган.

1-жадвал

Тошент вилоятининг ер фондининг тоифалар бўйича тақсимланиши[2]

(минг гектар)

Ер фондининг тоифалари	**2021 йил**		**2022 йил**		**2023 йил**		**2023 йил 2021 йилга нисбатан фарқи (+;-)**
	жами ерлар	**суғориладиган ерлар**	**жами ерлар**	**суғориладиган ерлар**	**жами ерлар**	**суғориладиган ерлар**	
Қишлоқ хўжалигига мўлжалланган ерлар	774,1	384,5	768	379,5	748,4	378,8	-25,7 -5,7
Аҳоли пунктларининг ерлари	37,9	6,6	39,4	6,5	40,6	6,6	+2,7 0,0
Саноат, транспорт, алоқа, мудофаа ва бошқа мақсадларга мўлжалланган ерлар ерлар	83,9	2,2	81,8	2,3	83,9	2,3	0,0 +0,1
Табиатни муҳофаза қилиш, соғломлаштириш ва рекреация мақсадларига мўлжалланган ерлар	0,4		0,4		25,1		+24,7
Тарихий-маданий аҳамиятга молик ерлар	2		1,9		1,9		-0,1
Ўрмон фўнди ерлари	588,8	2,2	572,0	2,2	580,1	3,2	-8,7 +1
Сув фонди ерлари	17,9		17,9		17,9		0,0
Заҳира ерлар	17,7	0,2	33,6	0,2	17,1	0,2	-0,6 0,0
Жами ерлар	**1522,7**	**395,7**	**1515**	**390,7**	**1515**	**391,1**	**-7,7** **-4,6**

Жадвал маълумотларига кўра, 2023 йил 1 январ холатига кўра Тошкент вилоятида жами деҳқон ва томорқа хўжаликлари 434,2 минг та мавжуд бўлиб шундан 2,3 % и, яъни 9,7 мингтаси деҳқон хўжалиги сифатида рўйхатга олинган. (2-жадвал).

Жадвал маълумотларига кўра, Тошкент вилоятида ўтказилган деҳқон хўжаликлари ва томорқа ер эгаларини ривожлантиришга доир чора-тадбирлар бўйича 2023 йилда 2019 йилга нисбатан деҳқон хўжаликлари сони 3%га яни 13,33 мингтага камайганини, экин майдони эса 1100 гектарга ошганини кўришимиз мумкин. Ундан ташқари фермер хўжаликлар сони 10081

2 Ўзбекистон Республикасининг миллий хисоботи 2019-2023 йй.

минг тага, экин майдони 117,3 минг гектарга камайган.

2-жадвал

Тошкент вилоятидаги барча тоифадаги хўжаликлар сони ва ер майдонларининг таркибининг ўзгариш динамикаси[3]

Кўрсаткичлар		Йиллар					2023 й 2019 й.га нисбатан, %да
		2019	2020	2021	2022	2023	
Тошкент вилоятидаги хўжаликлар сони							
Фермер хўжалиги (минг та)		16804,0	6813,0	6584,0	6738,0	6723,0	40
жами деҳқон ва томорқа хўжаликлари (минг та)	жами	447,6	447,6	444,0	434,2	434,2	97
	деҳқон хўжалиги	19,1	11,3	11,8	9,6	9,7	51
Бошқа тоифадаги хўжаликлар (минг та)		4,3	5,7	6,0	4,5	5,2	120
Тошкент вилоятидаги хўжаликларнинг экин майдони							
Фермер хўжалиги (минг га)		437,6	371,3	352,7	337,3	320,3	73
жами деҳқон ва томорқа хўжаликлари (минг га)	жами	62,3	64,5	66,3	63,4	63,4	102
	деҳқон хўжалиги	31,0	32,4	31,1	33,3	33,3	108
Бошқа тоифадаги хўжаликлар (минг га)		49,3	93,0	101,0	95,9	96,2	195

Бу эса, хақли равишда ҳосилдорликка ҳам таъсир қилган холда деҳқон хўжаликларининг мулкка, ерга ва етиштирилган маҳсулотга эгалик ҳисси ҳамда ишончининг ортиб бориши сабаб бўлмоқда. Бунда меҳнатга бўлган муносабати ўзгариб, деҳқон хўжаликлари аъзоларидан кўп меҳнат талаб қилинсада сабзавот, мева, узум экинларидан юқори ҳосил олишга эришилмоқда (3-жадвал).

3 - жадвал

Тошкент вилояти деҳқон хўжаликларида қишлоқ хўжалиги экинларининг ҳосилдорлиги[4] (ц/га ҳисобида)

Қишлоқ хўжалиги махсултлари	Йиллар					2023 йил 2019 йилга нисбати (%)
	2019	2020	2021	2022	2023	
Дон	36,1	35,2	32,4	43,1	45,3	125,5
Сабзавотлар	304,6	309,2	331,5	303,4	306,2	100,5
Картошка	230,4	245,5	210,3	216,1	223,5	97,0
Мевалар	102,7	100,3	104,8	107,9	108,2	105,4
Полиз	216,8	273,1	182,0	167,9	173,5	80,0
Узум	153,2	157,3	162,9	163,2	168,9	110,0

3 Ўзбекистон Республикасининг статистик маълумоти 2018-2023 йй.
4 Ўзбекистон Республикасининг статистик маълумоти, 2019-2023 йй.

Жадвал маълумотларидан кўриниб турибдики дон, сабзавот, мева, узум етиштиришда деҳқон хўжаликлари юқори ҳосилдорликка эришилган бўлса картошка ва полиз маҳсулотлари 2023 йил 2019 йилга нисбатан бироз камайганлигини кузатишимиз мумкин.

Қуйидаги жадвалдан деҳқон хўжаликларида қишлоқ хўжалиги маҳсулотлари ишлаб чиқариш кўрсаткичларни кўриш мумкин (4-жадвал).

4– жадвал

Тошкент вилоятида етиштирилган асосий турдаги деҳқончилик маҳсулотлари, минг тонна[5]

Кўрсатгичлар		Йиллар					2023 йилда 2019 йилга нисбатан, % да (+,-)
		2019	2020	2021	2022	2023	
Ахоли жон бошига тўғри келиши		0,2	0,19	0,19	0,21	0,21	
Дон ва дуккакли дон экинлари	Жами	571,1	544,1	572,2	618,2	641,8	+12,4
	Деҳқон хўжаликлари нинг улуши	25,5	23,0	22,3	22,8	28,6	+12,3
Ахоли жон бошига тўғри келиши		0,13	0,13	0,12	0,13	0,13	
Картошка	Жами	366,7	367,1	350,0	374,6	386,6	+5,4
	Деҳқон хўжаликлари нинг улуши	297,1	285,4	289,2	291,7	294,6	-0,2
Ахоли жон бошига тўғри келиши		0,37	0,35	0,35	0,36	0,39	
Сабзавот	Жами	1065,8	1038,9	1039,6	1067,8	1155,7	+8,4
	Деҳқон хўжаликлари нинг улуши	804,6	834,8	858,5	874,3	906,8	+12,7
Ахоли жон бошига тўғри келиши		0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	
Мева	Жами	129,6	114,3	109,3	113,7	137,1	+5,8
	Деҳқон хўжаликлари нинг улуши	75,9	77,1	78,6	78,7	85,2	+12,2
Ахоли жон бошига тўғри келиши		0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	
Узум	Жами	111,1	95,5	100,5	103,2	87,8	-20,9
	Деҳқон хўжаликлари нинг улуши	51,4	55,9	55,3	56,9	57,4	+11,7
Ахоли жон бошига тўғри келиши		0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Озиқбоп полиз	Жами	59,0	59,8	54,9	65,4	70,1	+18,8
	Деҳқон хўжаликлари нинг улуши	44,3	43,5	41,7	42,2	41,6	-6,2

5 Ўзбекистон Республикасининг статистик маълумоти, 2019-2023 йй.

Жадвалдан кўришимиз мумкинки Тошкент вилоятида 2022 йилда 618,195 минг тонна донли экинлар ишлаб чиқарилган бўлиб шундан 3,7 фоизи деҳқон ва томорқа хўжаликлари ҳиссасига тўғри келади. 2022 йил 2019 йилга нисбатан 47,056 минг тонна кўпроқ донли экинлар етиштирилганини кўришимиз мумкин, шунга мос равишда картошкани етиштириш 374,572 минг тонна, деҳқон хўжаликлар хиссасига эса 77,8 фоизни ташкил қилмоқда. 2022 йил 2019 йилга нисбатан 7,885 минг тонна кўпроқ картошка етиштирилган, шунингдек сабзавот 1067,796 минг тонна шундан 82,4 фоизи деҳқон ва томорқа хўжаликлари ҳиссасига тўғри келади. 113,736 минг тонна мева ишлаб чиқарилган бўлса шундан 69,2 фоизи деҳқон ва томорқа хўжаликлари ҳиссасига тўғри келади. Жорий йилда 103,151 минг тонна узум етиштирилган бўлиб шундан 55,1 фоизи деҳқон ва томорқа хўжаликларига қолгани бошқа хўжаликларга тегишли. 65,381 минг тонна полиз экинлари етиштирилган бўлса шундан 64,5 фоизини деҳқон ва томорқа хўжаликларига тўғри келади.

5-жадвал мамлакат аҳолисининг асосий озиқ-овқат маҳсулотларига бўлган йиллик истеъмол меъёри, ушбу маҳсулотларнинг умумий ишлаб чиқариш ҳажми ва аҳолини таъминот даражасига оид маълумотларни ўз ичига олади. Ушбу кўрсаткичлардан кўриниб турибдики, мамлакатда озиқ-овқат хавфсизлиги юқори даражада таъминланган ва кўпгина маҳсулотлар бўйича аҳоли эҳтиёжидан анча ортиқча ишлаб чиқариш мавжуд.

Масалан, дукакли дон, узум, сабзавотлар, полиз маҳсулотлари, сут ва гўшт каби маҳсулотлар аҳолининг эҳтиёжидан бир неча баробар кўп ишлаб чиқарилаяпти. Бу ҳолат нафақат ички бозорда барқарор таъминотни таъминлайди, балки ортиқча маҳсулотларни қайта ишлаш, экспорт қилиш ёки захира сифатида сақлаш имкониятини яратади. Хусусан, дукакли дон бўйича таъминот даражаси 403%ни ташкил этиб, бу маҳсулот экспорт учун муҳим салоҳиятга эга эканини кўрсатади.

Шу билан бирга, мева ва буғдой каби маҳсулотлар ҳам аҳолини тўлиқ таъминламоқда, аммо уларнинг таъминот даражаси бошқа маҳсулотларга нисбатан нисбатан пастроқ (мевада 111%, буғдойда 146%).

5 -жадвал

Республика бўйича аҳолининг асосий озиқ-овқат маҳсулотлари билан физиологик меъёрга нисбатан таъминот даражаси (2022 йил)[6]

(аҳоли сони 35271,276 минг киши)

т/р	Асосий озиқ-овқат маҳсулотлари	Аҳоли жон бошига йиллик истеъмол меъёри, (кг)	Маҳсулот ишлаб чиқариш миқдори, (тонна)	Озиқ-овқат маҳсулотлари билан таъминланиш даражаси, (%)
1.	Буғдой	139,4	7194800	146

6 Ўзбекистон Республикасининг статистик маълумотларидан келиб чиққан холлатта муаллифнинг таҳлили асосида

2.	Дукакли дон	3,10	439800	403
3.	Картошка	54,8	3285600	170
4.	Сабзавотлар	109,3	10850200	282
5.	Полиз маҳсулотлари	25,0	2285300	260
6.	Мева	73,0	2852600	111
7.	Узум	13,9	1695300	345
8.	Гўшт (сўйилган вазн)	30	2108080	200
9.	Сут	136,7	11274200	234
Жами		**x**		**x**

Деҳқон хўжаликларидан ундириладиган ер солиғини ҳисоблаб чиқариш чоғида 2.2.10-жадвалда келтирилган ставкаларга, ер сифатига боғлиқ ҳолда, қуйидаги коэффициентлар қўлланилади: тупроқ бонитети 40 баллгача бўлса - 0,75, 41 дан 70 баллгача бўлса - 1,0 ва 70 баллдан ортиқ бўлса - 1,25.

6 – жадвал

Қишлоқ жойларда жойлашган ер участкаларидан фойдаланганлик учун фуқаролардан ундириладиган ер солиғи[7] СТАВКАЛАРИ

Республика бўйича	0,01 га учун ер солиғи ставкалари, сўмда			
	деҳқон хўжалигини юритишга берилган ерлар учун			Жамоа боғдорчилиги ва полизчилигини юритишга берилган ерлар учун
	Суғориладиган майдон		Лалми ерлар	
	Аҳоли пунктлари	Аҳоли пунктидан ташқари		
	4 726,4	2 363,8	468,8	1 813,6

Юқорида келтирилган Тошкент вилояти статистик маълумотларга таянган ҳолда тадқиқот объект қилиб олинган Оҳангарон туманидаги деҳқон хўжаликларда монографик тадқиқотлар олиб борилди. Туманда деҳқон хўжаликлари аҳволи, улардаги маҳсулот етиштириш самарадорлигини ўрганиш мақсадида деҳқон хўжаликларида тадқиқот ўтқазилди. Унга кўра 2023 йил 1 январ холатига кўра туманда 2547 та деҳқон хўжалиги мавжуд бўлиб улар 1343 гектарни эгаллаган (7-жадвал).

7 Ўзбекистон Республикасининг ер солиғи 2023 йил

7-жадвал

Оҳангарон туманидаги барча тоифадаги хўжаликлар ер майдонларининг таркибининг ўзгариш динамикаси[8]

Кўрсаткичлар	Йиллар					2023 йил 2019 йилга нисбатан, %да
	2019	2020	2021	2022	2023	
Тошкент вилоятидаги хўжаликларнинг экин майдони (минг га)						
Фермер хўжалиги	19,639	16,837	12,657	13,274	13,843	0,69
Деҳқон хўжалиги	1,165	1,163	0,991	1,009	1,343	1,15
Бошқа тоифадаги хўжаликлар	3,641	4,087	3,695	3,360	3,420	0,94

Қуйидаги жадвалда 2020-2022 йиллардаги Оҳангарон туманидаги фермер хўжаликлари ва деҳқон хўжаликларида қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини ишлаб чиқариш ҳолатини ва етиштирилган маҳсулотлар қийматини таҳлил қилинди ва унга кўра бир гектар ҳисобига қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини етиштириш миқдори қишлоқ хўжалигининг асосий экин турлари мисолида таҳлил ўтқазилди ва дон ва дуккакли маҳсулотлар фермер хўжаликларида 1,6 тонна деҳқон хўжаликларида эса 1,8 тонна маҳсулот етиштирилган бўлиб картошка 0,2 тонна деҳқон хўжаликларида эса 4,4 тонна сабзавот 0,7 тонна деҳқон хўжаликларида 10,4 тонна етиштирилган уларниинг қишлоқ хўжалиги маҳсулотлари етиштириш қийматини тахлил қиладиган бўлсак, жами ишлаб чиқарилган маҳсулот қиймати гектарига фермер хўжаликлари 6175,0 минг сўмни ташкил қилди. Деҳқон хўжаликларида эса 56500,0 минг сўмни ташкил қилганини кўришимиз мумкин.

8 – жадвал

Тошкент вилояти Оҳангарон туманидаги бир гектар сувли ерларда фермер ва деҳқон хўжаликларида қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини ишлаб чиқариш ҳолати[9]

Хўжалик юритиш шакллари		Суғориладиган ер майдони, гектар	Бир гектар ҳисобига қишлоқ хўжалиги маҳсулоти етиштириш миқдори, (тонна)						Жами ишлаб чиқарилган маҳсулот
			Дон ва дуккакли маҳсулотлар	Картошка	Сабзавотлар	Полиз	Мевалар ва резаворлар	Узум	
Фермер хўжаликлари	2020 йил	16837	1,8	0,	1,0	0,1	0,2	0,01	х
	2022 йил	13274	1,6	0,2	0,7	0,1	0,03	0,01	х

8 Ўзбекистон Республикасининг статистик маълумоти 2018-2023 йй.
9 Ўзбекистон Республикасининг статистик маълумоти, 2019-2022 йй.

Деҳқон хўжаликлари	2020 йил	991	1,1	6,2	10,3	-	2,2	0,4	x
	2022 йил	1009	1,8	4,4	10,4	0,1	2,0	0,5	x
	Бир гектар ҳисобига қишлоқ хўжалиги маҳсулотлари етиштириш қиймати, (минг сўм)								
Фермер хўжаликлари	2020 йил	16837	3600,0	250,0	3000,0	200,0	700,0	70,0	7820,0
	2022 йил	13274	3200,0	500,0	2100,0	200,0	105,0	70,0	6175,0
Деҳқон хўжаликлари	2020 йил	991	2200,0	15500,0	30900,0	-	7700,0	2800,0	59100,0
	2022 йил	1009	3600,0	11000,0	31200,0	200,0	7000,0	3500,0	56500,0

Хулоса қилиб айтганда Тошкент вилоятидаги деҳқон хўжаликларида экин турларини тўғри танлаш, ер ресурсларидан оқилона фойдаланиш ва бозор талабларига мослашиш иқтисодий самарадорликни оширишда муҳим роль ўйнашини тасдиқлайди.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Ўзбекистон Республикасининг Ер Кодекси. Қонун ҳужжатлари маълумотлари миллий базаси, 30.04.1998 й.
2. Ўзбекистон Республикасининг Солиқ Кодекси. Қонун ҳужжатлари маълумотлари миллий базаси, 31.12.2019 й. 02/19/СК/4256-сон.
3. Ўзбекистон Республикасининг Деҳқон хўжалиги тўғрисидаги қонун. 01.04.2021 й. ЎРҚ-680-сон.
4. Ўзбекистон Республикасининг Томорқа хўжалиги тўғрисидаги қонун. 01.04.2021 й. ЎРҚ-681-сон.
5. Ўзбекистон Республикаси Ер фонди 2023 йил
6. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2021 йил 23 ноябирдаги “Мева-сабзавотчилик ва узумчиликда оилавий тадбиркорликни ривожлантириш, қишлоқ хўжалиги ишлаб чиқаришида деҳқон хўжаликларининг улушини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-20-сон қарори. https://lex.uz/docs/5739727

UDK: 332.3:528.8

BUGUNGI RIVOJLANAYOTGAN DAVRDA YER FONDIDAN FOYDALANISHDA YER MONITORINGINING O‘ZIGA XOS O‘RNI VA AHAMIYATI

A.K.Turopov *- Geoinnovatsiya markazi 3-bosqich mustaqil izlanuvchisi*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada hozirgi kunda mamlakatimizda “Yer hisobini yuritish va qishloq xo‘jaligi xaritalarini yaratishda raqamlashtirish” ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanish dasturini izchil amalga oshirilishi, iqtisodiy islohotlarni yanada chuqurlashtirilishi va rivojlantirilishida mamlakatimiz iqtisodiyotining manbai bo‘lgan yer resurslaridan samarali va maqsadli foydalanishda yer monitoringini yuritishning o‘rni va ahamiyatini yanada oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risidagi masalalar yoritib berilgan.*

Yer hisobini raqamlashtirish va elektron qishloq xo‘jaligi xaritalarini yaratish - yer resurslarini samarali boshqarishda eng muhim yo‘nalishlardan biridir. Zero, zamonaviy geoaxborot texnologiyalari yordamida yer maydonlarini aniq hisobga olish, ulardan oqilona foydalanish va muhofaza qilish imkoniyatlari kengayadi. Shu bilan birga, to‘g‘ri tashkil etilgan kadastr ma’lumotlari pirovard natijada iqtisodiyotimiz uchun muhim manba bo‘lib xizmat qiladi.

Hozirgi bozor iqtisodiyoti sharoitida yerlardan unumli foydalanish darajasini oshirish, yerlarning sifatini va unumdorligini yaxshilashda yer monitoringi muhim rol o‘ynaydi. Bizga ma’lumki, O‘zbekiston Respublikasining barcha yerlari, ularning huquqiy rejimi, foydalanish maqsadi va xarakteridan qat’iy nazar, monitoring obyekti hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: *yer maydoni, yer fondi, yer monitoringi, lalmi yerlar, ekin yerlar, Davlat yer kadastri, monitoring, yer munosabatlari.*

Аннотация. *В данной статье рассматриваются вопросы последовательной реализации программы социально-экономического развития «Цифровизация земельного учета и создание сельскохозяйственных карт» в нашей стране, меры по дальнейшему повышению роли и значимости земельного мониторинга в эффективном и целенаправленном использовании земельных ресурсов, являющихся источником экономики страны, в контексте дальнейшего углубления и развития экономических реформ.*

Цифровизация земельного учета и создание электронных сельскохозяйственных карт является одним из важнейших направлений эффективного управления земельными ресурсами. Ведь с помощью современных геоинформационных технологий расширяются возможности точного учета земельных площадей, их рационального использования и защиты. При этом правильно организованные кадастровые данные в конечном итоге служат важным ресурсом для нашей экономики.

В современной рыночной экономике земельный мониторинг играет важную роль в повышении уровня продуктивного землепользования, улучшении качества и продуктивности земель. Как известно, все земли Республики Узбекистан, независимо от их правового статуса, назначения и характера использования, подлежат мониторингу.

Ключевые слова: *площадь земли, земельный фонд, мониторинг земель, залежные земли, пахотные земли, Государственный земельный кадастр, мониторинг, земельные отношения.*

Abstract. *This article discusses the issues of the consistent implementation of the socio-economic development program "Digitalization of land accounting and creation of agricultural maps" in our country, measures to further increase the role and importance of land monitoring in the effective and targeted use of land resources, which are the source of our country's economy, in the context of further deepening and developing economic reforms.*

Digitization of land accounting and creation of electronic agricultural maps is one of the most important areas in the effective management of land resources. After all, with the help of modern geoinformation technologies, the possibilities of accurate accounting of land areas, their rational use and protection are expanding. At the same time, properly organized cadastral data ultimately serve as an important resource for our economy.

In the current market economy, land monitoring plays an important role in increasing the level of productive land use, improving the quality and productivity of land. As we know, all lands of the Republic of Uzbekistan, regardless of their legal status, purpose and nature of use, are subject to monitoring.

Keywords: *land area, land fund, land monitoring, fallow lands, arable lands, State Land Cadastre, monitoring, land relations.*

Kirish. Yer va suv resurslaridan oqilona hamda unumli foydalanilsagina yuqori hosildorlik va baraka bo‘ladi. Lekin so‘nggi 30 yil davomida irrigatsiya tarmoqlariga e’tibor berilmagani va yerga xo‘jasizlarcha munosabatda bo‘lish oqibatida 450 ming gektar sug‘oriladigan maydonlar foydalanishga yaroqsiz holga kelib qoldi.

Prezidentimiz Sh.M.Mirziyoevning O‘zbekiston Respublikasi Davlat soliq qo‘mitasi huzuridagi Kadastr agentligi faoliyatini tashkil etish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi 2020-yil7-sentabrdagi PF-4819-son qarori va “Yer hisobi va davlat kadastrlarini yuritish tizimini tubdan takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-6061-son Farmoni hamda “Yer munosabatlarida tenglik va shaffoflikni ta’minlash, yerga bo‘lgan huquqlarni ishonchli himoya qilish va ularni bozor aktiviga aylantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-6243-son farmoni yer resurslaridan foydalanish, uni muhofaza qilish asoslarini yaratib, rivojlanishning keyingi bosqichini boshlab berdi.

Davlat Yer fondi yer egaligi yoki yerlardan foydalanuvchilar hududidagi barcha yerlarni ya’ni - haydaladigan yerlar, ko‘p yillik dov-daraxtlar (bog‘lar, tokzorlar, tutzorlar, mevali daraxt ko‘chatzorlari, mevazorlar va boshqalar pichanzorlar, yaylovlar va boshqa yerlar,) egallagan yerlar qishloq

xo‘jaligi yerlari jumlasiga kiradi. 2025-yil 1-yanvar holatiga ko‘ra, O‘zbekiston Respublikasi yer maydoni 44 mln 892 ming 300 gektarni tashkil etib, u asosiy foydalanish maqsadiga ko‘ra 8 ta fond toifasiga bo‘linadi. Shu jumladan, eng yirik va eng dolzarb toifa qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlar bo‘lib, jami 26 mln 220 ming 700 gektarni tashkil qiladi. Ushbu maydondan 4 mln 10 ming 800 gektari ekin yerlaridir.

Qishloq xo‘jalik yerlari 25777,2 ming gektar yoki Respublika yer fondining 57,4 foizini qishloq xo‘jalik yer turlari tashkil etadi. Shundan sug‘oriladigan yerlar 3227,0 ming gektarni yoki umumiy yer fondining 9,4 foizini tashkil qiladi.

Respublikamizda sug‘oriladigan yer maydonlarining 51% har xil darajada sho‘rlangan, qishloq xo‘jaligining 30% dan ortiq maydonida degradatsiyaga uchragan yoki meliorativ holati yomonlashgan holatlar mavjud. Bunday salbiy holatlarni oqibatlarini tugatish, salbiy jarayonlarni oldini olish, qishloq xo‘jalik yerlarining meliorativ holatini yahshilash bo‘yicha chora tadbirlarni belgilashda yer monitoringi ma’lumotlaridan keng foydalaniladi.

Yer fondining asosiy yer turlari bo‘yicha taqsimlanish dinamikasi

1-jadval

T/r	Yer turlari	Yillar				
		2018	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**
1	Ekin yerlari	4026,4	4019,8	4033,5	4022,9	4016,1
2	Ko‘p yillik daraxtzorlar	391,6	398	403,8	415,2	421,4
3	Bo‘z yerlar	79,9	80,7	83,7	83,6	86,6
4	Pichanzorlar	21115,2	21102,5	21118	21244,3	21253,1
5	Qishloq xo‘jalik yer turlari	25614	25601	25639	25766	25777,2
6	Tomorqa yerlar	696,6	697,4	726	732,3	738,9
7	O‘rmonzorlar va butazorlar	3595,4	3595,2	3588,8	3589,6	3589,3
8	Bog‘dorchilik va sabzavotchilik uyushmalarining yerlari	7,3	7,3	7,2	7,2	7,2
9	Meliorativ qurilish holatidagi yerlar	71,9	71,9	68,9	68,8	68,9
10	Boshqa yerlar	14907,2	14919,6	14862,4	14728,5	14710,9
Jami yerlar		**44892,4**	**44892,4**	**44892,4**	**44892,4**	**44892,4**

Yer monitoringining maqsadi - yer fondini qonun talablarida belgilangan tarzda muhofaza qilish va undan foydalanishni davlat nazoratini olib borish, o‘z vaqtida huquqbuzarliklarni aniqlash, ularga baho berish, tabiiy va antropogen xarakterdagi yerlarga salbiy ta’sir etuvchi jarayonlarni oldini olish va ularning oqibatlarini bartaraf etish chora-tadbirlarini tavsiya etish.

O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2000-yil 23-dekabrdagi 469-sonli “O‘zbekiston Respublikasida yer monitoringi to‘g‘risidagi Nizomni tasdiqlash to‘g‘risida”gi qaroriga muvofiq ishlab chiqilgan “Yer monitoringi to‘g‘risidagi

Nizom” uning huquqiy targ‘ibotini belgilab beradi. Unga muvofiq yer monitoringining asosiy vazifalari quyidagilardan iborat:

1. Yerlardan oqilona foydalanish va ularni muhofazalashning davlat boshqaruvini tashkillashtirish;

2. Yer fondi holatining ma’lum bir davrlarda o‘zgarib bori shini aniqlash uchun kuzatuv tizimini tashkillashtirish va olib borish orqali uni baholash, bashoratlash hamda salabiy oqibatlarni oldini olish va bartaraf etish chora-tadbirlarini tavsiyalash;

3. Davlat yer kadastri, yerdan foydalanish, yer tuzish, davlat yer nazoratini olib borish kabi funksional vazifalarni bajarish.

Ushbu vazifalarni bajarish uchun yerlar ma’lum bir kuzatish maydonlariga ajratiladi, so‘ngra, ulardan olingan ma’lumotlarni umumlashtirish orqali yagona respublika yer fondining monitoringi aniqlaniladi.

O‘zbekiston Respublikasi yer fondi yerlardan foydalanish maqsadi va tartibiga ko‘ra o‘ziga xos hususiyatlarga ega bo‘lib, ular O‘zbekiston Respublikasi Yer kodeksining 8-moddasiga binoan 8 ta toifaga bo‘linadi va ular quyidagilar:

– qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlar;

– aholi punktlarining yerlari monitoringi;

– sanoat, transport, aloqa, mudofaa va boshqa maqsadlarga mo‘ljallangan yerlar monitoringi;

– tabiatni muhofaza qilish, sog‘lomlashtirish va rekreatsiya maqsadlariga mo‘ljallangan yerlar monitoringi;

– tarixiy-madaniy ahamiyatga molik yerlar monitoring;

– o‘rmon fondi yerlari monitoringi;

– suv fondi yerlari monitoringi;

– zahira yerlar monitoringi.

Yerlarning holati o‘zgarishlarning yo‘nalishi va jadalligiga oid bir qancha izchil kuzatishlarni (davriy, mavsumiy, sutkalik) tahlil qilish, olingan ko‘rsatkichlarni yerlarning sifat holati normativlari bilan taqqoslash orqali baholanadi. Yer holatini baxolash ko‘rsatkichlari muayyan davr yoki sana uchun ham absalyut, ham nisbiy ko‘rsatgichlarda (o‘lchov birligida) ifodalanadi.

Yerlar holatini baholash natijalariga ko‘ra tezkor ma’lumotlar, axborotlar, prognozlar va tavsiyanomalar tuziladi.

Yer monitoringining mazmuni yer fondi holatini maxsus tashkil etilgan muntazam kuzatishlar (suratga olish, tekshirish va qidiruv)dan quyidagi o‘zgarishlarini aniqlash, baholashva prognozlashdan iboratdir:

1. Yerga egalik qilish, yerdan foydalanish, ekinzorlar, dalalar, uchastkalar, manzara ekologiya komplekslarining holati;

2. Yerlar unumdorligining o‘zgarishiga, ularning tanazzuli va destruksiyasi (aridizatsiya va cho‘llanishi, suv, irrigatsiya va shamol eroziyasi, chirindi miqdori o‘zgarishi, tuproq tarkibining o‘zgarishi, ohakliligi, begona o‘t bosganligi, yerlarning pestitsidlar, og‘ir metallar, radionulidlar va boshqa toksik moddalar, sanoat, maishiy va boshqa chiqindilar bilan ifloslanishiga ta’sir qiluvchi jarayonlar (omillar);

3. Tabiiy ozuqabop o‘tlar qoplami holatining o‘zgarishi (o‘simliklar tarkibi, tuzilishi, hosildorligi, sifati va to‘yimliligining o‘zgarishi) bilan bog‘liq jarayonlar;

4. Daryolar qirg‘oqlarining, Orol

dengizi, ko‘llar, suv omborlari, irrigatsiya va gidrotexnika ishnootlarining xolati;

5. Jarliklar va o‘pqonlar, o‘pirilishlar, sel oqimlari, zilzilalar, suv toshqinlari degishlar, karst, yer cho‘kishi, boshqa ekzogen va endogen jarayonlar va antropotexnogen hodisalar tufayli paydo bo‘lgan jarayonlar;

6. Aholi yashash joylari, neft va gaz qazib olish, tozalash inshootlari, go‘ngxonalar, axlatxonalar, yonilg‘i-moylash materiallari, o‘g‘itlar, zaharli ximikatlar omborlari, toksik sanoat chiqindilari va radioaktiv materiallar ko‘milgan joylar, shuningdek boshqa sanoat obyektlari yerlarining holati.

Xulosa qilib aytganda, yer resurslaridan oqilona foydalanish va yer munosabatlarini tartibga solinishini takomillashtirish, tarkibiy o‘zgartirishlarni chuqurlashtirish va qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishini izchil rivojlantirish, mamlakatimizda ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanish dasturini izchil amalga oshirilishi, iqtisodiy islohotlarni yanada chuqurlashtirilishi va rivojlantirilishida respublika yer resurslaridan samarali va maqsadli foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Yer fondi toifalarining yillar bo‘yicha ko‘rsatkichlari

2-jadval

T/r	***Yer fondi turlari***	***Yillar*** *(Foiz hisobida)*				
		2018	***2019***	***2020***	***2021***	***2022***
1	*Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlar*	*20261,6*	*20236,3*	*20236,3*	*24057,1*	*27148,5*
2	*Aholi punktlarining yerlari*	*221,2*	*221,4*	*221,4*	*223,5*	*224,1*
3	*Sanoat, transport, aloqa, mudofaa va boshqa maqsadlarga mo‘ljallangan yerlar*	*857,1*	*866,3*	*866,3*	*876,3*	*879,6*
4	*Tabiatni muhofaza qilish, sog‘lomlashtirish va rekreatsiya maqsadlariga mo‘ljallangan yerlar*	*704,4*	*710,4*	*710,4*	*728,4*	*731,6*
5	*Tarixiy-madaniy ahamiyatga molik yerlar*	*14,3*	*14,5*	*14,5*	*14,7*	*14,6*
6	*O‘rmon fondi yerlari*	*11153,3*	*11199,5*	*11199,5*	*12021,4*	*12057,3*
7	*Suv fondi yerlari*	*833,7*	*836,9*	*836,9*	*827,0*	*827,1*
8	*Zahira yerlar*	*10846,8*	*10807,1*	*10807,1*	*6144,0*	*3009,6*
Jami yerlar		***44892,4***	***44892,4***	***44892,4***	***44892,4***	***44892,4***

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Sh.M.Mirziyoyevning 2017-yil 31-maydagi PF-5065-son Farmoni.

2. “O‘zbekiston Respublikasi Yer resurslarining holati to‘g‘risida”gi Milliy hisobot (2018-2022 yil) va O‘zbekiston Respublikasining yer fondi.

3. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2000-yil 23-dekabr 469-sonli “O‘zbekiston Respublikasida yer monitoringi to‘g‘risidagi Nizomni tasdiqlash to‘g‘risida” gi qaroriga muvofiq ishlab chiqilgan “Yer monitoringi to‘g‘risidagi Nizom”.

4. Q. R. Raxmonov “Yer monitoringi asoslari” o‘quv qo‘llanma. Toshkent-2008.

5. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2014-yil 18-avgustdagi “Qishloq xo‘jaligi ekin

maydonlarining normativ qiymatini aniqlash tizimini takomillashtirish to‘g‘risida”gi 235-sonli qarori.

6. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2021-yil 24-noyabrdagi “Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yer uchastkalarini ijaraga berish tartibiga doir normativ-huquqiy hujjatlarni tasdiqlash to‘g‘risida”gi 709-sonli qarori.

7. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 18-yanvardagi “Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yer uchastkalarini ijaraga berish tartibini takomillashtirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida” PF-15-sonli.

8. O‘zbekiston Republikasi Prezidentining 2022-yil 12-apreldagi “Muhandislik-kommunikatsiya tarmoqlari uchun yer uchastkalarini ajratish tartibini takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-204-sonli qarori.

9. O‘zbekiston Republikasi Prezidentining 2021-yil 24-fevraldagi “Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlardan foydalanish va muhofaza qilish tizimini takomillashtirishga doir qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida” PQ-5006-sonli qarori.

10. Vazirlar Mahkamasi 2021 yil 27 avgustdagi “Yer uchastkalarini jamoat ehtiyojlari uchun doimiy foydalanishga ajratishning ma’muriy reglamentini tasdiqlash to‘g‘risida” 543-sonli qarori.

11. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 17-iyundagi “Qishloq xo‘jaligida yer va suv resurslaridan samarali foydalanish chora-tadbirlari to‘g‘risida” PF-5742-sonli.

12. Q.R.Rahmonov “Yer monitoring asoslari” o‘quv qo‘llanma. Toshkent-2008.

13. Yerdan foydalanish iqtisodiyoti. Altiyev A.S. Toshkent-2019-yil.

14. Xashimdjonov M. «Экономическая оценка орошаемых земель» Диссертация. к.э.н. 1966, Стр. 113.

1. 15. Muxtorov O‘.B. “Qishloq xo‘jaligida yer resurslaridan samarali foydalanishni rag‘batlantirish mexanizmlarini takomillashtirish” mavzusidagi doktorlik dissertatsiyasi. T., 2021. 43-b

UDK: 504.03

YER MONITORINGI VA EKALOGIK BARQARORLIK

M.N. Oxunjonova *- “TIQXIMMI” Milliy tadqiqot universiteti 3-bosqich talabasi*

M. Isroilov *- TDAU magistranti*

Z.Z. Abdurahmonov *- “TIQXIMMI” Milliy tadqiqot universiteti “Davlat kadastrlari” assistenti*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada yer monitoringi va ekologik barqarorlik masalalari ilmiy-nazariy hamda amaliy jihatdan tahlil qilinadi. Yer resurslarining holatini muntazam kuzatish, baholash va nazorat qilishning ahamiyati, shuningdek, degradatsiya, eroziya, sho‘rlanish, vegetatsiya qoplamining qisqarishi va urbanizatsiya bosimi kabi salbiy jarayonlarning oldini olishdagi o‘rni yoritiladi. Tadqiqotda Namangan shahri hududi misolida 2016, 2020 va 2025-yillar uchun NDVI sinflari asosida yer qoplami holati baholandi. Natijalarga ko‘ra, 2020-yilda vegetatsiyalangan maydonlar kengaygan bo‘lsa, 2025-yilda bo‘sh*

yerlar ulushi keskin ortib, ekologik degradatsiya xavfi kuchaygan. Shu sababli GIS, masofadan zondlash va raqamli kadastr ma'lumotlariga asoslangan doimiy monitoring ekologik barqaror boshqaruv qarorlarini qabul qilishda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: *yer monitoringi, ekologik barqarorlik, NDVI, GIS texnologiyalari, masofadan zondlash, degradatsiya, vegetatsiya qoplami.*

Аннотация. *В данной статье научно-теоретически и практически анализируются вопросы земельного мониторинга и экологической устойчивости. Рассматривается значение систематического наблюдения, оценки и контроля состояния земельных ресурсов, а также роль мониторинга в предупреждении деградации, эрозии, засоления почв, сокращения растительного покрова и усиления урбанизационного давления. На примере территории города Наманган оценено состояние земельного покрова по классам NDVI за 2016, 2020 и 2025 годы. Результаты показывают, что в 2020 году площадь растительности увеличилась, тогда как в 2025 году резко возросла доля открытых земель, что усиливает риск экологической деградации. Следовательно, постоянный мониторинг на основе GIS, дистанционного зондирования и цифрового кадастра имеет важное значение для принятия экологически устойчивых управленческих решений.*

Ключевые слова: *земельный мониторинг, экологическая устойчивость, NDVI, GIS-технологии, дистанционное зондирование, деградация, растительный покров.*

Abstract. *This article analyzes land monitoring and ecological sustainability from scientific, theoretical, and practical perspectives. It highlights the importance of systematic observation, assessment, and control of land resources, as well as the role of monitoring in preventing land degradation, erosion, soil salinization, vegetation loss, and urbanization pressure. Using Namangan city as a case study, the land-cover condition was assessed based on NDVI classes for 2016, 2020, and 2025. The results show that vegetation-covered areas expanded in 2020, whereas by 2025 the share of bare land had sharply increased, indicating a higher risk of ecological degradation. Therefore, continuous monitoring based on GIS, remote sensing, and digital cadastre data is essential for making environmentally sustainable management decisions.*

Key words: *land monitoring, ecological sustainability, NDVI, GIS technologies, remote sensing, degradation, vegetation cover.*

Kirish. Bugungi kun ilm-fanning rivojlanayotgan bir davrda, innovatsion ishlanmalarning qo'llanilishi orqali jahonning ayrim rivojlangan mamlakatlarida ilm-fan va amaliyot uyg'unligi asosida tashkil etilgan yer monitoringi tadqiqotlarini yuritish o'zining ijobiy samaralarini bermoqda. Demak, yer fondida yuzaga kelayotgan har qanday salbiy holatlar kelib chiqishini zamonaviy innovatsion ishlanmalar asosida ilmiy bashoratlash, ularning oldini olish va bartaraf etishga ma'lum bir hissa qo'shish har bir soha olimlari va mutaxassis xodimlarning burchi hisoblanadi.[1]

Bugungi kunda jamiyatning har qaysi jabhasida keng ommalashib ulgurgan “monitoring” tushunchasiga duch kelamiz. Dastavval, monitoring nima? Uning kelib chiqishi tarixi, maqsad va mohiyatiga qisqacha to'xtalsak.

“Monitoring”so'zi lotincha so'zdan olingan bo'lib, “monitor” ogohlantirish, kuzatish, nazorat qilish kabi ma'nolarni anglatadi.

”Monitoring” atamasi birinchi marta 1971 yilda YUNESKO qoshidagi SKOPE (Atrof-muhit muammolari bo'yicha ilmiy qo'mita) maxsus komissiyasining tavsiyalarida ko'rsatib o'tilgan, keyin esa atrof-muhit monitoringi masalalari 1972 yilda Stokgolmda bo'lib o'tgan Birlashgan Millatlar Tashkilotining Atrof-muhit bo'yicha konferensiyasida ko'rib chiqilgan [1].

Sobiq ittifoq olimlarining atrof-muhit monitoringi sohasidagi ishlanmalari 1974 yilda BMTning atrof-muhitni muhofaza qilish dasturi tashkiloti tomonidan chaqirilgan hukumatlararo yig'ilishda taqdim etilgan bo'lib, unda jahon atrof-muhit monitoringi tizimini yaratish masalalari ko'rib chiqilgan, bu borada Yu.A.Izrael tomonidan “Global kuzatish tizimi. Atrof-muhitdagi o'zgarishlarni prognozlash va baholash”mavzusida maqola chop etilib, “monitor” atamasi “takroriy kuzatishlar tizimi” ta'rifi bilan fanga kiritilgan.

Umumiy qilib aytganda, atrof-muhit va tabiiy resurslarni monitoring qilishning global tizimi global iqlim isishi, ozon qatlamini saqlash muammosi, zilzilalarni bashorat qilish, o'rmonlarni saqlash, global cho'llanish va tuproq eroziyasi, suv toshqini, energiya resurslarini tejash, oziq-ovqat xavfsizligi kabi global ekologik muammolarni hal qilish uchun mo'ljallangan. Bunday atrof-muhit monitoringi quyi tizimiga misol sifatida “Xalqaro zilzilalarni nazorat qilish” dasturi doirasida ishlaydigan “Yer seysmik monitoringi”ning global kuzatuv tarmog'i va boshqalarni keltirish mumkin.

Ushbu tizimning bosh maqsadi - atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish faoliyati va ekologik xavf-xatarsizlikni boshqarishning axborot bilan ta'minlanishidir. Shu jihatdan, respublikada hozirgi bozor iqtisodiyoti sharoitida yerlardan foydalanish darajasini oshirish va yerdan olinadigan mahsulot miqdorini ko'paytirish maqsadida yer monitoringini tashkil etish muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Yer kodeksida yer monitoringining maqsadi yer fondidagi o'zgarishlarni o'z vaqtida aniqlash, yerlarga baho berish, salbiy jarayonlarning oldini olish va oqibatlarini tugatish va qishloq xo'jalik maqsadlariga mo'ljallangan yerlardan samarali foydalanish tashkil etish tizimidan iborat [O'zbekiston Respublikasining Yer kodeksi].

Tahlil va natijalar. Ekologik inqirozlar dunyoning ko'plab mamlakatlarida sodir bo'lib, ko'pincha milliy xususiyatdan mintaqaviy miqyosgacha o'sib boradi. 20-asr oxiri va 21-asr boshlaridagi eng yirik ekologik ofat Orol inqirozi boʻlib, bu yerda 35 milliondan ortiq aholi istiqomat qiladigan Markaziy Osiyo mintaqasini, jumladan, Oʻzbekistonni ham qamrab oldi. Ma'lumki, Orol dengizining nobud bo'lishining asosiy sababi Amudaryo va Sirdaryodan suv oqimining sezilarli darajada chekinishi, shuningdek, sug'orish tarmog'idagi sug'orish tarmog'ining katta yo'qotishlari bo'lgan.

Oʻzbekistonda iqtisodiyotning izchil rivojlanishi hamda aholining nisbatan yuqori oʻsishi munosabati bilan yer resurslariga bosimning kuchayishi muammosi tobora keskinlashib bormoqda. Iqtisodiy va demografik omillarning kuchayishi yerlarning va ayniqsa, sug'oriladigan yerlarning ma'lum darajada degradatsiyasiga olib keldi. Miqdoriy jihatdan sug'oriladigan yerlarning solishtirma maydoni muttasil kamayib bormoqda, bu 2008 yilda bir kishiga 0,14 gektardan kam edi. respublika boʻyicha oʻrtacha va Fargʻona vodiysi hududlarida 0,08-0,09. Qishloq xoʻjaligiga moʻljallangan yerlarning har yili noqishloq xoʻjaligi ehtiyojlari uchun olib qoʻyilishi, yangi yerlarni oʻzlashtirish imkoniyatlarining cheklanishi, shuningdek, sifatsiz sugʻoriladigan yerlarning iqtisodiy muomaladan mahrum boʻlishi qimmatli qishloq xoʻjaligi yerlari maydonining qisqarishining asosiy sabablari hisoblanadi. Tuproqning tanazzulga uchrashi bilan bogʻliq vaziyat ayniqsa keskin: sugʻoriladigan yerlarning 50 foizdan ortigʻi turli darajada shoʻrlangan, 2 million gektardan ortiq yer eroziya jarayonlariga uchragan, sanoat va maishiy chiqindilar bilan ifloslangan maydonlar oshib bormoqda. Tuproq sifati bo'yicha ko'rsatkich 1980 yildagi 60 balldan 2007 yilda 53 ballgacha kamaydi. Markaziy Osiyo mintaqasida chuchuk suvdan foydalanish keskin muammo bo'lib, uning 90 foizi qishloq xo'jaligiga ekinlarni sug'orish uchun ajratiladi. Manbalardan olinadigan sug'orish suvining salmoqli qismi yo'qolib, yerlarning yuqori minerallashgan suv bilan botqoqlanishiga olib keladi va yangi ekologik noqulay cho'ntaklar paydo bo'ladi. Respublikada ekologik muammolarning maksimal darajada ko'payishi mustaqillikning qo'lga kiritilishi, iqtisodiyotdagi tarkibiy o'zgarishlar, yangi davlat institutlarining paydo bo'lishi bilan bir vaqtga to'g'ri keldi, bu esa ekologik muammolarni hal qilish bo'yicha chora-tadbirlarni moliyalashtirishning iqtisodiy imkoniyatlari cheklangan.

Global miqyosda yuzaga kelayotgan ushbu ekologik vaziyat jamiyat (odamlar) va atrof-muhit o'rtasidagi munosabatlarning yangi tizimini shakllantirishni talab qiladi. Jahon hamjamiyati tabiiy muhitga antropogen yukni optimallashtirish va uning o'z-o'zini davolash qobiliyatini ta'minlash uchun barqaror rivojlanishning yangi modellarini ishlab chiqish uchun izlanish va sa'y-harakatlarni talab qildi. 1992 yilda BMTning atrof-muhit va rivojlanish bo'yicha konferentsiyasi (Riode-Janeyro) bo'lib o'tdi, unda jahon tizimining barqaror rivojlanishi nuqtai nazaridan muhim bo'lgan quyidagi beshta hujjat qabul qilindi: - 27 ta tamoyilga asoslangan Atrof-muhit va taraqqiyot deklaratsiyasi mamlakatlarning insonlar taraqqiyoti va farovonligini ta'minlash bo'yicha huquq va majburiyatlarini o'z ichiga oladi; - o'rmonni boshqarish, muhofaza qilish va barqaror rivojlanish tamoyillari bayoni; - kun tartibi 21 – barqaror ijtimoiy, iqtisodiy va ekologik rivojlanish nuqtai nazaridan dastur; - issiqxona effektiga qarshi kurash bo'yicha BMTning iqlim o'zgarishi bo'yicha doiraviy konventsiyasi; - BMTning biologik xilma-xillik to'g'risidagi konventsiyasi, u tirik mavjudotlarni saqlashni nazarda tutadi. Keyinchalik BMTning namlik darajasi yetarli boʻlmagan mamlakatlarda choʻllanishga qarshi kurash toʻgʻrisidagi konventsiyasi (Parij, 1994 yil) va barqaror rivojlanish va atrof-muhitni muhofaza qilish sohasidagi boshqa muhim xalqaro

hujjatlar qabul qilindi. O‘zbekiston Respublikasi ekologik xavfsizlikni ta’minlashga katta e’tibor qaratib, yuqoridagi xalqaro majburiyatlarni imzolagan va ularda belgilangan tavsiya va chora-tadbirlarni faol amalga oshirmoqda.[2]

Bugungi kunda ekalogik barqarorlik buzulish sabablari ko’p shu jumladan rivojlangan davlatlar ham doim ekologik baroqarorlikni taminlashga katta e’tibor qaratadi.

Germaniyada yer monitoringi raqamli kadastr va GIS tizimlari orqali olib boriladi. Tuproqni muhofaza qilish qonunlari qat’iy ishlaydi va qayta tiklanuvchi energiya ekologik yukni kamaytiradi. Natijada yer degradatsiyasi sezilarli darajada kamaygan.

AQShda yer monitoringi sun’iy yo‘ldoshlar va zamonaviy texnologiyalar asosida amalga oshiriladi. United States Geological Survey yer qoplami va resurslarni doimiy kuzatadi. Bu ekologik muammolarni erta aniqlash imkonini beradi.

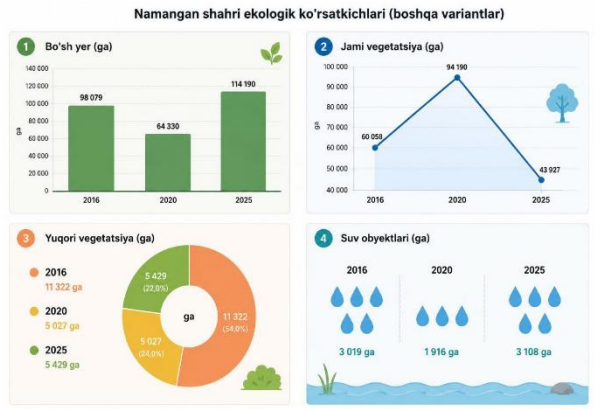
Yaponiyada yer resurslari cheklanganligi sababli qat’iy rejalashtirish olib boriladi. Tabiiy ofatlar monitoringi va aqlli texnologiyalar ekologik barqarorlikni ta’minlaydi.

Niderlandiyada suv va yer resurslari integratsiyalashgan boshqaruv asosida nazorat qilinadi. Polder tizimi va zamonaviy issiqxonalar ekologik barqaror qishloq xo‘jaligini ta’minlaydi.

Yerlari monitoring qilish yer holati va o’zgarishlari bilan birga ekalogik barqarorlik uchun ham katta hissa qo’shadi.Yerlarni doimiy nazorat qilish sho’rlanishi va degradatsiyasini oldini olish bugungi keskin iqilim o’zgarishi va axolining tez sur’atda borishida juda muhim.Yerlarni masafodan zondlash,GIS suniy yo’ldosh tasvirlari, raqamli yer kadastiri va monitoring qilish ekalogik barqarorlik uchun katta hissa qo’shmoqadi chunki muommolar ertaroq aniqlanadi va ular olish ham ancha ossonlashadi.

Yuqoridagilarni o’rganib biz shunday tahlil qilamizki ekologik barqarorlikni ta’minlash uchun yer monitoringi tizimi doimiy va tizimli ravishda olib borilishi kerak. Ma’lumotlar asosida aniq boshqaruv qarorlari qabul qilinishi, yer resurslaridan oqilona foydalanish siyosati yuritilishi zarur. Aks holda, yer degradatsiyasi iqtisodiy va ekologik muammolarga olib kelishi mumkin. Yer monitoringi ekologik barqaror rivojlanishning asosiy mexanizmlaridan biri bo‘lib, u ilmiy yondashuv va zamonaviy texnologiyalar asosida takomillashtirilishi lozim.

Bu holati namunmasi sifatida Namangan viloyati Namangan shaxri bo’yicha uchta yilni NDVI tahlilini ko’ramiz.NDVI tahlili natijalari Namangan shahri hududida 2016–2025-yillar oralig‘ida yer qoplami va vegetatsiya holati sezilarli darajada o‘zgarganini ko‘rsatadi. NDVI sinflari bo‘yicha eng muhim ekologik ko‘rsatkich — bu vegetatsiyalangan maydonlar ulushi va bo‘sh yerlar maydoni hisoblanadi. Chunki vegetatsiya qoplami tuproq namligini saqlash, chang-ko‘tarilish va eroziyani kamaytirish, havoning mikroiqlimini yumshatish, biologik xilma-xillikni qo‘llab-quvvatlash hamda shahar ekologik barqarorligini ta’minlashda asosiy rol o‘ynaydi.



2016 - yilda bo‘sh yerlar 98 079,03 ga yoki umumiy maydonning 60,86 % ini tashkil qilgan. Vegetatsiyalangan maydonlar esa jami 60 058,35 ga yoki 37,27 % bo‘lgan. Bu holat hududda vegetatsiya qoplami mavjud bo‘lsa-da, ochiq va kam qoplangan yerlar ustun ekanini ko‘rsatadi.

2016-2020-yilda ekologik holat nisbatan yaxshilangan. Bo‘sh yerlar maydoni 64 329,57 ga gacha kamayib, ulushi 39,92 % ga tushgan. Shu bilan birga, vegetatsiyalangan maydonlar 94 910,49 ga ga yetib, umumiy hududning 58,89 % ini tashkil qilgan. Bu davrda NDVI bo‘yicha yashil qoplama kengaygani hududda tuproq yuzasining vegetatsiya bilan qoplanishi ortganini, ekologik barqarorlik nisbatan kuchayganini bildiradi.

Biroq 2025-yilda keskin salbiy o‘zgarish kuzatiladi. Bo‘sh yerlar maydoni 114 121,08 ga ga yetib, umumiy maydonning 70,82 % ini egallagan. Vegetatsiyalangan maydonlar esa 43 926,93 ga yoki 27,26 % gacha kamaygan. Ayniqsa, 2020–2025-yillar oralig‘ida vegetatsiyalangan maydonlar 50 983,56 ga ga qisqargan. Bu ekologik jihatdan hududda yashil qoplama kamayishi, ochiq tuproq yuzalari kengayishi va ekologik bosim ortganini ko‘rsatadi.

Ekologik nuqtayi nazardan eng muhim holat shundaki, 2020-yilda vegetatsiya qoplami eng yaxshi holatga kelgan, ammo 2025-yilda bo‘sh yerlarning keskin ortishi hisobiga ekologik barqarorlik susaygan. Bo‘sh yerlar maydonining ko‘payishi tuproqning ochiq qolishiga olib keladi. Natijada shamol eroziyasi, chang ko‘tarilishi, tuproq namligining tez bug‘lanishi va yoz oylarida yer yuzasi haroratining oshishi ehtimoli kuchayadi.

Yuqori vegetatsiya maydonining 2016-yildagi 11 321,82 ga dan 2025-yilda 5 428,89 ga gacha kamayishi ham muhim ekologik signal hisoblanadi. Bu daraxtzorlar, zich yashil maydonlar yoki intensiv vegetatsiya qoplamiga ega hududlar qisqarganini bildiradi. Bunday qisqarish shahar va uning atrofi ekologik muvozanatiga salbiy ta’sir ko‘rsatib, kislorod ishlab chiqarish, karbonat angidridni yutish, mikroiqlimni yumshatish va biologik yashash muhitlarini saqlash imkoniyatlarini kamaytiradi.

Shu asosda aytish mumkinki, NDVI natijalari 2016–2025-yillar oralig‘ida Namangan shahri hududida ekologik holat bir maromda kechmaganini ko‘rsatadi. 2020-yilda vegetatsiya kengayishi ekologik tiklanish belgisi sifatida baholansa, 2025-yilda bo‘sh yerlar ulushining 70,82 % gacha ortishi ekologik degradatsiya xavfini kuchaytiruvchi omil sifatida qaraladi. Bu esa yer monitoringini muntazam olib borish, yashil hududlarni saqlash, bo‘sh yerlarni ekologik reabilitatsiya qilish va shaharsozlik jarayonlarida ekologik cheklovlarni hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi.

Xulosa. NDVI tahlili natijalari Namangan shahri hududida yer qoplami ekologik holati 2016–2025-yillar davomida sezilarli o‘zgarishga uchraganini ko‘rsatdi. 2020-yilda vegetatsiyalangan maydonlar ulushi

58,89 % ga yetib, ekologik holat nisbatan yaxshilangan bo‘lsa, 2025-yilda bu ko‘rsatkich 27,26 % gacha kamaygan. Aksincha, bo‘sh yerlar ulushi 70,82 % gacha ortgan. Bu holat vegetatsiya qoplamining qisqarishi, tuproq yuzasining ochilishi, eroziya va shahar issiqlik oroli xavfining kuchayishi mumkinligini ko‘rsatadi. Shu sababli NDVI asosidagi masofadan zondlash va GIS monitoringi yer resurslarining ekologik barqarorligini baholashda muhim ilmiy-amaliy vosita hisoblanadi.

Bugungi kunda monitoringga talab tobora ortib bormoqda. Buni tez va samarali qilish uchun suniy intelektni joriy qilish olingan ma’lumtlarni tezkor tahlil qilishga yordam beradi. Zamonaviy texnologiyalarni qo’llanishi bu sohada tezkorlikni taminlaydi, bu esa monitorinni asosiy vazifalaridan biri. Yer monitoringi va sun’iy intellekt texnologiyalarining integratsiyasi yer resurslarini kuzatish, baholash va tahlil qilish jarayonlarini tubdan takomillashtirdi. An’anaviy usullarda katta hajmdagi kosmik suratlar va geoma’lumotlarni qo‘lda qayta ishlash ko‘p vaqt va mehnat talab qilgan bo‘lsa, sun’iy intellekt ushbu jarayonlarni avtomatlashtirib, natijalarning aniqligi va tezkorligini sezilarli darajada oshirdi. Sun’iy intellekt algoritmlari sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida yer qoplamidagi o‘zgarishlarni, noqonuniy qurilishlarni, tuproq degradatsiyasini, ekin maydonlari holatini va suv resurslaridagi o‘zgarishlarni tezda aniqlash imkonini beradi. Natijada yer monitoringi tizimi real vaqtga yaqin rejimda ishlash, prognozlash va boshqaruv qarorlarini qabul qilishda samarali vositaga aylandi. Bu esa yer resurslaridan oqilona foydalanish, ekologik muammolarni barvaqt aniqlash va kadastr ma’lumotlarining ishonchliligini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Xulosa qilib aytganda, yer monitoringi va zamonaviy texnologiyalarni integratsiyalashgan holda qo‘llash ekologik barqaror rivojlanishni ta’minlashning samarali vositasi bo‘lib, uning rivojlantirilishi va keng qo‘llanilishi har bir mamlakat uchun ustuvor vazifa sifatida qaralishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. R.A.Turayev, Yer monitoringi - ”O’zdaverloyixa” davlat ilmiy loyixalash insituti -2022
2. R.A.Turayev, R.N.Sharapov - Lalmi yerlar monitoringi - ”O’zdaverloyixa” davlat ilmiy loyixalash insituti -2023
3. Chertovitiskiy A.S., Narbayev SH.K., Axmadaliyev V.A.- O’zbekiston Respublikasi oliy va o’rta maxsus ta’lim vazirligi “TIQXMMI” MTU
4. O‘zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasi. – Toshkent, O‘zbekiston Respublikasi, amaldagi tahrir.
5. O‘zbekiston Respublikasi Yer kodeksi. – Toshkent: O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi nashri, amaldagi tahrir.

UDK: 528.4.001.895 (575.111)

O‘ZBEKISTONDA KADASTR SOHASIDAGI ISTIQBOLLI YO’NALISHLAR (MUAMMOLAR, INNOVATSION YECHIM VA O‘SISH NUQTALARI)

Raxmonov Qosimjon *– “TIQXMMI” MTU, “Davlat kadastrlari” kafedrasi dotsenti, t.f.d., DSc.*

Annotatsiya. *O‘zbekistonda kadastr sohasidagi istiqbolli yo‘nalishlar hozirgi kunda davlat boshqaruvi, iqtisodiyot va ijtimoiy hayotning muhim qismiga aylangan. Kadastr tizimini modernizatsiya qilish mamlakatimizning barqaror rivojlanishi uchun strategik ahamiyat kasb etmoqda. Raqamli kadastr tizimiga o‘tish masalasini ko‘rib chiqish lozim. O‘zbekiston Respublikasida yer kadastri va ko‘chmas mulk ro‘yxatga olish tizimini to‘liq raqamlashtirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Bugungi kunda davlat kadastr idorasi bir qator elektron xizmatlarni joriy etgan bo‘lsa-da, to‘liq raqamli platforma yaratish jarayoni davom etmoqda. Maqolada kadastr sohasining asosiy istiqbolli yo‘nalishlari haqida batafsil ma’lumot berilgan.*

Kalit so‘zlar: *kadastr, innovatsion yechim, o’sish nuqtalari, kadastr obyekti, GAT, YAT, axborot tizimlari, kadastr muhandisi.*

Аннотация. *Перспективные направления в кадастровой сфере Узбекистана сегодня стали важной частью государственного управления, экономики и общественной жизни. Модернизация кадастровой системы имеет стратегическое значение для устойчивого развития нашей страны. Необходимо рассмотреть вопрос перехода к цифровой кадастровой системе. Полная цифровизация системы земельного кадастра и регистрации недвижимости в Республике Узбекистан является одним из приоритетов государственной политики. Сегодня Государственное кадастровое управление внедрило ряд электронных сервисов, но процесс создания полностью цифровой платформы продолжается. В статье представлена подробная информация об основных перспективных направлениях в кадастровой сфере.*

Ключевые слова: *кадастр, инновационные решения, точки роста, кадастровый объект, ГИС, ЗИС, информационные системы, кадастровый инженер.*

Abstract. *Promising directions in the field of cadastre in Uzbekistan have now become an important part of state administration, economy and social life. Modernization of the cadastre system is of strategic importance for the sustainable development of our country. It is necessary to consider the issue of transition to a digital cadastre system. Full digitalization of the land cadastre and real estate registration system in the Republic of Uzbekistan is one of the priorities of state policy. Today, the State Cadastre Office has introduced a number of electronic services, but the process of creating a fully digital platform is ongoing. The article provides detailed information about*

the main promising directions in the field of cadastre.

Key words: *cadastre, innovative solution, growth points, cadastral object, GIS (Geo information system), LIS (Land information system), information systems, cadastral engineer.*

Kirish. Raqamli kadastrning asosiy afzalligi shundaki, u fuqarolarga va tadbirkorlarga yer uchastkalarini ro‘yxatga olish, mulkiy huquqlarni rasmiylashtirish hamda kadastr ma’lumotlaridan foydalanish imkonini masofadan turib taqdim etadi. Bu esa korruptsiya xavfini kamaytiradi, byurokratik to‘siqlarni bartaraf etadi va vaqtni tejaydi. Kelajakda barcha kadastr ma’lumotlarini yagona milliy ma’lumotlar bazasiga birlashtirish, ularni turli davlat idoralari va fuqarolar uchun ochiq qilish rejalashtirilmoqda.

O‘zbekistonda kadastr sohasidagi muammolar ko‘p qirrali bo‘lib, ular huquqiy, texnik, institutsional va ijtimoiy-iqtisodiy jihatlarni qamrab oladi. Ushbu muammolarni chuqur tahlil qilish sohadagi islohotlarning to‘g‘ri yo‘nalishini belgilash uchun muhim ahamiyat kasb etadi.

Uslub va manbalar. O‘zbekistonda mavjud bo‘lgan kadastr ma’lumotlari bazasining katta qismi sovet davriga borib taqaladi. O‘sha davrda amalga oshirilgan o‘lchov ishlari zamonaviy geodezik standartlarga to‘liq javob bermaydi. Yer uchastkalarining chegaralari haqiqiy holatdan farq qilishi, hujjatlardagi koordinatalar esa real joy bilan to‘g‘ri kelmasligi hollari keng tarqalgan. Bu holat ko‘plab nizolarga, ayniqsa qo‘shni yer egalari o‘rtasidagi chegaraviy mojarolarga olib kelmoqda. Shaharlar atrofidagi qishloq va shaxarsozlik hududlarida ushbu muammo ayniqsa o‘tkir seziladi, chunki o‘tgan o‘ttiz yil ichida bu hududlarda yer foydalanishi tubdan o‘zgarib ketgan.

Ikkinchi jiddiy muammo bu yer uchastkalarini noqonuniy egallash va o‘zboshimchalik bilan qayta taqsimlash holatlaridir. Aholisi zich joylashgan hududlarda, shaharsozlik jadal kechayotgan mintaqalarda va qimmatbaho yer-suv resurslariga ega bo‘lgan joylarda yer uchastkalarini noqonuniy rasmiylashtirish hollari hamon kuzatilmoqda. Mahalliy hokimiyat vakillari va kadastr xodimlarining ba’zilari o‘z vakolatlaridan suiiste’mol qilgan holda yer uchastkalarini loyihasiz va qonunga xilof tarzda qayta belgilashga ko‘mak berganligiga doir faktlar matbuotda muntazam yoritilmoqda. Bunday holatlar fuqarolarning kadastr tizimiga bo‘lgan ishonchini pasaytiradi va noqonuniy yer muomalasi bozorining saqlanib qolishiga sharoit yaratadi.

Uchinchi muhim muammo kadastr ma’lumotlarining turli davlat idoralari o‘rtasidagi tartibsizligi va uyg‘unlik etishmasligi bilan bog‘liqdir. Hozirda O‘zbekistonda yer kadastri, arxitektura va qurilish organlari, soliq idorasi, kommunal xizmatlar va mahalliy hokimiyat idoralari o‘zlarining alohida ma’lumotlar bazalarini yuritmoqda. Bu bazalar ko‘pincha bir-biri bilan sinxronlashtirilmagan, ma’lumotlar esa ziddiyatli yoki to‘liqsiz bo‘lishi mumkin. Masalan, bitta yer uchastkasi turli idoralardagi ro‘yxatlarda har xil egaga yoki har xil o‘lchamlarga ega bo‘lib ko‘rinishi holatlari uchrab turadi. Bu esa fuqarolar uchun hujjatlarni

rasmiylashtirish jarayonini murakkablashtiradi va turli idoralar o‘rtasida kelishuvsizliklarni keltirib chiqaradi.

To‘rtinchi muammo bu kadastr xizmatlarida byurokratiya va korrupsiyaning saqlanib qolishidir. Rasmiy ravishda ko‘plab kadastr xizmatlari elektron tizim orqali ko‘rsatilishi ko‘zda tutilgan bo‘lsa-da, amalda fuqarolar hali ham turli idoralarga shaxsan borishga, ko‘plab qog‘oz hujjatlarni to‘plashga va ba’zan norasmiy to‘lovlar amalga oshirishga majbur bo‘lmoqda. Yer uchastkasini ro‘yxatga olish yoki mulkiy huquqni qayta rasmiylashtirish uchun talab etiladigan hujjatlar soni haddan tashqari ko‘p, muddatlar esa o‘ta uzoq. Bu holat norasmiy vositachilik xizmatlarini rag‘batlantiradi va kadastr xizmatlarining sifatiga nisbatan fuqarolar norozi bo‘lishiga sabab bo‘ladi.

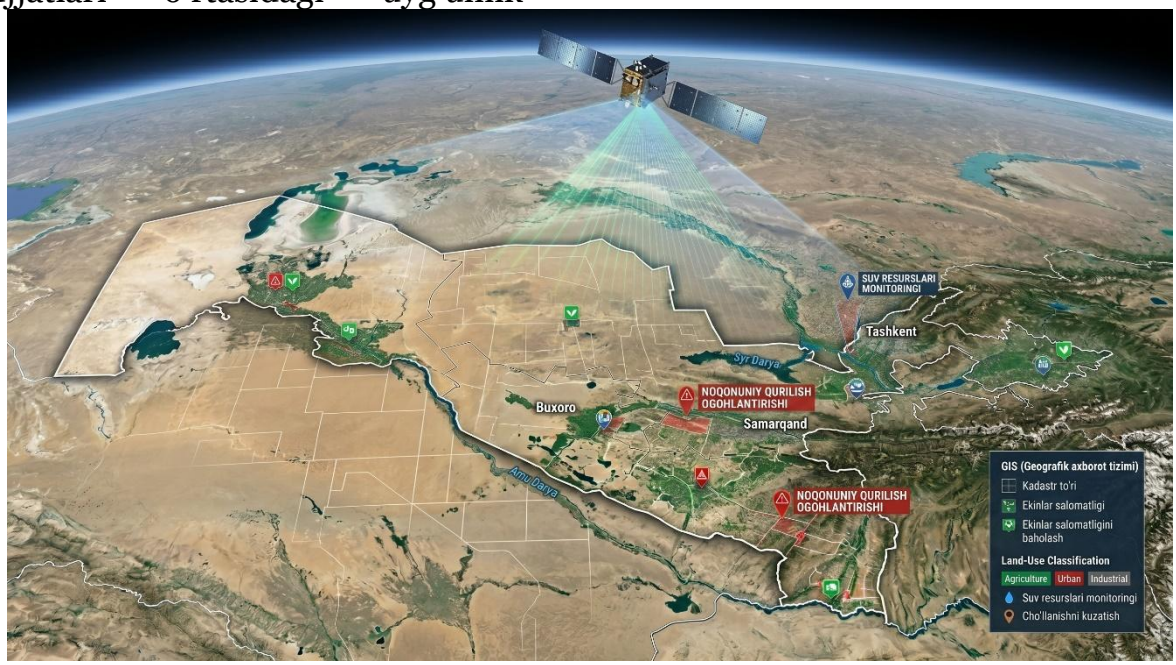
Beshinchi jiddiy muammo qishloq aholisining yer huquqlari yetarlicha himoyalanmaganligidir. O‘zbekistondagi fermerlar va dehqon xo‘jaliklari yurituvchilari ko‘pincha yer uchastkalariga doir hujjatlarni to‘liq rasmiylashtirishda qiyinchiliklarga duch kelmoqda. Ayniqsa merosdan o‘tgan yer uchastkalarini qayta ro‘yxatga olish, sug‘oriladigan va lalmi yerlarning chegaralarini aniqlashtirishda katta muammolar mavjud. Qishloq hududlarida kadastr xizmatlarining mavjudligi ham yetarli emas, ko‘pgina tumanlarning chekka qishloqlarida fuqarolar kadastr muhandisiga murojaat qilish uchun uzoq masofani bosib o‘tishga majbur bo‘lmoqda. Natijada ko‘p hollarda yer foydalanish amalda davom etsa-da, huquqiy jihatdan rasmiylashtirilmagan holda qolmoqda.

Oltinchi muammo malakali kadastr mutaxassislarining yetishmasligi va mavjud xodimlarning tayyorgarlik darajasining pastligidir. Kadastr muhandisligi, geodeziya, GIS va mulkni baholash sohasida yuqori malakali mutaxassislar soni talab darajasiga yetmaydi. Universitetlardagi ta’lim dasturlari ko‘pincha amaliy bilim va zamonaviy texnologiyalar o‘rganishdan ko‘ra eskirgan nazariy asoslarga suyanadi. Amaldagi kadastr xodimlari esa yangi texnologiyalarni o‘zlashtirishda qiyinchiliklarga duch kelmoqda, chunki muntazam qayta tayyorlash va malaka oshirish tizimi hali yetarlicha rivojlanmagan. Bundan tashqari, bu sohadagi ish haqi davlat sektori uchun nisbatan past bo‘lganligi sababli malakali kadarlar ko‘pincha xususiy sektorda yoki xorijda ishlashni afzal ko‘rmoqda.

Yettinchi muammo bu kadastr qiymatining real bozor qiymatidan sezilarli darajada farq qilishidir. O‘zbekistonda ko‘chmas mulkning kadastr qiymati ko‘pincha uning haqiqiy bozor qiymatidan bir necha barobar past belgilanadi. Bu holat bir tomondan soliq bazasini pasaytiradi va mahalliy byudjetlarga keladigan tushumlarni kamaytiradi, ikkinchi tomondan esa mulk oldi-sotdisi bitimlarida soya iqtisodiyotning shakllanishiga zamin yaratadi. Ko‘chmas mulk bozorida haqiqiy narx bilan hujjatlarda ko‘rsatiladigan narx o‘rtasidagi farq aholining katta qismiga ma’lum bo‘lib, bu holat nafaqat moliyaviy, balki huquqiy xavflarni ham keltirib chiqaradi.

Sakkizinchi muammo kadastr sohasidagi qonunchilik va me’yoriy hujjatlar tizimidagi ziddiyatlar va bo‘shliqlar bilan bog‘liqdir.

O‘zbekistonda yer munosabatlarini tartibga soluvchi bir qator qonunlar va me’yoriy hujjatlar mavjud bo‘lib, ular ba’zan bir-biriga zid qoidalarni o‘z ichiga oladi. Yer kodeksi, Fuqarolik kodeksi, ko‘chmas mulkni ro‘yxatga olish to‘g‘risidagi qonun va turli vazirliklarning me’yoriy hujjatlari o‘rtasidagi uyg‘unlik etishmasligi amalda qo‘llashda qiyinchiliklar tug‘dirmoqda. Yangi qurilish va shaharlarni rejalashtirish jarayonida kadastr hujjatlarini rasmiylashtirish tartibini belgilovchi qoidalar ham aniq emas va ko‘pincha turlicha talqin qilinmoqda.



1-rasm. O‘zbekistonda GIS tizimi istiqboli.

Hozirgi davrda kadastr sohasidagi shakllantirilayotgan axborotlar asosan elektron dasturlar va xaritalar asosida amalga oshirilmoqda. Quyidagi rasmda Respublika bo’yicha barcha yer uchastklari to’g’risidagi ma’lumotlardan foydalanish imkoniyatlari aks ettirilgan (1-rasm).

1-rasmda qayd etilganidek sun’iy yo’ldosh yordamida nafaqat yer uchastkalari balki, noqonuniy egallangan yer uchastkalari to’g’risidagi to’liq ma’lumotlarga ega bo’lish imkoniyati yaratiladi.

To‘qqizinchi jiddiy muammo eski sovet davri O’zbekiston mustaqillikga erishgunicha bo’lgan kadastr hujjatlaridan zamonaviy raqamli tizimga o‘tish jarayonidagi texnik qiyinchiklardir. Ko‘pgina yer uchastkalariga oid qog‘oz hujjatlar hali raqamli formatga o‘tkazilmagan yoki raqamlashtirish sifati past darajada amalga oshirilgan. Skanerlangan hujjatlar ko‘pincha mashinabop formatda emas, balki oddiy rasm sifatida saqlangan bo‘lib, ulardan qidiruv yoki tahlil maqsadida foydalanish qiyin. Koordinat tizimlarining eski va yangi standartlar o‘rtasidagi farqi ham katta muammo bo‘lib qolmoqda, chunki sovet davridagi koordinatalar zamonaviy GPS tizimlari bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri mos kelmaydi va konvertatsiya qilish jarayonida xatolar yuzaga kelishi mumkin.

O‘ninchi muammo bu ko‘p qavatli binolarda va shahar muhitida mulkiy huquqlarning kadastr nuqtai nazaridan yetarlicha aniq tartibga solinmaganligidir. Ko‘p kvartirali

uylarda, tijorat markazlarida va aralash foydalaniladigan binalarda umumiy foydalaniladigan joylar, parkovka maydonlari, texnik xonalar va boshqa hududlarning mulkiy holati koʻpincha aniq belgilanmagan. Bu holat kvartira va mulk egalari oʻrtasida doimiy nizolarga olib kelmoqda. Yangi qurilayotgan koʻp qavatli uylarning kadastr roʻyxatiga olinishi ham koʻpincha qurilish tugaganidan ancha keyin, baʼzan esa yillar oʻtgach amalga oshirilmoqda.

Oʻn birinchi muammo bu fuqarolarning oʻz yer va mulk huquqlari haqidagi huquqiy savodxonligining pastligidir. Aholining katta qismi kadastr tizimi qanday ishlashi, qanday hujjatlar kerakligi, murojaat qilish tartibi va oʻz huquqlarini qanday himoya qilish mumkinligi haqida yetarli maʼlumotga ega emas. Bu bexabarlik holati fuqarolarni noqonuniy bitimlar va mulkiy firibgarlik qurboniga aylanish xavfiga duchor qilmoqda. Ayniqsa keksa yoshdagi qishloq aholisi orasida mulk hujjatlarini tartibga solish zarurligini etarlicha anglamaslik holatlari koʻp uchraydi va bu ularning mulkiy manfaatlarini himoyasiz qoldirib qoʻymoqda.

Oʻn ikkinchi muamlo bu kadastr sohasining moliyalashtirilishi va zamonaviy texnik jihozlar bilan taʼminlanishidagi kamchiliklardir. Kadastr ishlarini zamonaviy standartlarda olib borish uchun yuqori aniqlikdagi GPS qurilmalari, geodezik asbob-uskunalar, professional droneʼlar va kuchli kompyuter tizimlari talab etiladi. Ammo koʻpgina hududlardagi kadastr idoralarida bu uskunalar yetarli emas yoki eskirgan. Markaziy va mintaqaviy idoralar oʻrtasidagi texnik jihoz darajasidagi farq ham katta boʻlib, bu kadastr xizmatlari sifatida hududiy tengsizlikni keltirib chiqarmoqda.

Oʻn uchinchi muammo Oʻzbekistondagi bir qator ekologik muammolar bilan kadastr tizimining bogʻliqligidir. Orol dengizining qurib borishi natijasida hosil boʻlgan yangi qurgʻoqchil yerlar, choʻllanish jarayonlari, shoʻrlanish va suv taʼminoti oʻzgarishlari yer uchastkalarining chegaralari va foydalanish maqsadini oʻzgartirmoqda. Bu oʻzgarishlarni kadastr tizimiga oʻz vaqtida va toʻgʻri aks ettirish hali yetarlicha yoʻlga qoʻyilmagan. Bundan tashqari, tabiiy ofatlar, suv toshqini va zilzilalar natijasida zararlangan yer uchastkalarining kadastr holatini qayta koʻrib chiqish ham tizimli muammo boʻlib qolmoqda.

Oʻn toʻrtinchi muammo bu kadastr sohasida xususiy sektor ishtirokining yetarlicha tartibga solinmaganligidir. Xususiy kadastr muhandislari va firmalar faoliyatini litsenziyalash, ularning ishi ustidan nazorat oʻrnatish va masʼuliyatini belgilash tizimi hali toʻliq shakllanmagan. Bu holat baʼzi xususiy kadastr tashkilotlari tomonidan kam sifatli yoki toʻgʻri boʻlmagan hujjatlarni rasmiylashtirishiga, fuqarolar esa past sifatli xizmat uchun ortiqcha toʻlashiga olib kelmoqda. Xususiy va davlat kadastr xizmatlari oʻrtasidagi raqobat munosabatlari ham yetarlicha tartibga solinmagan.

Oʻn beshinchi va nihoyatgi muhim muammo bu kadastr sohasida gender tengsizligidir. Oʻzbekistondagi ayollar, ayniqsa keva va ajrashgan ayollar, meros va nikoh orqali olingan yer hamda mulk huquqlarini roʻyxatga olishda koʻproq qiyinchilikka duch

kelmoqda. Huquqiy jihatdan ayollar ham barcha mulkiy huquqlarga ega bo‘lsa-da, amalda ularning mulk egasi sifatida ro‘yxatga olinish holatlari erkaklar bilan solishtirganda sezilarli darajada kam. Bu holat ayollarning iqtisodiy mustaqilligi va moliyaviy xavfsizligi uchun jiddiy to‘siq bo‘lib qolmoqda.

Barcha bu muammolarni hal etish O‘zbekistonda kadastr sohasini isloh qilishning asosiy vazifasi bo‘lib, ular faqat texnik yechimlar bilan emas, balki qonunchilikni takomillashtirish, institutlarni mustahkamlash, korrupsiyaga qarshi kurashni kuchaytirish va fuqarolarning huquqiy savodxonligini oshirish orqali kompleks tarzda yechilishi mumkin.

Natijalar. O‘zbekistonda kadastr sohasidagi muammolarni hal etish uchun innovatsion yechimlar tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. Texnologik taraqqiyot, raqamli transformatsiya va xalqaro tajribalar asosida shakllangan ushbu yechimlar kadastr tizimini tubdan yangilash imkoniyatini beradi. Quyida sohaning turli qirralarini qamrab oluvchi innovatsion yechimlar batafsil ko‘rib chiqiladi.

Quyidagi rasmda umumiy holatda O’zbekiston kadastr sohasidagi istiqbolli yo‘nalishlar qayd etilgan (2-rasm).



2-rasm. O’zbekiston kadastr sohasida istiqbolli yo‘nalishlari.

Birinchi va eng asosiy innovatsion yechim bu yagona milliy raqamli kadastr platformasini yaratishdir. Bu platforma barcha yer uchastkalariga oid ma’lumotlarni, mulkiy huquqlarga oid hujjatlarni, tarixiy o‘zgarishlar zanjirini va tegishli subyektlar ma’lumotlarini bitta markazlashtirilgan, lekin tarqatilgan arxitekturaga asoslangan tizimda saqlaydi. Bunday platforma faqat ma’lumot omborxonasi bo‘lib qolmay, balki turli davlat idoralari, fuqarolar va tadbirkorlar uchun interaktiv xizmatlar

koʻrsatuvchi ekotizimga aylanishi lozim. Yagona platforma doirasida har bir yer uchastka va mulk obʼekti uchun noyob identifikatsiya raqami berilishi, bu raqam esa soliq, kommunal xizmatlar, bank va boshqa tizimlar bilan sinxronlashtirilishi kerak. Platforma arxitekturasi bulutli hisoblash texnologiyasiga asoslanishi, maʼlumotlar esa bir nechta serverda zaxiralangan holda saqlanishi lozim, bu esa tizimning uzluksiz ishlashini taʼminlaydi.

Ikkinchi innovatsion yechim blokchein texnologiyasini kadastr tizimiga toʻliq integratsiya qilishdir. Blokchein asosidagi kadastr tizimi mulkiy huquqlarga oid barcha bitimlarni oʻzgartirib boʻlmaydigan, shaffof va markazlashmagan tarzda qayd etadi. Har bir mulk oʻtkazish, ipoteka rasmiylashtirish yoki chegarani oʻzgartirish holati blokchein zanjirida alohida blok sifatida saqlanadi va barcha ishtirokchilar tomonidan tasdiqlangan taqdirdagina kuchga kiradi. Bu texnologiya mulkiy firibgarlikni deyarli imkonsiz qiladi, chunki maʼlumotni oʻzgartirish uchun tarmoqdagi aksariyat tugunlarning roziligi talab etiladi. Bundan tashqari, aqlli shartnomalar orqali mulk sotib olish va sotish jarayonlari toʻliq avtomatlashtirilishi mumkin, yaʼni pul oʻtkazmasi tasdiqlanganda mulk huquqi ham avtomatik ravishda yangi egaga oʻtadi. Gruziya bu sohadagi eng muvaffaqiyatli tajriba sifatida koʻrsatiladi, u yerda blokchein asosidagi kadastr tizimi 2016 yildan beri muvaffaqiyatli ishlaydi va mulk roʻyxatga olish jarayonini bir necha kundan bir necha daqiqaga tushirgan.

Uchinchi innovatsion yechim sunʼiy intellekt va raqamli tahlil oʻrganish texnologiyalarini kadastr sohasiga joriy etishdir. Sunʼiy intellekt bir qator muhim vazifalarni bajarishda insonlarga nisbatan ancha tez va aniqroq ish qila oladi. Aerosuratlar va yoʻldosh tasvirlarini tahlil qilishda sunʼiy intellekt noqonuniy qurilishlarni, yer foydalanishi oʻzgarishlarini va chegaraviy buzilishlarni avtomatik ravishda aniqlay oladi. Yer uchastkasining qiymatini baholashda koʻplab omillarni, jumladan joylashuv, infratuzilma yaqinligi, tuproq sifati va bozor konyunkturasini bir vaqtda hisobga oluvchi sunʼiy intellekt modellari ancha obʼektiv va adolatli baho beradi. Bundan tashqari, tarixiy kadastr hujjatlarini sunʼiy intellekt yordamida optik belgilarni tanish texnologiyasi orqali raqamlashtirish va tuzilgan maʼlumotlar bazasiga aylantirish sovet davridagi qogʻoz arxivlarni tez surʼatda oʻzlashtirish imkonini beradi. Sunʼiy intellekt shuningdek kadastr nizolarini oldindan bashorat qilishda va ularning oldini olishga qaratilgan choralar taklif etishda ham qoʻllanilishi mumkin.

Toʻrtinchi innovatsion yechim dron texnologiyalarini kadastr ishlarida keng qoʻllashdir. Zamonaviy dronlar yuqori aniqlikdagi kameralar, lidar sensori va termal kamera bilan jihozlangan boʻlib, ular yer uchastkalarini anʼanaviy geodezik usullarga nisbatan ancha tez va arzon narxda oʻlchash imkonini beradi. Dronlar yordamida bir kunda yuzlab gektar maydonni suratga olish va aniq ortofotosurat xaritasini tuzish mumkin. Bu texnologiya ayniqsa togʻli, qiyinlik bilan kirib boʻladigan yoki tabiiy ofatlar taʼsirida oʻzgargan hududlarni kadastr maqsadida oʻrganishda juda samaralidir. Dronlar bilan olingan maʼlumotlar toʻgʻridan-toʻgʻri GIS tizimlariga yuklanishi va yer uchastkasi chegaralari avtomatik ravishda aniqlanishi mumkin. Oʻzbekistonda, ayniqsa Qoraqalpogʻiston va Surxondaryo kabi qiyin relyefli hududlarda dronlar

kadastr ishlarini tubdan osonlashtirishi mumkin.

Beshinchi innovatsion yechim Yer sun'iy yo'ldoshlari ma'lumotlaridan kadastr monitoringida muntazam foydalanishdir. Hozirda tijorat yo'ldoshlari har kuni butun Yer yuzasining yangi tasvirlarini olmoqda va bu tasvirlarning aniqlik darajasi yer uchastkalari chegaralarini farqlashga imkon beruvchi darajaga yetgan. Sun'iy yo'ldosh tasvirlarini muntazam tahlil qilib borish yer foydalanishi o'zgarishlarini real vaqtga yaqin rejimda kuzatish, qishloq xo'jaligi ekinlari holati va yer unumdorligini baholash, noqonuniy qurilish va yer egallash holatlarini erta aniqlash imkonini beradi. O'zbekistonda ayniqsa Orol dengizi havzasidagi yer degradatsiyasi, cho'llashish jarayonlari va sug'orish tarmoqlaridagi o'zgarishlarni kuzatish uchun yo'ldosh ma'lumotlari kadastr tizimiga integratsiya qilinishi lozim.

Oltinchi innovatsion yechim uch o'lchamli yoki 3D kadastrni joriy etishdir. An'anaviy kadastr tizimi faqat gorizontal tekislikda, ya'ni yer yuzasida joylashgan ob'ektlarni hisobga oladi. Ammo zamonaviy shahar muhitida yerning osti va usti ham intensiv foydalanilmoqda. Metro tunnellari, yer osti savdo markazlari, ko'prik va estakadalar ostidagi maydonlar, ko'p qavatli binalardagi alohida bo'limlar hamda yer usti kommunikatsiyalari 3D kadastr yordamida aniq belgilanishi mumkin. 3D kadastr ma'lumotlari BIM, ya'ni bino axborot modellashtirish texnologiyasi bilan birlashtirilsa, shaharsozlik va qurilish sohasida ko'chmas mulkni boshqarishning yangi darajasiga chiqiladi. Toshkent kabi yirik shaharlar uchun 3D kadastrni bosqichma-bosqich joriy etish kelajakdagi shahar rejalashtirish muammolarini oldindan hal etishga yordam beradi.

Yettinchi innovatsion yechim mobil ilovalar va ommaviy texnologiyalar, ya'ni crowdsourcing yondashuvidan kadastr sohasida foydalanishdir. Fuqarolar o'z smartfonlari orqali yer uchastkasi yoki mulk ob'ektiga oid muammolarni, masalan chegaraviy o'zgarishlar, noqonuniy qurilishlar yoki tashlandiq hududlarni bevosita kadastr tizimiga bildirishi mumkin bo'lgan mobil ilova yaratish innovatsion yondashuv hisoblanadi. Bunday ilova GPS koordinatalar va fotosuratlar bilan birga ma'lumot yuborish imkonini berishi, ma'lumot esa avtomatik ravishda kadastr xodimlariga ko'rib chiqish uchun yo'naltirilishi kerak. Kadastr muhandislari uchun esa dala ishlarida ishlatiladigan professional mobil ilova lozim, bu ilova yer uchastkasi chegaralarini GPS yordamida joyida o'lchash, fotohujjatlashtirish va natijalarni to'g'ridan-to'g'ri markaziy ma'lumotlar bazasiga yuborish imkonini berishi kerak. Bunday yondashuv kadastr ishlarining tezligini va sifatini sezilarli darajada oshiradi.

Sakkizinchi innovatsion yechim elektron hukumat xizmatlari doirasida kadastr xizmatlarini to'liq raqamli formatga o'tkazishdir. Fuqaro yer uchastkasini ro'yxatga olish uchun idoraga bormasdan, barcha hujjatlarni onlayn yuklab, ariza topshirib va natijani elektron shaklda olishi mumkin bo'lgan to'liq raqamli xizmat zanjiri yaratilishi lozim. Elektron imzolar va biometrik autentifikatsiya tizimini qo'llash orqali hujjatlarning haqiqiyligi va shaxsni tasdiqlanishi ta'minlanishi mumkin. My.gov.uz portali orqali allaqachon ba'zi kadastr xizmatlari ko'rsatilayotgan bo'lsa-da, to'liq raqamli zanjirni ta'minlash uchun hali bir qator qadamlar kerak.

Xizmat koʻrsatish muddatlari ham sezilarli qisqartirilishi va real vaqtda ariza holati kuzatib borish imkoniyati yaratilishi lozim.

Birinchi muhim yoʻnalish bu uy-joy va yerga egalik huquqlarini kengaytirish masalasidir. Oʻzbekistonda yer mulkchilik munosabatlari hali ham isloh qilinishi zarur boʻlgan soha hisoblanadi. Xususiy yer mulkchiligini kengaytirish, ayniqsa qishloq xoʻjaligi yerlarida, kadastr tizimining rivojlanishini yangi bosqichga olib chiqadi. Yer uchastkalarini toʻliq xususiy mulk sifatida roʻyxatga olish imkoniyati kengaytirilsa, bu investitsion muhitni yaxshilaydi va fuqarolarning mulkiy xavfsizligini oshiradi. Shu bilan birga, ipoteka kreditlash tizimini mustahkamlash uchun ham kadastr maʼlumotlari bazasining toʻliqligi juda muhim ahamiyat kasb etadi.

Ikkinchi yoʻnalish sifatida kosmik texnologiyalar va masofadan zondlash usullaridan foydalanish keng istiqbolga ega. Hozirda Yer sunʼiy yoʻldoshlari va dronlar yordamida yer uchastkalarini aniq kartografiyalash, yer ishlatilishi monitoringini olib borish kabi zamonaviy texnologiyalar kadastr sohasida keng qoʻllanila boshlangan. Oʻzbekistonda bu texnologiyalarni keng joriy etish yer uchastkalarining chegaralarini belgilashda xatolarni kamaytiradi, noqonuniy qurilish va yer egallash holatlarini aniqlashni osonlashtiradi hamda qishloq xoʻjaligi yerlarining holati va unumdorligini real vaqt rejimida kuzatish imkonini beradi. Ayniqsa, Orol dengizi havzasi va Qoraqalpogʻistonda yer degradatsiyasini monitoring qilish uchun ushbu texnologiyalar amaliy ahamiyat kasb etmoqda.

Uchinchi istiqbolli yoʻnalish bu BIM texnologiyalari va 3D kadastrni joriy etishdir. Dunyo miqyosida uch oʻlchamli kadastr tizimiga oʻtish tendentsiyasi kuchaymoqda. 3D kadastr koʻp qavatli binolarda alohida xonalar va kvartiralarga boʻlgan mulkiy huquqlarni aniq belgilash imkonini beradi, yer osti kommunikatsiyalari, metro liniyalari va tunnellarni kadastr tizimiga kiritishni taʼminlaydi, shuningdek, shahar rejalashtirish va arxitektura loyihalarini mulkiy huquqlar bilan uygʻunlashtiradi. Oʻzbekistonda shaharsozlikning jadal rivojlanishi, ayniqsa Toshkent metropoliteni va yangi turar-joy komplekslarining qurilishi, 3D kadastr tizimini joriy etishni kun tartibiga olib chiqmoqda.

Toʼrtinchi yoʻnalish blokchein texnologiyasini kadastr va mulk roʻyxatga olish tizimiga integratsiya qilishdan iborat. Blokchein texnologiyasi mulkiy huquqlarga oid barcha bitimlarni shaffof, oʻzgartirib boʻlmaydigan va markazlashmagan tarzda saqlash imkonini beradi. Bu esa mulkiy firibgarlik va qalbakilashtirish holatlarini minimumga tushiradi, mulkni sotib olish va sotish jarayonlarini tezlashtiradi, notarius va oraliq muassasalarga boʻlgan ehtiyojni kamaytiradi hamda fuqarolarning oʻz mulkiy huquqlariga boʻlgan ishonchini mustahkamlaydi. Bir qator davlatlar, jumladan Gruziya va Ukraina, kadastr tizimida blokchein texnologiyasini sinab koʻrgan va ijobiy natijalar olgan. Oʻzbekiston ham ushbu tajribadan foydalanishi mumkin.

Beshinchi muhim yoʻnalish bu kadastr va soliq tizimining integratsiyasidir. Koʻchmas mulk solig‘ini adolatli va samarali hisoblash koʻp jihatdan kadastr maʼlumotlarining toʻgʻriligiga bogʻliq. Hozirda Oʻzbekistonda koʻchmas mulk bozori bahosi bilan kadastr bahosi oʻrtasida sezilarli farq mavjud boʻlib, bu soliq bazasini notoʻgʻri shakllanishiga olib kelmoqda. Ushbu muammoni hal etish

uchun kadastr tizimini soliq idorasi ma’lumotlar bazasi bilan real vaqt rejimida integratsiya qilish zarur. Bu yerning real bozor bahosini aks ettiruvchi kadastr qiymatini belgilash, mahalliy byudjetlarga ko‘chmas mulk solig‘idan keladigan tushumlarni oshirish va mulk egalarining to‘g‘ri soliq to‘lashlari uchun sharoit yaratadi.

Oltinchi yo‘nalish sifatida kadastr sohasida inson kapitalini rivojlantirishni alohida ta’kidlash lozim. Yuqori malakali kadastr muhandislari, geodezistlar, GIS mutaxassislari va mulk qiymatini baholash bo‘yicha professionallar yetishtirishda yirik tanqislik mavjud. Oliy o‘quv yurtlarida kadastr mutaxassisliklarini modernizatsiya qilish, xorijiy universitetlar bilan hamkorlikni yo‘lga qo‘yish, amaldagi mutaxassislarni qayta tayyorlash va malakasini oshirish dasturlarini kengaytirish bu sohadagi kadrlar masalasini hal etishga yordam beradi. Shu bilan birga, kadastr muhandislarini sertifikatlash va ularning faoliyatini tartibga soluvchi professional standartlarni xalqaro talablar asosida qayta ko‘rib chiqish ham istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi.

Xulosa. Barcha innovatsion yechimlar alohida-alohida emas, balki tizimli va ketma-ket amalga oshirilgan taqdirdagina o‘z samarasini to‘liq beradi. O‘zbekistonda kadastr sohasidagi innovatsiyalarni muvaffaqiyatli joriy etish uchun kuchli siyosiy iroda, yetarli moliyalashtirish, malakali kadrlar va fuqarolarning faol ishtiroki zarur. Ushbu shartlar bajarilgan taqdirda O‘zbekiston mintaqada kadastr sohasidagi innovatsiyalar bo‘yicha etakchi davlatga aylanishi va o‘z tajribasini qo‘shni mamlakatlarga ham taklif etishi mumkin.

O‘zbekistonda kadastr sohasidagi o‘sish nuqtalari deganda biz avvalo tizimning o‘zida mavjud bo‘lgan, lekin hali to‘liq ro‘yobga chiqarilmagan imkoniyatlarni, tashqi omillar ta’sirida yuzaga kelayotgan yangi salohiyat manbalarini va strategik ahamiyatga ega bo‘lgan rivojlanish yo‘nalishlarini tushunamiz. Bu o‘sish nuqtalari to‘g‘ri tanilsa va ularga zarur resurslar yo‘naltirilsa, kadastr tizimini nafaqat texnik, balki iqtisodiy va ijtimoiy jihatdan ham yangi bosqichga olib chiqish mumkin.

Barcha sanab o‘tilgan o‘sish nuqtalari shuni ko‘rsatadiki, O‘zbekistonda kadastr sohasini rivojlantirish uchun ham ichki, ham tashqi omillar qulay muhit yaratmoqda. Bu o‘sish nuqtalaridan to‘g‘ri va ketma-ket foydalanish kadastr tizimini bugungi muammolar yukidan xalos qilib, uni kelajakka mo‘ljallangan zamonaviy, samarali va fuqarolar ishonchini qozongan tizimga aylantirishi mumkin. Buning uchun esa davlat, xususiy sektor, akademik hamjamiyat va fuqarolar jamiyatining birgalikdagi sa’y-harakatlari va uzoqqa mo‘ljallangan strategik fikrlash zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasining Konstitutsiyasi. – T.: “O‘zbekiston”, 2023.
2. O‘zbekiston Respublikasining Yer kodeksi // O‘zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari ma’lumotlari milliy bazasi (lex.uz).
3. O‘zbekiston Respublikasining Fuqarolik kodeksi // O‘zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari ma’lumotlari milliy bazasi (lex.uz).
4. O‘zbekiston Respublikasining “Ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish to‘g‘risida”gi Qonuni.
5. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2021-yil 29-dekabrdagi 535-son qarori “Ko‘chmas mulk obyektlariga kadastr pasportini rasmiylashtirish tartibini

takomillashtirish to‘g‘risida”.
6. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risidagi Farmoni.
7. Yagona interaktiv davlat xizmatlari portali (my.gov.uz) ma’lumotlari.
8. O‘zbekiston Respublikasi Kadastr agentligi faoliyatiga oid normativ-huquqiy hujjatlar to‘plami.
9. O‘quv adabiyot: “Ko‘chmas mulk kadastri asoslari”, Toshkent, 2022.
10. Mirzaabdullayeva, M. (2025). YER SERVITUTINI RIVOJLANISHI. Ижтимоий-гуманитар фанларнинг долзарб муаммолари Актуальные проблемы социально-гуманитарных наук Actual Problems of Humanities and Social Sciences., 5(S/8), 66–70. https://doi.org/10.47390/SPR1342V5SI8Y2025N10
11. Қ.Рахмонов,Ж.Рахмонов. Рақамли ер кадастри.Ўқув қўлланма.Тошкент. “ТИҚХММИ” МТУ.2014.-146 бет.
12. Чертовицкий А.С.,Рахмонов Қ. Ер ахборот тизими.Ўқув қўлланма.Тошкент. “ТИҚХММИ” МТУ.2023.-145б.
13. Yo‘ldoshev Sh. Fuqarolik huquqida qo‘shnichilik munosabatlari va servitut // Huquq va burch jurnali. – Toshkent, 2024. – №4. – B. 12-18.

Internet manbalari:

14. www.kadastr.uz
15. www.tiiame.uz
16. www.ziyonet.uz
17. www.lex.uz
18. https://uz.wikipedia.org
19. https://kadastr.uz/uz/dkp

UUK: 633.511:631.5:631.4:63.53:631.572

ҒЎЗА ҚАТОР ОРАЛИҚЛАРИГА ИШЛОВ БЕРИШНИНГ ТОЛА СИФАТ КЎРСАТКИЧЛАРИГА ТАЪСИРИ

Саломов Шавкат Туробович, қ.х.ф.д. *- “Тошкент ирригатция ва қишлоқ хўжалигини механизатциялаш муҳандислари институти” миллий тадқиқот университети. e-mail: shavkatsalomov2020@mail.ru, ORCID:0000-0001-8243-1725*

Муҳаммадов Йўлдошбек Акмал ўғли *- PhD, O‘zR FA Genomika va bioinformatika markazi, e-mail:yuldoshbekmukhammadov@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7637-3709*

Муродова Дилрабо Эргашовна *- “Тошкент ирригатция ва қишлоқ хўжалигини механизатциялаш муҳандислари институти” миллий тадқиқот университети.e-mail: d.murodova73@gmail.com, ORCID; 0009-0004-3325-5824*

Аннотация. *Мазкур мақолада турли қатор оралиқларида ғўза парваришлашда қатор оралиқларига КХУ-4Б ва фрезерли культиваторларда ишлов беришнинг тупроқ ҳажм оғирлиги, ғоваклиги ҳамда кўчат қалинлигининг пахта толасининг сифат кўрсаткичларига таъсирига боғлиқ маълумотлар келтирилган. Бунда тупроқнинг агрофизик кўрсаткичлари 76 см қатор оралиғида, 60 см (назорат)га нисбатан яхшиланганлиги маълум бўлиб тупроқ ғоваклиги 1-суғоришдан кейин 1,4-0,3 % га, мавсум охирида ушбу кўрсаткич мутоносиб равишда 50,6-47,4 % ни ташкил*

этиб назорат вариантидан 1,1-0,8 % га юқори бўлганлиги қайд этилди.

Толанинг сифат кўрсаткичлари таҳлил қилинганда 76 см қатор орасига КХУ-4Б ва фрезерли культиваторларда комплекс ишлов берилган вариантда назорат 60 см га нисбатан, Mic-микронейр 0,1, Str-солиштирма узилиш кучи 1,1 г куч/текс, UI-бирхиллик индекси 1,4 га ошганлиги, SFI-калта толалар индекси 0,4 % камлиги аниқланди.

Калит сўзлар: *тупроқ агрофизикаси, қатор оралиғи, ишлов бериш чуқурлиги, тупроқ қатламлари, турли культиватор, ўсиб-ривожланиш, пахта ҳосилдорлиги, тола узунлиги, тола сифати.*

Кириш. Маълумки**,** ғўза қатор оралиқларига ишлов беришда янги инновацион технологиялар қўлланилмоқда. Бунда қатор оралиқларига сифатли ишлов бериш ҳамда озуқалардан фойдаланиш коэффицентини оширишга эришилмоқда. Маълумки тупроқда мақбул намлик, ҳаво, иссиқлик ва озуқа режими яратилганда ўсимликнинг ўсиши ва ривожланиши жадаллашади.

Тупроқ агрофизикаси ўсимликнинг ўсиб-ривожланишига, пахта ҳосилдорлиги ҳамда сифатига таъсир этувчи омиллардан бўлиб, ўсимлик илдизлари учун сув, ҳаво, микробиологик жараёнлар ва озуқа элементлари миқдорини ва нисбатини ўзгартириб туриши тадқиқотлардан маълум.

Тадқиқот жойи ва манбаси. Тажриба Тошкент вилояти Юқори чирчиқ туманида типик бўз тупроқлар шароитида ўтказилди. Типик бўз тупроқлар эскидан суғорилиб келинаётган шўрланмаган автоморф тупроқ турига кириб, сизот сувлари 3-4 метр чуқурликда жойлашган. Тупроқнинг механик таркиби ўрта қумоқли тупроқлардир.

Тажрибада ғўзанинг ўрта толали “Равнақ-1” нави 60 см (назорат) ва 70, 76 см қатор оралиқларига КХУ-4Б ва фрезерли культиваторларда ишлов беришнинг тупроқ агрофизик хоссаларига ҳамда тола сифатига таъсири аниқланди.

Адабиётлар шарҳи. Илмий тадқиқотларида ерга ишлов бериш усулларини бир-бирига таққослаб таҳлил қилинганда ер доимий 35-40 см чуқурликда ишлов бериб, бир йўла 30 см баландликда пушта олиб сўнг экиш тадбирлари амалга оширилган фонларда 35-40 см чуқурликда ҳайдов ўтказилган фонга нисбатан 0,006-0,010 г/см^3 гача, 10-12 см чуқурликда минимал ишлов берилган фонга нисбатан эса 0,015-0,021 г/см^3 гача тупроқнинг ҳажм массасини камайганлигини Ф.М.Хасанова ва бошқалар аниқлаганлар [4].

Н.Э.Авлиёқулов, А.Э.Авлиёқуловлар [1] Ғўзанинг биринчи тип тола берувчи “Термиз-49” нави мақбул агротехник тадбирларни қўллаган ҳолда парваришланганда, тола чиқими 34,4 %, тола узунлиги 39,2 мм, тола узилиш қуввати 4,2 гс, метирик рақами 7600 мл/текс, нисбий узилиш қуввати 33,0 гс/текс ва 1000 дона чигит вазни 119 гр ни ташкил этган. Бу навни “Дўстлик” уруғлик тажриба станциясида 42 га майдонда экиб парваришланганда ўртача 47,6 ц/га ҳосил олишга эришилган.

М.С. Атабаева [5] лар “Андижон-36” ғўза навини тупроққа янги комбинацияли ишлов бериш технологиясини қўллаб парваришлашда кузда пушта остига азотли ўғитлар 200 кг/га меъёрда 100 % ва 50% аммиак шаклида қўлланилганда пахта толаси сифатига ижобий таъсир этганлиги аниқланган. Бунда ер 30-35 см ҳайдаб пуштага қўшқатор экиб, гектарига 148,8 минг/дона кўчат қалинлигида парваришланган вариантда, тола чиқими 38,2 %, тола узунлиги 34,2 мм, толанинг нисбий узулиш кучи 28,2 гк/текс ва микронейр 4,3 гк/куч бўлиб, ўртача 39,4 ц/га ҳосил олинганлиги таҳлилларда аниқланган.

Ғаниев М.С ва Беседин П.Н [9] маълумотларида, қишлоқ хўжалик техникалари билан тупроққа асосий ва қатор орасига ишлов беришда тупроқ агрофизик хоссаларига ҳамда тузилишларига бевосита ўз таъсирини кўрсатади. Тупроқ ғоваклигининг ортиб кетиши ёки унинг камайиб кетиши эса тупроқдаги нам сақлашининг бузилишига, тупроқ аэрациясининг ўзгаришига, фойдали микроорганизмларнинг фаол ҳаракатланишига салбий таъсир кўрсатиб, пахта ҳосилига ҳамда тола сифатини пасайиши мумкинлигини таъкидлашган.

А.С.Шамсиев олиб борган тадқиқотларида тупроқнинг ҳажм массаси минерал ўғитларни плёнка тўшалган эгатларга суғориш билан бирга қўлланилганда эса, тупроқнинг ҳажм массаси ва ғоваклиги энг паст кўрсаткичга эга бўлиб, 0-30 см қатламида 1,31 г/см^3 ва 51,4 % ни, 0-50 см. қатламида 1,33 г/см^3 ва 50,6 % ни, пастки 0-70 ва 0-100 см. қатламларида ўртача 1,35 г/см^3 ва 50 % га тенг бўлганлиги айтиб ўтилган [6].

Р.Қурвонтоев маълумотларида тупроқнинг физик хоссаларидан бири бўлган ҳажм массаси эрозия ва тупроқга ишлов бериш натижасида ўзгариб боради. Олинган маълумотларга кўра тупроқ юза қатламларида ҳажм масса ўртача эрозияланган қияликларда 1,31-1,42 г/см^3 ни, эрозияланмаган майдонда эса, 1,30-1,34 г/см^3 ни ташкил этишини айтиб ўтганлар [7].

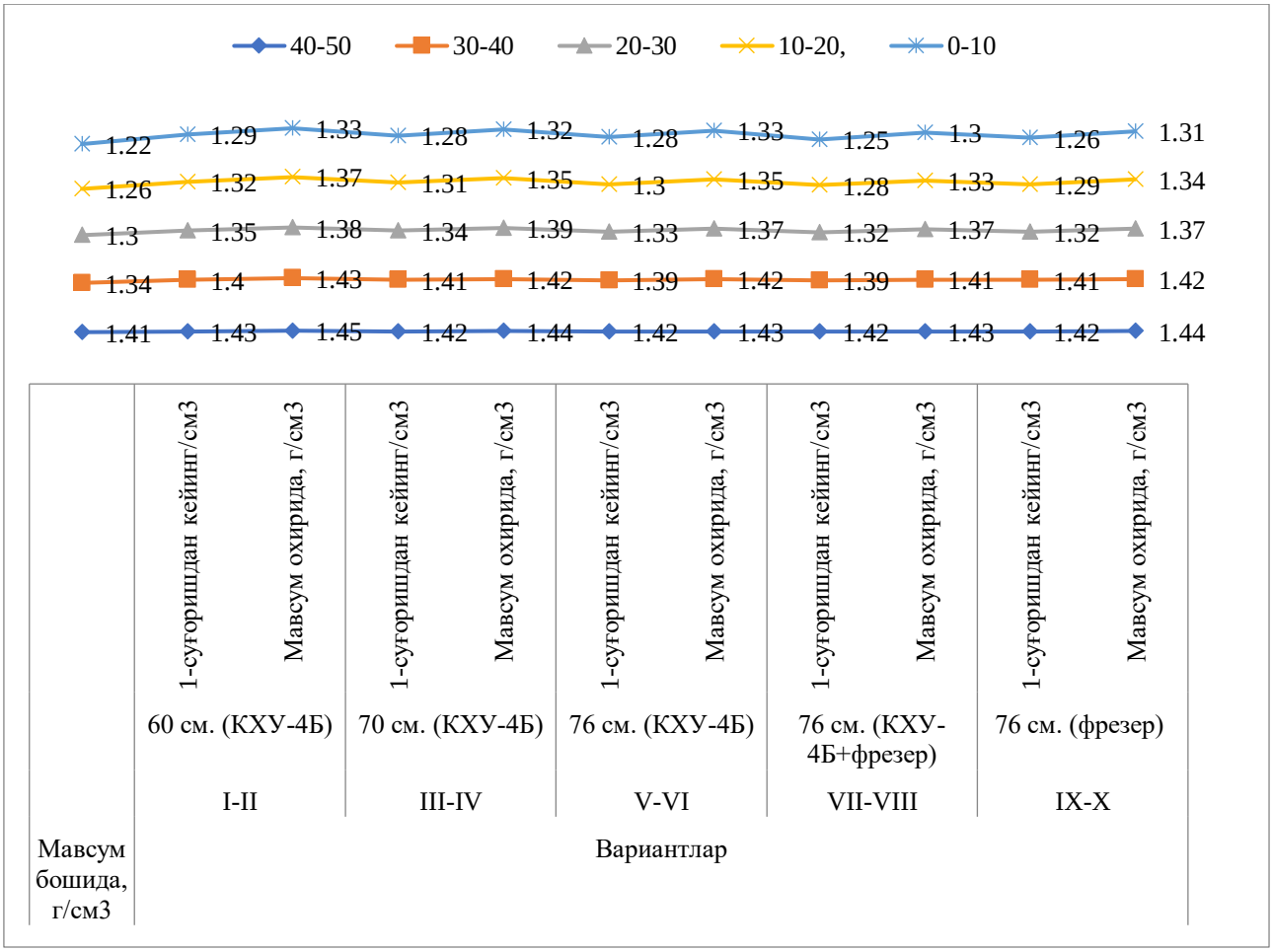
Д.Жанибеков тадқиқотларида чигитлар ёппасига плёнка тўшаб, пуштага қўшқатор қилиб 76 см экиш тизимида экилган 12,13-16 вариантларнинг 0-30 см қатламида тупроқнинг ҳажм оғирлиги таҳлил қилинганда, ўртача 1,369-1,378 г/см^3 ни, ғоваклиги 48,975-49,975 % ни ташкил этиб, амал даври бошига нисбатан тупроқнинг ҳажм оғирлиги 0,113-0,122 г/см^3 га ортиб, ғоваклиги 4,087-3,087 % га камайганлиги кузатилган бўлсада, амал даври охирида 2-назорат плёнка тўшаб чигит экилган вариантга нисбатан тупроқнинг ҳажм оғирлиги 0,021-0,029 г/см^3 га кам, ғоваклик эса 0,7-1,0 % га кўп эканлиги кузатилган [8].

Олинган натижалар. Агрофизикавий хоссалар тупроқда кечадиган барча жараёнлардаги йуналишларини белгиловчи муҳим кўрсатгич ҳисобланади. Тупроқнинг ҳажм оғирлиги унинг механик таркибига, чиринди миқдорига, донадорлик ҳолатига ва қовушқоқлик ҳолатига боғлиқ ҳолда ўзгарувчандир. Тадқиқотлар олиб бориладиган дала тупроғининг агрофизикавий таҳлилларини ўтказишда “Методы агрофизических исследований”

(Ташкент, 1973) қўлланмасидан фойдаланилди.

Тажриба даласи тупроқнинг ҳажм массасини аниқлашда амал даври бошида конверт усулида 5 та нуқтадан, 1-суғоришдан кейин ҳамда амал даври охирида ҳар бир вариантидан тупроқнинг 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 см. қатламларидан тупроқ намуналари цилиндр (ҳажми 100 см³) ёрдамида олиниб, Н.А.Качинский усулида аниқланди.

Айтиш мумкинки ғўза парваришлашда турли қатор оралиқларига ишлаб чиқаришда (Ўзбекистонда) қабул қилинган КХУ-4Б ҳамда Туркияда ишлаб чиқарилган фрезерли культиваторда ишлов берилганда тупроқнинг ҳажм массаси ва ғоваклиги ўзгариб, тупроқдаги биологик актив моддаларнинг фаол ҳаракатланишига ва озиқа режимининг ўзгаришига олиб келади. Шу нуқтаи назардан ўтказилган тадқиқотларда КХУ-4Б ҳамда Туркияда ишлаб чиқарилган фрезерли культиваторда ғўза қатор оралиқларига ишлов беришда тупроқнинг агрофизикавий хусусиятларига бўлган таъсири бўйича илмий тадқиқотлар 2020-2022 йилларда ўтказилди. Ўтказилган тадқиқотнинг барча йилларида бир бирига яқин маълумотлар қайд этилди.



1-расм. Қатор орасига турли культиваторларда ишлов беришнинг тупроқнинг ҳажм оғирлигига таъсири, қатламлар бўйича г/см ³. 2022 й.

Олиб борилган илмий тадқиқотларда тупроқ ҳажм оғирлигини аниқлашда мавсум бошида умумий фонда, 1-суғоришдан кейин ҳамда мавсум охирида вариантлар бўйича аниқланди.

Экиш олдидан (мавсум бошида) тажриба даласидан 5 нуқтадан тупроқ намуналари олиниб таҳлил қилинганда ҳайдов қатламида ҳажм оғирлиги 0-10, 10-20, 20-30 см қатламларига мутоносиб равишда 1,22-1,26-1,30 г/см^3 ни, 0-30 см да 1,26 г/см^3 ни ташкил этган бўлса, ҳайдов қатлам остида эса ҳажм оғирлиги 30-40, 40-50 см қатламида мутоносиб равишда 1,34-1,41 г/см^3 ни, 30-50 см да 1,37 г/см^3 ни ташкил қилди. 1-расм.

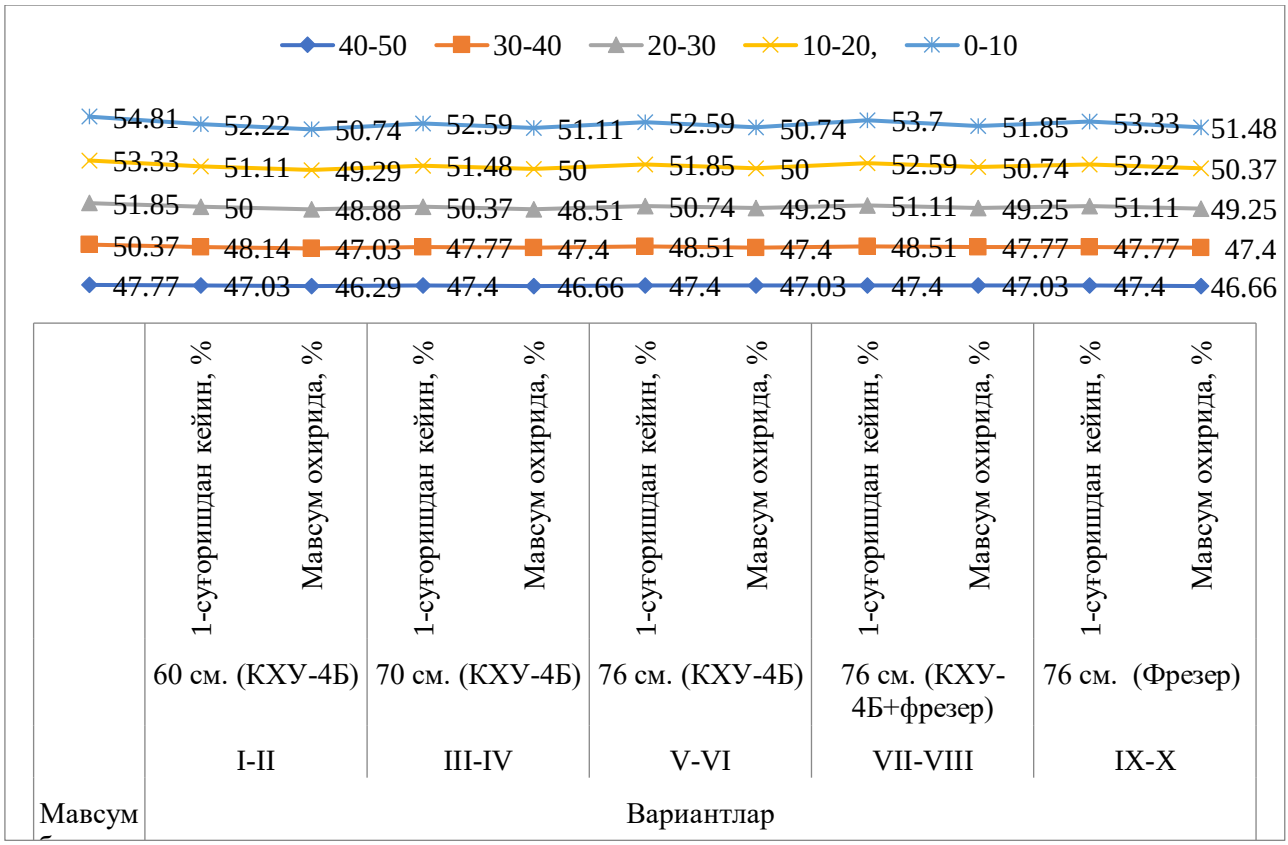
Олиб борилган тадқиқотда 60 см. қатор орасига ишлаб чиқаришда (Ўзбекистонда) қабул қилинган КХУ-4Б культиватори билан ишлов берилган I-II назорат вариантларида 1 суғоришдан кейин тупроқнинг ҳажм оғирлиги аниқланганда ҳайдов қатлами 0-10, 10-20, 20-30 см қатламларга мутоносиб равишда 1,29-1,32-1,35 г/см^3 ни, 0-30 см да 1,32 г/см^3 ни, ҳамда ҳайдов ости қатламида 30-40 ва 40-50 см қатламларига мутоносиб равишда 1,40-1,43 г/см^3 ни, 30-50 см да 1,42 г/см^3 ни, мавсум охирига келиб тупроқ ҳажм оғирлиги барча вариантларда вегитатция давомида олиб борилган агротехник тадбирлар ҳисобига бироз зичлашганлиги кузатилиб, тупроқ намуналари олиб таҳлил қилинганда 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 см қатламларига мутоносиб равишда 1,33-1,37-1,38-1,43-1,45 г/см^3 ни ташкил этди. Шунингдек, охирги 76 см. қатор орасига мавсум давомида фрезерли култиваторда ишлов берилган IX-X вариантларда тупроқнинг ҳажм оғирлиги 1 суғоришдан кейин 0-10, 10-20 ва 20-30 см. ҳайдов қатламида 1,26-1,29-1,32 г/см^3 ни ҳамда 30-40 ва 40-50 см. ҳайдов ости қатламида мутоносиб равишда 1,41-1,42 г/см^3, мавсум охирида эса бу кўрсаткич 0-30 ва 30-50 см қатламларига мутоносиб равишда 1,34-1,43 г/см^3 ни ташкил этганлиги номоён бўлди.

Таҳлил натижаларига кўра тупроқнинг ҳажм оғирлиги бўйича мақбул кўрсаткич 76 см. қатор орасига комплекс яни (КХУ-4Б+Фрезер+КХУ-4Б+Фрезер+КХУ-4Б) культиваторлари билан комплекс ишлов берилган VII-VIII вариантларда қайд этилиб, назорат (I-II) вариантларидан 1 суғоришдан кейин 0-30 см. ҳайдов қатлами ва 30-50 см. ҳайдов ости қатламида мутоносиб равишда 0,04-0,01 г/см^3, мавсум охирида эса бу кўрсаткич 0,03-0,02 г/см^3 га кам зичлашганлиги маълум бўлди. Ушбу вариантда ҳажм оғирлигининг нисбатан паст бўлишини қатор оралиқларига ишлов бериш культиваторларининг самаралилиги билан изоҳланади. 7-Расм.

Шуни алоҳида айтиб ўтиш керакки, ғўза парваришлашда қатор оралиқлари, ҳамда қатор оралиқларига КХУ-4Б ва фрезерли культиваторлар билан комплекс ишлов беришнинг тупроқ ҳажм оғирлигига таъсири сезиларли эканлиги аниқланди.

Маълумки, қишлоқ хўжалик техникалари билан ғўза қатор орасига ишлов беришда тупроқнинг туридан ёки ўтказилиш минтақасидан қатъий

назар, улар: тупроқ тиғизлиги, ғоваклиги, донадорлиги каби тупроқ тузилишларига бевосита ўз таъсирини кўрсатади. Тупроқ ғоваклигининг ортиб кетиши ёки унинг камайиб кетиши эса тупроқдаги нам сақлашининг бузилишига, тупроқ аэрациясининг ўзгаришига, фойдали микроорганизмларнинг фаол ҳаракатланишига ва шу каби бошқа салбий оқибатларга олиб келиши мумкин. Шу нуқтаи-назардан, ўтказилган тадқиқотларда ғўза қатор орасига турли культиваторларда ишлов беришнинг тупроқ ғоваклигига таъсири бўйича ҳам кузатувлар олиб борилди. Маълумки тупроқ ғоваклигининг юқори ёки паст бўлиши бевосита тупроқ ҳажм оғирлигига боғлиқ.



2-расм. Қатор орасига турли культиваторларда ишлов беришнинг тупроқ ғоваклигига таъсири, %. Қатламлар бўйича. 2022 й.

Тажриба даласида мавсум бошида яъни, ер тайёрлашдан олдин умумий фонда тупроқнинг ғоваклиги ҳайдов қатламида 0-10, 10-20, 20-30 см да мутоносиб равишда 54,81-53,33-51,85 % ни, 0-30 см да 53,3 %, ҳайдов ости 30-40, 40-50 см қатламларига мутоносиб равишда 50,37-47,77 % ни, 30-50 см қатламида 49,2 % ни ташкил этди. 2-расм.

Олиб борилган тадқиқотда тупроқ ғоваклиги 1-суғоришдан кейин ҳамда мавсум охирида ҳам ҳисобга олинди. 60 см. қатор орасига ишлаб чиқаришда қабул қилинган (КХУ-4Б) культиваторида ишлов берилган I-II назорат вариантларда 1-

суғоришдан кейин ҳайдов қатлами 0-10, 10-20, 20-30 см қатламларига мутоносиб равишда 52,22-51,11-50 % ни, 0-30 см да 51,11 %, ҳамда ҳайдов ости қатламида 30-40 ва 40-50 см қатламларига мутоносиб равишда 48,14-47,03 % га, 30-50 см да 47,4 % ни, мавсум охирига келиб бу кўрсаткичлар бироз пасайганлиги, яъни 0-30 см ва 30-50 см қатламларига мутоносиб равишда 49,62-46,66 % ни ташкил этди.

Қатор орасига ишлов бериш бўйича олиб борилган тадқиқотда 76 см. қатор орасига комплекс ишлов берилган VII-VIII вариантларда юқори кўрсаткичлар қайд этилиб 1-суғоришдан кейин ҳайдов қатлами 0-10, 10-20, 20-30 см қатламларига мутоносиб равишда 53,7-52,59-51,11 % ни, 0-30 см. 52,5 % ни, ҳайдов ости 30-40 ва 40-50 см қатламларига мутоносиб равишда 48,51-47,4 % ни, 30-50 см. қатламида 47,7 % ни ташкил этиб, назорат вариантидан 1,4-0,3 % га, мавсум охирида ушбу кўрсаткич мутоносиб равишда 50,6-47,4 % ни ташкил этиб назорат вариантидан 1,1-0,8 % га юқори бўлганлиги қайд этилди.

Олинган маълумотларнинг натижаларига кўра, 76 см. қатор орасига КХУ-4Б ва фрезер культиваторида комплекс ишлов берилганда тупроқнинг ғоваклиги ишлаб чиқариш шароити (Ўзбекистон)да қабул қилинган культиваторда ишлов берилганга нисбатан яхши сақланганлиги аниқланди.

Ўтказилган илмий тадқиқотларимизда пахта ҳосили сифатининг юқори бўлиши ундан олинадиган саноат маҳсулотларининг жаҳон андозаларига мос келишини таъминлаш лозим. Кузатувларда ғўзани “Равнақ-1” навини 60 см ва 76 см қатор орасида парваришлашда қўлланиладиган барча агротадбирларнинг пахта толаси технологик сифат кўрсаткичларига таъсири ҳам таҳлил қилинди. Бу тажрибаларимизда пахта ҳосилини ҳар бир теримдан олдин олинган намуналари таҳлил учун HVI-дасгоҳида толанинг технологик сифат кўрсаткичлари аниқланди. 2-жадвал.

Толанинг технологик сифат кўрсаткичлари. (2022й)

2-жадвал

Вар.№	SCI -ип йигирувчанлик коэффициенти	Mic- Микронейр	Mat-Пишиб етган-лик коэффициенти %	UHML-Юқори ўртача узунлик (дюйм)	UI-Бирхил-лик индекси	SFI-Калта толалар индекси (%)	Str -Солиш-тирма узилиш кучи (гкуч/текс)	Elg-Узилиш-даги узайиш	Rd-Нур қайтариш коэффициенти %	+b-Сар-ғишлик даражаси	CGrd-Ранг бўйича нав	Tr Cnt- Ифлос аралашмалар сони	Tr Ar-Ифлос аралаш-малар майдони %	Tr ID-Треш код
1	143	4,5	0,88	1,20	83,5	8,1	32,3	5,9	78,7	7,0	31-2	10	0,1	1
2	134	4,5	0,87	1,18	82,2	10,5	31,7	6,0	78,3	6,6	41-1	12	0,2	2
3	142	4,4	0,89	1,20	84,0	6,6	32,5	6,1	78,7	7,0	31-2	10	0,1	1
4	153	4,5	0,88	1,19	84,9	6,3	34,5	5,7	76,6	6,3	41-2	12	0,1	1
5	152	4,4	0,88	1,22	85,4	5,9	32,5	6,1	79,2	6,5	41-1	12	0,2	1
6	145	4,5	0,87	1,21	84,2	7,6	31,2	6,9	80,8	5,9	41-1	7	0,1	1
7	150	4,4	0,88	1,23	84,9	7,7	33,4	6,9	76,5	6,7	41-1	14	0,2	2
8	154	4,5	0,88	1,21	83,9	6,4	35,9	6,7	77,6	7,4	31-2	11	0,1	1
9	147	4,5	0,88	1,21	83,9	8,2	33,4	5,6	75,4	7,2	41-1	13	0,3	3
10	143	4,5	0,87	1,20	83,6	6,9	31,6	6,1	79,8	6,6	31-2	6	0,1	1

Ўтказилган тадқиқотларимизда 76 см ғўза қатор орасига фрезер+оддий культиваторда ишлов берилган ҳамда назарий кўчат қалинлиги 90-100 минг туп/га бўлган вариантда лаборатория шароитида таҳлил қилинганда тола узунлиги 36,6 мм, тола чиқими 36,3 % ни, 1000 дона чигит вазни 122,8 гр. ни ташкил қилди. Бунда қатор оралиғи 60 см назорат вариантларига нисбатан тола узунлиги 0,4-0,8 мм юқори, тола чиқими 0,3-0,1 % га кам, 1000 дона чигит вазни 2,7-3,6 гр га юқори бўлганлиги таҳлилларда кузатилди. Толанинг сифат кўрсаткичлари республика сифат марказида таҳлил қилинганда ғўза қатор оралиғи 76 см бўлган вариантда, 60 см вариантидан пахта толаси технологик хусусиятларининг айрим кўрсаткичларигина фарқланганлиги кузатилди. Бунда, Mic-микронейр 0,1, UI-бир хиллик индекси 1,4 га, UHML-тола узунлиги 0,03 дюйм, Str-солиштирма узилиш кучи 1,1 г куч/текс ошганлиги, SFI-калта толалар индекси 0,4 % камлиги аниқланди.

Хулосалар. Умуман олганда ғўза қатор орасининг турлича бўлиши ҳамда қатор орасига турли культиваторларда ишлов бериш тупроқ агрофизикаси ва пахта толасининг сифат кўрсаткичлари яхшиланишига маълум даражада таъсир этди. Бунда 76 см қатор орасига фрезер+оддий культиваторда ишлов берилиб ғўза парваришланганда илдиз тизими шаклланиши, намлик меъёрида бўлиши, ҳаво алмашинуви яхшиланиши, ғўзанинг ўсиши ва ривожланиши ҳамда озиқалардан фойдаланиш коэффициенти жадаллашиши аниқланиб, назоратга нисбатан қўшимча ҳосил олиниб, толанинг технологик сифат кўрсаткичи ижобий томонга ўзгарганлиги таҳлил натижаларида маълум бўлди.

Фойдаланилган адабиётлар.

1. Авлиёқулов Н.Э., Авлиёқулов А.Э. Ғўзанинг биринчи тип тола берадиган янги-“Термиз 49” нави, унинг морфологик ва технологик кўрсатгичлари / “Ўзбекистон Республикаси қишлоқ хўжалигида сув ва ресурс тежовчи агротехнологиялар” мавзусидаги халқаро илмий-амалий конференция маърузалар асосидаги мақолалар тўплами. 2008 йил Б.414-417

2. Дала тажрибаларини ўтказиш услублари. ЎзПИТИ, Тошкент, 2007 й. –1-146 б.

3. Расулов А.М., Эрматов А.Қ. Тупроқшунослик асослари ва деҳқончилик. Тошкент-1980 Б.32-34.

4. Ҳасанова Ф., Карабаев И., Атабаева М. “Ғўза ва унинг мажмуидаги экинларни парваришлашда экиш олдидан ерга турли усулларда ишлов беришнинг тупроқ ҳажм массаси ҳамда экинлар ҳосилдорлигига таъсири” // Агро илм журнали Махсус сон. 2022 й. – Б.6-9

5.Атабаева М.С. Тупроққа янги комбинацияли ишлов беришнинг Андижон-36 ғўза навини пахта толасининг технологик сифат кўрсаткичларига таъсири / “Қишлоқ хўжалиги экинлари генетикаси, селекцияси, уруғчилиги ва етиштириш агротехнологияларининг долзарб муаммолари ҳамда ривожлантириш истиқболлари” мавзусидаги халқаро илмий-амалий конференцияси материаллари тўплами (2018 йил, 18-19 декабр) -Б.399-402.

6. Шамсиев А.С., Равшанов А.Э., Камилов Б.С., Зиятов М.П., Бобокандов Ш.Р. “Ғўзани суғоришда мульчалаш ва фертигациянинг тупроқни агрофизик хусусиятларига таъсири” // Пахтачилик ва дончилик илмий-оммабоп журнали №1-сон (1) 2021. -Б.101-105

7. Қурвонтоев Р., Мўминов С.М., Муродов Ф., Эрназарова Х.Б. “Лалми ерларда тупроққа ишлов беришнинг янги техникаси ва технологияси” / Ўзбекистон тупроқларининг унумдорлик ҳолати, муҳофазаси ва улардан самарали фойдаланиш масалалари Республика илмий-амалий конференцияси илмий мақолалар тўплами Тошкент-2013. -Б.153-157

8. Жанибеков Д. “Чигит экиш усулларининг тупроқ агрофизик хоссаларига таъсири” // Агро илм журнали №5. 2022 й. –Б.12-13

10. www.Agriculture.uz

11.www.ziyouz.com

12. www.agro.uz

UUK: 332.3:528.4

РОЛЬ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА ПРИ РАЗМЕЩЕНИИ САДОВОДЧЕСКИХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ (ТАШКЕНТСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Ш. Ахмаджонова *- студентка 2 курса НИУ ТИИИМСХ*
З.Х. Хафизова *- старший преподователь*

Аннотация*: В статье рассматривается роль землеустройства в размещении садоводческих фермерских хозяйств на примере Ташкентской области. Проанализированы земельные ресурсы, структура орошаемых земель, эффективность использования территории и влияние пространственной организации на урожайность садоводческой продукции.*

Ключевые слова*: землеустройство, садоводство, фермерские хозяйства, Ташкентская область, интенсивные сады, орошение, аграрные реформы.*

Annotation: *The article examines the role of land management in the placement of horticultural farming enterprises using the example of the Tashkent region. It analyzes land resources, the structure of irrigated lands, the efficiency of land use, and the impact of spatial organization on the productivity of horticultural production.*

Keywords: *land management, horticulture, farms, Tashkent region, irrigation, agricultural reforms, intensive orchards, spatial planning.*

Введение. Развитие садоводства в Республике Узбекистан является одним из приоритетных направлений аграрной политики. В условиях роста населения и необходимости обеспечения продовольственной безопасности особое значение приобретает эффективное использование земельных ресурсов. Ташкентская область отличается благоприятными природно-климатическими условиями, что делает её одной из ведущих зон садоводства.

В соответствии с Указом Президента Республики Узбекистан ПФ–60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы», определены задачи по

рациональному использованию земель, внедрению инновационных технологий и развитию фермерских хозяйств [1]. Также постановления Президента, направленные на развитие агропромышленных кластеров, подчеркивают необходимость оптимального размещения сельскохозяйственного производства [2].

Материалы и методы: В исследовании использованы статистические данные Государственного комитета по статистике Республики Узбекистан, Министерства сельского хозяйства, а также региональные отчеты Ташкентской области. Применены методы статистического анализа, сравнительного анализа, экономической оценки и территориального планирования.

Результаты исследования:

1. Структура земельных ресурсов Ташкентской области

Земельный фонд области характеризуется высокой долей сельскохозяйственных земель, однако их распределение остается неравномерным. Существенная часть земель требует оптимизации с точки зрения землеустройства[3].

Таблица№1 Площади садов и урожайность по районам

№	Районы	Общая площадь садов, га	Площадь плодоносящих садов, га	Урожайность, ц/га	Валовой прод., тонн
1	Бука	1 158	749	129	9 649
2	Бука	898	688	133	9 144
3	Бостанлык	5 331	2 842	124	35 159
4	Зангиота	1 349	965	139	13 374
5	Ташкент	1 029	798	140	11 152
6	Аккурган	717	244	136	3 305
7	Ахангаран	2 415	1 361	138	18 751
8	Паркент	5 598	3 101	134	41 450
9	Пскент	787	775	127	9 814
10	Чиназ	975	707	137	9 671
11	Юкоричирчик	2 306	1 152	126	14 498
12	Янгиюль	2 799	2 029	267	25 784
13	Уртачирчик	1 349	1 101	118	13 006
14	Кибрай	2 900	1 423	137	19 493
15	Куйичирчик	896	321	133	4 266
итого		**30 507**	**18 255**	**Ср.131**	**238 515**

Анализ данных по садоводческим хозяйствам Ташкентской области показывает значительную территориальную и продуктивную дифференциацию между районами. Общая площадь садов составляет 30 507 га, из которых 18 255 га приходятся на плодоносящие сады, что свидетельствует о достаточно высокой доле эффективно используемых насаждений.

Средняя урожайность по региону составляет 131 ц/га, однако наблюдаются существенные колебания по районам: минимальные значения зафиксированы в Уртачирчикском районе (118 ц/га), тогда как

максимальная урожайность отмечена в Янгиюльском районе (267 ц/га), что указывает на различия в агротехнологиях, почвенно-климатических условиях и уровне интенсификации производства.

Наибольший вклад в валовой сбор продукции обеспечивают Паркентский (41 450 т) и Бостанлыкский (35 159 т) районы, что связано с крупными площадями садов и относительно высокой продуктивностью насаждений.

В целом, результаты свидетельствуют о необходимости дальнейшего совершенствования системы землеустройства и повышения эффективности использования садовых площадей, особенно в районах с низкой урожайностью.

Однако темпы роста могут быть значительно выше при условии совершенствования системы землеустройства и оптимизации размещения хозяйств.

Роль землеустройства: Землеустройство обеспечивает рациональное размещение садоводческих хозяйств, улучшает структуру земельных участков и способствует снижению производственных затрат. В условиях Ташкентской области особенно важным является учет водных ресурсов, рельефа местности и транспортной доступности[4]. Это позволяет повысить урожайность и эффективность использования земли.

Обсуждение: Результаты исследования показывают, что существующая система размещения садоводческих хозяйств требует дальнейшего совершенствования. Основными проблемами являются фрагментация земельных участков, недостаточная инфраструктура и ограниченность водных ресурсов.

Заключение:Землеустройство играет ключевую роль в повышении эффективности садоводческих фермерских хозяйств. Оптимизация размещения земель, внедрение современных технологий орошения и развитие кластерного подхода являются основными направлениями дальнейшего развития отрасли.

Использованная литература

1. Указ Президента Республики Узбекистан ПФ–60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы».

2. Постановление Президента Республики Узбекистан «О мерах по дальнейшему развитию сельского хозяйства и реформированию земельных отношений в Республике Узбекистан», Ташкент, 2020.

3. Государственный комитет по статистике Республики Узбекистан. Сельское хозяйство Республики Узбекистан: статистический сборник. Ташкент, 2023.

Министерство сельского хозяйства Республики Узбекистан. Отчёт о развитии садоводства и виноградарства в регионах Республики Узбекистан. Ташкент, 2023.

UUK: 528(075.8)

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТЫ ПРИ УСТАНОВКЕ И НАЛАДКЕ СОЛНЕЧНЫЕ ПЕЧИ

Исламова Зулфия Камильджановна *- Ассистент кафедры «Инженерная геоматика» Ташкентский архитектурно строительный университет*

Аннотация. *Ушбу мақолада қуёш печлари элементларини ўрнатиш ва текислашни таъминлаш учун қуёшнинг аниқ геодезик ишларини шакллантириш геометриясининг назарий таҳлили келтирилган. Асосийси, қуёш печининг самарадорлигига таъсир қиладиган жараёнларни аниқлаш ва хатоларни ўтказиб юбориш.*

Калит сўзлар: *қуёш печи, қуёш энергияси, консентрация, қуёш оқими, тузли печларни созлаш, қуёшнинг фокал тасвири, кўзгу параболоиди, кўринадиган бурчак диаметри, параболанинг очилиш бурчаги, порлаш жойи.*

Аннотация. *В данной статье предлагается теоретический анализ геометрия формирования солнечной точности геодезические работы по обеспечению установки и выравнивание элементов солнечной печи. Главный определяются процессы, опускаются ошибки которые влияют на эффективность солнечной печи.*

Ключевые слова: *солнечная печь, солнечная энергия, концентрация, солнечный поток, регулировка соляных печей, фокальное изображение Солнце, зеркальный параболоид, видимый угол диаметр, угол раскрытия параболы, пятно блика.*

Abstract. *This article proposes a theoretical analysis of the geometry of the formation of solar precision geodetic works to ensure the installation and alignment of solar furnace elements. The main processes are determined, the errors that are made that affect the efficiency of the solar furnace.*

Keywords: *solar oven, solar energy, concentration, sun stream, adjustment of salt furnaces, focal image of the sun, mirror paraboloid, apparent angular diameter, parabola opening angle, flare stain.*

Введение. Солнце рассматривается как один из источников энергии которые могут сыграть значительную роль в развитии экономика отделяет территорию мира, особенно в районах с большим количеством ясности. Но плотность потока солнечной радиации от Земли поверхность относительно высока и не обеспечивает температура необходимая для решения важных научные и инженерные проблемы, например, сделанные из высокопроцессный.

Технологическая проблема с выходом в сеть материалы и сплавы, лучевая сварка может успешно решается с помощью зеркально-концентрирующих систем (ЗКС).

Пути решения данной задачи включает в себя ряд проблем, и, в частности, форма наблюдений и размер отдельные элементы и весь комплекс в целом, точность их зимнего местоположения и происхождения.

Связанные работы.

Основное назначение солнечных высокотемпературных печь предназначена для сбора определенного количества солнечной энергии и сосредоточить его на небольшой площади. Концентрация осуществляется путем фокусировки потока солнечного света.

Мощность солнечной печи оценивается по достижимое значение температуры, полученное в фокальная плоскость. Значение максимально достижимой температуры для идеального солнечного концентратора можно рассчитать по формуле [1, 2].

$$T_F^{HD} = \sqrt[4]{\frac{E_F^{HD}}{G_O}} \qquad (1)$$

Где

$G_O = 5.672 \cdot 10^{-8} \frac{B_T}{M^2}$, K_4 постоянный Стефана – Больсмана

$$E\frac{HD}{F} = R_S = \frac{1.2}{\varphi_O^2} sinU_m E_O$$

s - интегральный коэффициент пропускания (зеркального отражения) система; φ0 – угловой радиус Солнца, равный 0,004654 рад.; $E0$ – плотность прямых солнечных радиация; Um- угол раскрытия концентратора.

Расчеты показывают, что в фокусе описанного печи можно получить максимум температура до 4940°C. Однако в центре внимания реальной концентрирующей системы, облученность будет less $EF < EFHD$, поскольку коэффициент зеркального отражения RS < 1 и есть потери из-за есоблюдения с геометрией системы. Результаты замеры температуры солнечной печи показало, что реальная температура в фокусе концентраторе достигала 2750°C.

По приведенным данным видно, что потеря температуры является главным образом следствием технологические допуски на изготовление отражающие зеркальные поверхности. Рассмотрим один из вариантов подхода к назначение точности геодезических работ при установка, сборка и регулировка солнечных батарей печь (СП). Для этого проанализируем геометрию формирование фокального изображения Солнца в идеале производство СП.

Известно, что при проектировании совместного предприятия размеры и характеристики определяются в основном по заданному значению плотности потока в фокальном пятне. Представьте себе идеальный зеркальный параболоид (его осевая разрез), направил свою ось на «неподвижное» Солнце. В этом В этом случае каждая точка (Xi, Yi) параболы образует свою форму. С фокусируйте изображение Солнца с видимым угловым диаметр

α = 32 фута.

Линейный диаметр изображения Солнца в плоскость, проходящая через фокус параболы перпендикулярно направлению луча, отраженного парабола из центра Солнца (рис.1) равна рассчитывается по формуле

$$d_i = 2\left(\frac{p}{2} + Y_i\right) tg\frac{a}{2} \qquad (2)$$

Поскольку в конечном итоге изображение Солнца должно быть получено в плоскости фокального диаметра параболоида, рассчитайте параметры фокуса солнечное пятно.

На основании рис.1 имеем:

$$FB = \frac{d_i \cos\frac{a}{2}}{2\cos\left(\beta_i \frac{a}{2}\right)}; \quad FC = \frac{d_i \cos\frac{a}{2}}{2\cos\left(\beta_i \frac{a}{2}\right)}, \qquad (3)$$

Где

$$\beta_{i} = \text{arctg}\frac{x_i}{P/_2 - Y_i} \quad (4)$$

Подставляя в (2), (3), (4) значения координат для точки 1 (вершина параболы) и 2 (насколько это возможно от оси параболы) для создаваемого совместного предприятия мы получаем:

d1 = 55,8 мм FB = 62,2 мм β2 = 54°12,7' d2 = 73,2 мм FC = 63,0 мм

Проведя аналогичные расчеты для пункта 3 к симметричной точке 2, получим:

FB3 = 63,0 мм, FC3 = 62,2 мм.

По приведенным данным видно, что в в фокальной плоскости изображение Солнца, полученное из точках 2 и 3, имеет форму эллипса с размеры малой оси 36,6 мм и большой один – 63,0 мм.

Аналогичные расчеты были выполнены для точек парабола, характеризующаяся углами раскрытия - β, заданными через 10°.

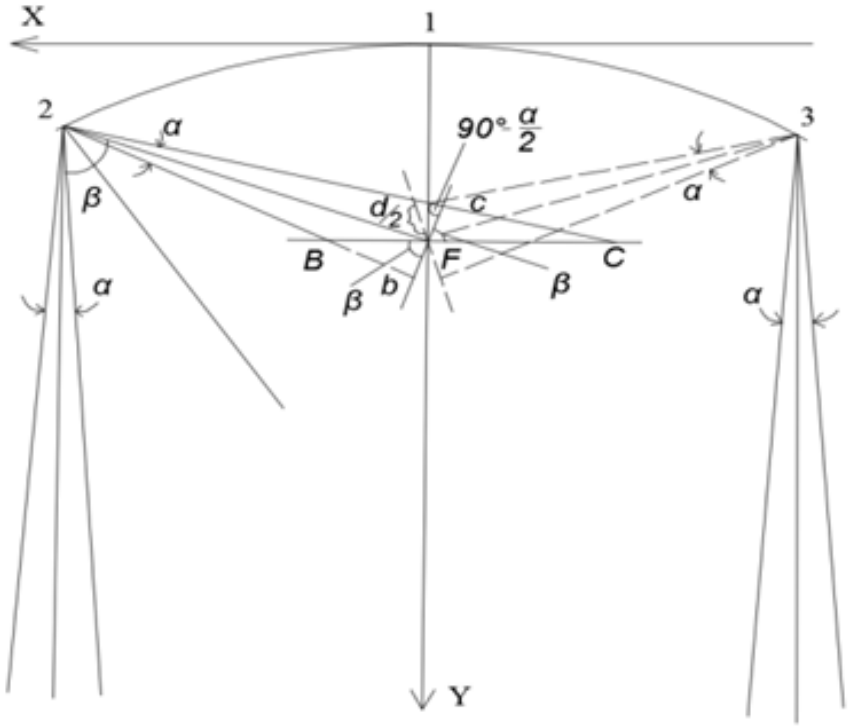


Рис. 1. Для определения линейного диаметра изображения Солнце в фокальной плоскости

С некоторым приближением те же результаты можно получить полученные по формулам.

$$a = \frac{d_i}{(1+\cos\beta)\cos\beta}; \qquad b = \frac{d_i}{1+\cos\beta}, \quad (5)$$

Где a, b — значения мажорного и минорного полуоси эллипса соответственно;

β — угол параболы, образованный ее оптической ось и осевой отраженный луч.

Результаты расчетов представлены в таблице 1. и проиллюстрировано на рис. 2. Из рис. 2 следует, что фокус идеала параболоид имеет максимальную концентрацию (количество перекрывается) в центральной зоне диаметром 55,8 мм. Расширение пятна по малой оси до 36,6 мм является следствием увеличения расстояние между фокусом и точкой на поверхности параболоида, тогда как эллиптичность пятна с Большая ось 63 мм является следствием увеличения расстояние и наклон луча на фокальная плоскость.

ТАБЛИЦА I

Результаты расчетов параметров фокуса

Угол наклона между оптической осью из отражённый параболы Ширина, β°	Эллипс большой ось a, мм	Эллипс несовершенно летний ось b, мм	Эллипс площадей C, мм	Тем Коэффициент Местность из эллипс. Смин /Стек
0	27,9	27,9	2445,4	0,97
10	28,5	28,1	2515,9	0,88
20	30,6	28,8	2768,6	0,75
30	34,5	29,9	3240,7	0,60
40	41,2	31,6	4090,1	0,52
50	52,8	34,0	5639,7	0,43
60	74,4	37,2	8694,9	0,28

По данным таблицы 1 видно, что плотность солнечного потока в фокальном пятне, образованном различными части концентратора неодинаковые. Поток плотность от периферийных точек концентратора в 4 раза меньше, чем из центральных. Вычислите значение среднеквадратической ошибки полная регулировка солнечной печи.

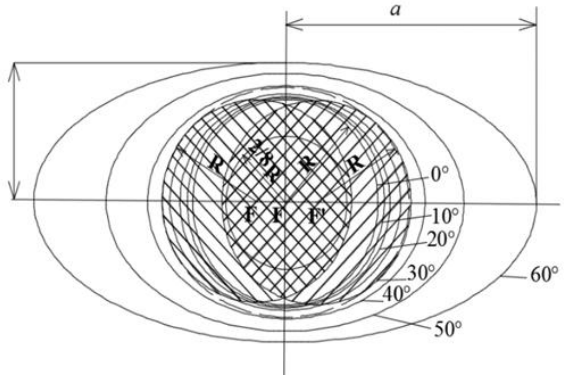


Рис. 2. Формирование изображения Солнца в фокусе плоскость ступицы

Принимая общую среднеквадратическую случайную ошибку m_R всех процессы монтажа, изготовления и центровки элементов солнечной печи, равных одной трети радиус - минимальное фокальное пятно R_{min}, что эквивалентно смещение центра фокального пятна, мы получить уменьшение площади максимума концентрация до значения $S=(\frac{a}{2}R)^2\pi$.

В этом случае плотность потока в фокальном пятне будет равна перераспределяется и, следовательно, эффективная температура солнечной печи снизится.

Так как к размеру уменьшенного фокального пятна добавляется
n граней, значение ожидания центра его группировка будет равной.

$$M_R = \sqrt{\frac{m_R}{n}} \qquad (6)$$

Отсюда с уровнем достоверности 0,997 (уровень значимости t = 3), находим, что значение ожидание группового центра уменьшенного очага Пятно или ожидаемый его радиус находятся в диапазоне.

$$\frac{2}{3}R - M_R \cdot t \le \frac{2}{3}R \le \frac{2}{3}R + M_R \cdot t \qquad (7)$$

Преобразование линейной величины mR в угловую в азимут или угол наклона определяется формула

$$M_{AY} = \frac{m_R}{R} \cdot \frac{a}{2} \quad (8)$$

Где α — видимый угловой диаметр Солнца:

Следовательно, общая угловая среднеквадратическая ошибка всех процессы установки и центровки элементов солнечная печь равна

$$m_{A,V} \cdot \sqrt{2} \quad (9)$$

Для рассматриваемой солнечной печи значения рассчитанное по полученным формулам, будет равно M_R = 9,3 мм, S = 1086,3 мм 2, M_R = 0,13 мм, 18,2 мм ≤ 18,6 мм ≤ 19,0 мм, $m_{A,V}$ = 5,3' m_U = 7,5'.

Учитываем ошибки изготовления и регулировки основных элементов совместного предприятия, из которых общая ошибка регулировки.

Поскольку совместное предприятие состоит из многих элементов, в принципе, общая ошибка должна определяться значения компонентов, которые можно разделить на две группы: технологические ошибки и геометрические ошибки. случайные ошибки. В первую группу входят ошибки, возникающие из-за несовершенство технологии изготовления структуры и элементы совместного предприятия. Они не могут быть исключены непосредственно геодезическими методами и значит, хотя можно измерить отклонения.

К ним относятся:

1. Ошибки изготовления светоотражателей поверхности гелиостатов и втулки.
2. Неперпендикулярная ось вращения гелиостатов.
3. Ошибка установки азимутальных осей гелиостатов в вертикальное положение.
4. Ошибки изготовления несущей рамы концентратор.
5. Крутильная погрешность датчика направления.
6. Ошибочные деформации зеркал и металла конструкции гелиостатов под действием веса, температура и другие нагрузки.
7. Ошибки, вызванные деформациями подшипника рамка центр.

Геометрические случайные ошибки возникают во время монтаж технологического оборудования стыка предприятия и в ходе его деятельности, которые могут различаться по время под воздействием внешних факторов. Их значения могут корректироваться в процессе геодезических измерения.

К ним целесообразно обратиться:

1. Ошибка регулировки фаски гелиостата.
2. Ошибки ориентации (установки) датчики направления.
3. Ошибка направления датчика отслеживания.
4. Ошибки установки (сборки) жирки на опорная рама концентратора (формирование отражающая поверхность).
5. Ошибки ориентации фасетного концентратора.

Как видно из приведенного выше списка, некоторые технологические шибки при этом исключаются за счет исправление геометрических случайных ошибок. В частности, в процесс проведения регулировочных работ, ошибки изготовления опорных рам гелиостатов и концентратора автоматически исправляются.

Исходя из этого, можно предположить, что суммарная ошибка совместного предприятия состоит из следующих основных компоненты:

1. Ошибки изготовления светоотражателя поверхность грани концентратора – m_{ik}.
2. Погрешность деформации металлоконструкции концентратор под m_{ik}.
веса, температуры и другие нагрузки – $m_{ik1.}$
3. Ошибочные деформации зеркал концентратора – $m_{ik2.}$
4. Ошибки установки (сборки) фата на опорной раме концентратора (формирование отражающая поверхность) – $m_{cb.}$
5. Ошибки ориентации (регулировки) фаски концентратора – m_{uk}.
6. Ошибки изготовления светоотражателя поверхность грани гелиостата – m_{ig}.
7. Погрешности деформаций гелиостата металлоконструкции под действием весовых и других нагрузок - $m_{d.g1.}$
8. Погрешности деформаций зеркал гелиостата - $m_{d.g2.}$
9. Ошибки центровки грани гелиостата –$m_{u.g.}$
10. Ошибки ориентации датчиков направления – подробнее - $m_{or.}$
11. Ошибка отслеживания датчика направления – $m_{c.d.}$
12. Крутильная погрешность датчика направления - $m_{k.d.}$
Следовательно,

$$m_u = \sqrt{m_{i.k}^2 + +m_{d.k1}^2 + m_{cb}^2 + m_{u.k}^2 + m_{i.g}^2 + m_{d.g1}^2 + m_{d.g2}^2 + m_{u.g}^2 + m_{or}^2 + m_{c.d}^2 + m_{k.d}^2}$$

Если принять в первом приближении принцип одинаковое влияние, т.е.

$$m_{i.k}^2 = m_{d.k1}^2 = m_{d.k2}^2 = m_{cb}^2 = m_{u.k}^2 = m_{i.g}^2 = m_{d.g1}^2 = m_{d.g2}^2 = m_{u.g}^2 = m_{or}^2 = m_{c.d}^2 = m_{k.d}^2 = m_o$$

Получит

$$m_u = m_o\sqrt{12}$$

отсюда,

$$m_o = \frac{m_u}{\sqrt{12}} = \frac{7{,}5'}{\sqrt{12}} = 2{,}2'$$

Таким образом, стандартная ошибка каждого из перечисленных компоненты не должны превышать

Выводы. Результаты анализа творчества современных концентраторы солнечной энергии привели к следующему выводы:

1. На основе анализа геометрии изображение Солнца в фокальной плоскости идеала параболоида обосновывает наиболее общий подход к азначение точности исполнения производственные процессы, монтаж и выравнивание элементов солнечной печи.

2. Выявлены основные процессы, ошибка которых повлиять на ффективность совместного предприятия и снизить его емкость.

3. Подсчитывается общая среднеквадратическая ошибка всех производственные процессы, монтаж и расценки элементов совместного предприятия и его составляющих.

4. Показано, что увеличение мощности солнечная печь возможна за счет увеличения потока плотность в фокусном пятне; можно приблизительно распределение размеров и плотности до идеала только с помощью геодезические методы монтажного контроля и выравнивания концентратора, гелиостатов и системы слежения.

Литературе

1. Захидов Р.А. Теория и расчет солнечной концентрации системы.

Ташкент, Фан, 1977, с142.
2. Захидов Р.А. Зеркальные системы концентрации лучистой энергии.
3. Ташкент, Фан, 1986 г.
4. Авчиев Ш.К. Теоретическое изучение свойств параболоидных поверхностей с целью обоснования оптимального метод регулировки граней концентратора. Архитектура. Строительство.Дизайн. Научно-практический журнал. Ташкент, 2017, №1-2, с.126-130.
5. Авчиев Ш.К. Методы и средства геодезического обеспечения
6. ввод в эксплуатацию концентраторов солнечной энергии. Ташкент. Наука
7. Технологии 2019
8. Спурроу Э.М., Сасс Р.Д. Теплопередача излучением. Л., «Энергия», 1971. с156.
9. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике.
10. «Наука»1980 г.
11. Анализ методов и устройств сборки и контроля зеркальные поверхности концентратов. Сборник лучших мастеров диссертации, дипломные проекты и дипломные квалификационные работы. Ташкент. 2011.92-94 р.
12. Хюко Мии. Высокотемпературные исследования в Японии, в книге:
13. исследования при высоких температурах. М.: II Л, 1962.
14. Авчиев Ш.Обоснование метода регулирования монтажная поверхность концентраторов солнечного излучения. Обоснование точности геодезических работ при строительстве солнечных печи.
15. Ташпулатов. С.А.. Архитектура – строительная наука в развитие экономики Республики Узбекистан. Сборник научных трудов. Ташкент, 1993, стр. 41-43.
16. Захидов Р.А. Теория и расчет геотехнических концентрирующие системы. Ташкент, фан, 1977,142.

UUK: 633.2:581.5:551.4(575.1)

TOSHKENT VILOYATI YAYLOV O‘SIMLIKLARINING TARQALISHIDA EKSPOZITSIYANING AHAMIYATI

Xakimov Boxodirjon Baxtiyorjon o‘g‘li *– “TIQXMMI” MTU Yer resurslarini boshqarish kafedrasi katta o‘qituvchisi, PhD*
Qo‘shboyeva Sadoqat Davronbek qizi *– “TIQXMMI” MTU Yer resurslari va kadastr fakulteti magistranti*

Annotatsiya. Ushbu maqolada Toshkent viloyatining tog‘ va tog‘oldi hududlarida yaylov o‘simliklarining tarqalishida relyef ekspozitsiyasining ekologik ahamiyati ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Tadqiqot davomida shimoliy, janubiy, sharqiy va g‘arbiy qiyaliklarda o‘simliklarning turlar tarkibi, fitotsenotik tuzilishi, biomassasi hamda vegetatsiya davrining davomiyligi o‘rganildi. Olingan natijalar yaylovlardan oqilona foydalanish va ekologik monitoring tizimini takomillashtirishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega ekanligi aniqlandi.

Kalit so‘zlar: yaylov ekologiyasi, ekspozitsiya, fitotsenoz, biomassa, mikroiqlim, kserofitlar, biologik xilma-xillik.

Аннотация. В данной статье научно проанализировано экологическое значение экспозиции рельефа в распространении пастбищной растительности горных и предгорных территорий Ташкентской области. В ходе исследования были изучены видовой состав растений, фитоценотическая структура, биомасса и продолжительность вегетационного периода на северных, южных, восточных и западных склонах.

Ключевые слова: экология пастбищ, экспозиция, фитоценоз, биомасса, микроклимат.

Abstract. This article scientifically analyzes the ecological significance of slope exposure in the distribution of pasture vegetation in the mountain and foothill regions of the Tashkent Region. The study investigated species composition, phytocenotic structure, biomass productivity, and vegetation duration on slopes with different exposures.

Key words: pasture ecology, slope exposure, phytocenosis, biomass, biodiversity, microclimate.

Kirish. Bugungi kunda O‘zbekiston Respublikasida chorvachilik tarmog‘ini rivojlantirish va yem-xashak bazasini mustahkamlash tabiiy yaylovlarning ekologik holatiga bevosita bog‘liq hisoblanadi. Toshkent viloyati murakkab relyefi va vertikal mintaqalanishi bilan ajralib turadi. Ekspozitsiya qiyaliklarning quyoshga nisbatan joylashuvini ifodalab, tuproq harorati, namlik va vegetatsiya jarayonlariga kuchli ta’sir ko‘rsatadi. Shimoliy qiyaliklarda namlik uzoqroq saqlanadi, janubiy qiyaliklarda esa bug‘lanish kuchli bo‘ladi. Shu sababli o‘simliklarning ekologik guruhlari va turlar tarkibi keskin farqlanadi.

Uslub va manbalar. Tadqiqot ishlari 2024–2025-yillarda Toshkent viloyatining Parkent va Bo‘stonliq tumanlari hududidagi o‘rta tog‘ mintaqalarida olib borildi. Tadqiqot maydonlari dengiz sathidan 1200–1600 metr balandlikda joylashgan bo‘lib, turli ekspozitsiyaga ega qiyaliklarni qamrab oldi. Tadqiqot obyekti sifatida 15–30° qiyalikdagi yaylov uchastkalari tanlab olindi. O‘simliklar qoplamining proyektiv zichligi V.V. Alyoxin usuli asosida aniqlandi. Biomassa hosildorligi o‘simlik namunalarini laboratoriya sharoitida quritish va tortish orqali hisoblab chiqildi. **Obyekt:** Turli qiyalikdagi (15-30°) va turli yo‘nalishdagi (Shimol, Janub, Sharq, G‘arb) yaylov uchastkalari. **Metodika:** O‘simliklar qoplamining proyektiv qoplamasi (zichligi) V.V. Alyoxin usuli bo‘yicha aniqlandi. Har bir ekspozitsiyada 1 × 1 metr hajmdagi 10 ta nazorat maydonchalari o‘rnatildi. O‘simliklarning turlari O‘zbekiston florasi va klassifikatorlari asosida aniqlandi. Biomassa hosildorligi namunalarni o‘rish va laboratoriya sharoitida quritish orqali hisoblandi.

Natijalar. Tadqiqot natijalari ekspozitsiya yaylov fitotsenozlarini shakllantiruvchi asosiy ekologik omillardan biri ekanligini ko‘rsatdi. Janubiy qiyaliklarda quyosh radiatsiyasi yuqori bo‘lib, asosan kserofit va efemeroid o‘simliklar tarqalganligi kuzatildi. Shimoliy qiyaliklarda esa namlikning yaxshi saqlanishi tufayli mezofit va gigrofit o‘simliklar keng rivojlangan. Sharqiy va g‘arbiy ekspozitsiyalar oraliq ekologik holatni egallab, aralash o‘tloq jamoalari shakllanishiga sabab bo‘lgan. Olingan natijalar yaylovlardan mavsumiy foydalanishda ekspozitsiyani hisobga olish zarurligini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalariga qaralsa, ekspozitsiya o‘simliklar

fitotsenozini shakllantiruvchi asosiy ekologik omillardan biridir ular quyidagicha:

1. **Janubiy va Janubiy-G‘arbiy qiyaliklar:** Bu hududlarda quyosh radiatsiyasi maksimal darajada bo‘ladi. Tuproqning yuza qatlami erta bahorda tez qiziydi (20-25 °C gacha). Shu sababli, bu yerda asosan **kserofitlar** va **efemeroidlar** ustunlik qiladi.

a. Asosiy turlar: Qo‘ng‘irbosh (*Poa bulbosa*), qoraqiyoq (*Carex pachystylis*), shuvoqning turli turlari (*Artemisia*).

b. Xususiyati: O‘simliklar qoplami siyrak (30-45%), bo‘yi past (10-15 sm). May oyining oxiriga kelib, namlik yetishmasligi tufayli vegetatsiya deyarli to‘xtaydi.

2. **Shimoliy va Shimoliy-Sharqiy qiyaliklar:** Bu qiyaliklar quyosh nurini qiya burchak ostida qabul qiladi, bu esa namlikning tuproqda uzoqroq saqlanishini ta’minlaydi.

a. Asosiy turlar: Turli o‘tli-bug‘doydoshli jamoalar, masalan, betaga (*Festuca*), tog‘ shuvog‘i, ayriq va turli butalar.

b. Xususiyati: Proyektiv qoplama yuqori (70-85%), o‘simliklar bo‘yi 40-60 sm gacha yetadi. Vegetatsiya davri iyun-iyul oylarigacha davom etadi. Bu yerda turlar xilma-xilligi janubiy qiyaliklarga qaraganda 2.5-3 barobar ko‘proq ekanligi kuzatildi.

3. Sharqiy va G‘arbiy ekspozitsiyalar: Bu hududlar oraliq holatni egallaydi. Sharqiy qiyaliklarda ertalabki quyosh namlikni erta bug‘latib yuborsa, g‘arbiy qiyaliklarda kechki quyosh issiqligi tuproq haroratini saqlab turadi. Bu yerda asosan aralash o‘tloqlar shakllangan.

Ushbu jadvalda ekspozitsiyaga qarab o‘simliklar qoplamining o‘zgarishi ko'rsatilgan:

1-jadval: ekspozitsiyaga qarab o‘simliklar qoplamining o‘zgarishi ko'rsatilgan

№	Qiyalik ekspozitsiyasi	O‘simlik turlari soni (dona)	Proyektiv qoplama (zichlik, %)	O‘rtacha balandlik (sm)	Vegetatsiya davri (oylar)
1	**Shimoliy**	28–35	75–85%	45–60	Mart – Avgust
2	**Janubiy**	12–15	30–45%	10–20	Mart – May
3	**Sharqiy**	20–24	55–65%	30–40	Mart – Iyun
4	**G‘arbiy**	18–22	50–60%	25–35	Mart – Iyun



1-rasm: tog‘ oldi yaylovlarining visual ko‘rinishi

- **Chap tomonda (Shimoliy ekspozitsiya):** Nam tuproq, quyosh nuri kamligi, zich va baland o'sadigan o'simliklar jamoasi (mezo-gigrofitlar) ko'rsatilgan. Bu yerda turlar soni va proyektiv qoplama yuqori.
- **O'ng tomonda (Janubiy ekspozitsiya):** Quruq tuproq, kuchli quyosh radiatsiyasi, siyrak va past bo'yli o'simliklar (efemerlar, kserofitlar) ko'rsatilgan. Bu yerda vegetatsiya davri qisqa.
- **O'rtada (Tahliliy jadval):** Asosiy ekologik omillar (quyosh, namlik, harorat, biomassa) solishtirilgan.

Xulosa. Tadqiqot natijalari Toshkent viloyati yaylovlarida ekspozitsiya o‘simliklarning turlar tarkibi, biomassa hosildorligi va fitotsenotik tuzilishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini tasdiqladi. Shimoliy qiyaliklar yuqori mahsuldorligi bilan ajralib tursa, janubiy qiyaliklarda qurg‘oqchilikka chidamli turlar ustunlik qilishi aniqlandi. Yaylovlardan oqilona foydalanishda ekspozitsiyani hisobga olish degradatsiyani kamaytirish va biologik xilma-xillikni saqlashda muhim omil hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 16-avgustdagi “Yaylovlar muhofazasi va ulardan oqilona foydalanishni ta’minlash chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qarori.

2. To‘xtayev B.J. Botanik tadqiqotlar metodikasi. – Toshkent: Fan, 2021.

3. Pratov O.P., Nabiyev M.M. O‘zbekiston o‘simliklari aniqlagichi. – Toshkent: Fan, 2017.

4. Rakhmonov O. Mountain Pastures Ecology and Biodiversity. Central Asian Journal, 2022.

5. Karimov A., Rasulov T. Influence of Microclimate on Mountain Vegetation Distribution in Uzbekistan. Ecological Research Journal, 2021.

UUK: 669.018:95

SHOʻRLANGAN YERLARNI MELIORATSIYA QILISH VA ULARDAN SAMARALI FOYDALANISH YOʻLLARI

D. B. Ergashova - *“TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti, talaba*

Annotatsiya *Ushbu maqolada shoʻrlangan yerlarning kelib chiqish sabablari, ularning qishloq xoʻjaligiga salbiy taʼsiri, hamda bunday yerlarni melioratsiya qilish orqali tiklash usullari keng yoritilgan. Drenaj tizimlarini yaratish, shoʻr yuvish texnologiyalari, sugʻorish tizimini takomillashtirish va agrotexnik tadbirlar orqali tuproq unumdorligini oshirish yoʻllari ilmiy asosda tahlil qilinadi. Shuningdek, shoʻrlangan yerlarni qayta foydalanishga kiritish orqali hosildorlikni oshirish va yer resurslaridan samarali foydalanish imkoniyatlari koʻrsatib beriladi.*

Kalit soʻzlar: *shoʻrlangan yerlar, melioratsiya, tuproq unumdorligi, drenaj tizimi, shoʻr yuvish, sugʻorish texnologiyalari, yer resurslari, qishloq xoʻjaligi, agrotexnika.*

Kirish. Hozirgi kunda dunyo miqyosida, jumladan Oʻzbekistonda ham yer resurslaridan samarali foydalanish va tuproq unumdorligini saqlash dolzarb masala hisoblanadi. Qishloq xoʻjaligi mahsulotlarini yetishtirishda asosiy omil boʻlgan yerlarning shoʻrlanishi esa katta muammolarni keltirib chiqarmoqda.

Shoʻrlanish — bu tuproq tarkibida eruvchan tuzlarning ortishi natijasida uning unumdorligi pasayadigan jarayon boʻlib, bu holat ekinlarning normal oʻsishini jiddiy cheklaydi. Ayniqsa sugʻoriladigan yerlar hududida bu muammo keng tarqalgan.

Shoʻrlanishning asosiy sabablaridan biri notoʻgʻri sugʻorish tizimlaridir. Suvning meʼyordan ortiq ishlatilishi, yer osti suvlari sathining koʻtarilishi hamda drenaj tizimlarining yetarli darajada ishlamasligi tuproq tarkibida tuzlar toʻplanishiga olib keladi. Natijada yerlar yaroqsiz holga kelib, qishloq xoʻjaligi ishlab chiqarishi kamayadi.

Shu sababli shoʻrlangan yerlarni tiklash va ulardan samarali foydalanish muhim ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi.

Asosiy qism. Shoʻrlanish jarayoni murakkab agroekologik muammo boʻlib, u tuproqning fizik, kimyoviy va biologik xususiyatlarini oʻzgartiradi. Tuproqda natriy, xlor va sulfat tuzlarining ortishi oʻsimlik ildiz tizimiga salbiy taʼsir koʻrsatadi, suv va oziqa moddalarining oʻzlashtirilishini qiyinlashtiradi.

Shoʻrlanishning asosiy sabablari quyidagilardan iborat:

- yer osti suvlarining yuqori sathi;
- notoʻgʻri sugʻorish usullari;
- drenaj tizimlarining yetishmasligi yoki yaroqsizligi;
- iqlimning quruq va issiq boʻlishi;
- tuproqni notoʻgʻri ishlov berish.

Shoʻrlangan yerlarni melioratsiya qilish bir nechta yoʻnalishlarda amalga oshiriladi. Eng muhim yoʻnalishlardan biri drenaj tizimini yaratish hisoblanadi. Drenaj orqali ortiqcha suv va tuzlar tuproqdan chiqarib yuboriladi, yer osti suvlari sathi pasayadi va tuproqning havo almashinuvi yaxshilanadi.

Ikkinchi muhim chora — shoʻr yuvish (leaching) jarayonidir. Bu usulda tuproq koʻp miqdorda suv bilan yuvilib, zararli tuzlar pastki qatlamlarga yoki drenaj orqali chiqariladi. Shoʻr yuvish ayniqsa kuchli shoʻrlangan yerlarda samarali hisoblanadi.

Bundan tashqari, sugʻorish tizimini takomillashtirish ham katta ahamiyatga ega. Tomchilatib sugʻorish, yomgʻirlatib sugʻorish va meʼyoriy sugʻorish usullari suv sarfini kamaytiradi va tuproqning qayta shoʻrlanishini oldini oladi.

Shoʻrlangan yerlarni tiklashda agrotexnik tadbirlar ham muhim rol oʻynaydi. Tuproq unumdorligini oshirish uchun organik oʻgʻitlar (goʻng, kompost), mineral oʻgʻitlar va gips kabi kimyoviy moddalar qoʻllaniladi. Gips natriy tuzlarini neytrallab, tuproq strukturasini yaxshilaydi.

Shuningdek, shoʻrga chidamli ekinlar (paxta, arpa, beda va boshqalar)ni ekish orqali ham shoʻrlangan yerlarni samarali foydalanishga kiritish mumkin. Bu usul iqtisodiy jihatdan ham foydali hisoblanadi.

Zamonaviy texnologiyalar ham bu jarayonda katta ahamiyatga ega. Masalan, lazerli tekislash yer yuzasini bir tekis qiladi, suvning teng taqsimlanishini taʼminlaydi va shoʻrlanish xavfini kamaytiradi.

Xulosa. Shoʻrlangan yerlar qishloq xoʻjaligida jiddiy muammo boʻlib, ular hosildorlikning keskin pasayishiga olib keladi. Ushbu muammoni hal qilish uchun kompleks melioratsiya tadbirlarini qoʻllash zarur. Drenaj tizimlarini rivojlantirish, shoʻr yuvish ishlarini muntazam olib borish, zamonaviy sugʻorish texnologiyalarini joriy etish va agrotexnik tadbirlarni toʻgʻri tashkil etish orqali shoʻrlangan yerlarni tiklash mumkin.

Natijada yer resurslaridan samarali foydalanish taʼminlanadi, qishloq xoʻjaligi mahsuldorligi oshadi va oziq-ovqat xavfsizligi mustahkamlanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Oʻzbekiston Respublikasi Qishloq xoʻjaligi vazirligi. *Yer melioratsiyasi va sugʻorish asoslari*. Toshkent, 2020.
2. Abdukarimov A. *Tuproqshunoslik va agrokimyo asoslari*. Toshkent: Fan, 2018.
3. Rasulov R. *Melioratsiya va sugʻoriladigan yerlar*. Toshkent, 2019.
4. FAO. *Irrigation and Drainage Papers*. Rome, 2017.
5. Ayers R.S., Westcot D.W. *Water Quality for Agriculture*. FAO, 1985.
6. Karimov Sh. *Qishloq xoʻjaligida suv resurslaridan foydalanish*. Toshkent, 2021.
7. www.fao.org,
8. www.agro.uz,
9. www.lex.uz

UUK: 349.41:332.3

YER RESURSLARINI BOSHQARISHDA YER HUQUQINING DOLZARB MASALALARI, INNOVATSION YONDASHUVLAR VA YECHIMLAR

Artiqbayeva Sharqiya Raxmatulla qizi *- "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universiteti 1-bosqich talabasi*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada O'zbekiston hududida yerdan foydalanish, yer resurslarini boshqarishdagi kamchiliklar o'rganildi va chet el tajribalari ko'rib chiqildi. Shu bilan birga ushbu resurslarni huquq sohasi bilan targ'ib qilish, tartibga solish sohasidagi kamchiliklar ta'kidlab o'tildi. Tadqiqotda yerlarni boshqarishda raqamli texnologiyalarning ahamiyati va ularning qishloq xo'jaligi, yer kadastrini monitoring qilishdagi qo'llanishi tahlil etildi.*

Kalit so'zlar: *yer resurslari, yerdan foydalanish, raqamlashtirish, geoaxborot tizimi, yer kadastri, yer huquqi.*

Kirish. Yer tabiat mahsuli sifatida paydo bo'lgan va inson ongi hamda irodasiga bog'liq bo'lmagan holda mavjuddir. U murakkab moddiy tizim sifatida ifodalanadi va yer to'g'risidagi tushunchaning turli - tuman mohiyatini o'z ichiga oladi [1]. Yer barcha tirik jonzotlarning yashash manzilidir. U faqat tuproqdan iborat bo'lmasdan, balki ekologik tizimning bir qismi va uning muvozanatini saqlashda muhim ro'l o'ynaydi. Shu sababli ham yer munosabatlarini tartibga solish, boshqarish, foydalanish masalalari har doim dolzarb bo'lib kelgan.

Yer resurslari – jamiyat va xalq xo'jaligi ehtiyojlari uchun foydalanish mumkin bo'lgan yerlardir. Yer resurslari tarkibiga foydalanib kelinayotgan va istiqbolda foydalanish mumkin bo'lgan yerlar kiradi [2].

Mamlakatimiz aholisi jadal sur'atlar bilan o'smoqda, qishloq xo'jaligi yerlarining noqishloq xo'jaligi maqsadlariga o'tkazilishi natijasida so'nggi 20 yilda ushbu yerlar 64 foizga, aholi jon boshiga to'g'ri keladigan sug'oriladigan yerlar esa 24 foizga kamaygan. Bonitet balli 60 dan yuqori bo'lgan yerlar 10,4 foizga kamaygan, sifati o'rtacha va o'rtachadan past bo'lgan yerlar esa 14,0 foizga oshgan. Tuproq sho'rlashi, ko'chib yuruvchi qumlar tarqalish xavfi, chang bo'ronlari va qurg'oqchilik muammolari keskinlashmoqda. Orolning qurigan hududidan tuz va boshqa mineral moddalarning shamol orqali tarqalishi, suv taqchilligi oqibatida cho'llanish darajasi ortayapti. 22 million gektar yer cho'llanishga moyil hudud hisoblansa, mavjud yaylovlarning 43 foizi esa inqirozga uchrab, cho'llanib bo'lgan. Bu jarayonlar yildan-yilga davom etmoqda va yerga bo'lgan bosimni kuchaytirmoqda [3]. Bu esa yer huquqining yanada takomillashtirilishini, atrof-muhitni muhofaza qilish va ekologik holatni yaxshilashga e'tiborimizni kuchaytirish uchun huquqiy tartibga solish mexanizmlarini zamon talablari asosida qayta ko'rib chiqishni talab etadi.

Yer resurslarini boshqarishning holati bugungi kun talablariga javob bermaydi, yerlarni ro'yxatga olishdan tortib, ularning investitsiya jarayonlarida ishtirok etishigacha, ko'plab ijtimoiy muammolarni hal

qilish yerlarni to‘g‘ri va adolatli taqsimlash va qayta taqsimlash bilan bog‘liq. Shu sababli yer resurslarini boshqarishda zamonaviy axborot texnologiyalarini keng joriy etish, ochiqlik va shaffoflikni taminlash, shuningdek yer munosabatlarini tartibga soluvchi huquqiy bazani yanada mustahkamlash bugungi kunning dolzarb vazifalaridan biri hisoblanadi.

Metodologiya. Mazkur tadqiqotda yer resurslarini boshqarishda yer huquqining dolzarb muammolarini aniqlash va ularning samarali yechimlarini ishlab chiqish maqsadida normativ huquqiy hujjatlar, adabiyotlar tahlil qilindi va kompleks metodologik yondashuvlar qo‘llanildi.

Asosiy qonunimiz bo‘lgan O‘zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasining [4] 68-moddasida o‘simlik hamda hayvonot dunyosini asrash va muhofaza qilish, suv va boshqa tabiiy resurslardan unumli foydalanish, yerni umummilliy boylik sifatida muhofaza qilishni ta’minlovchi shartlar asosida va tartibda xususiy mulk bo‘lishi mumkinligi ta’kidlab o‘tilgan.

O‘zbekiston Respublikasida yer munosabatlarini huquqiy tartibga solish va ta’minlash bo‘yicha qonunchilik bazasi shakllantirib kelinmoqda. Yer sohasidagi islohotlarning asosiy yo‘nalishlari quyidagi me’yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilab berilgan:

O‘zbekiston Respublikasining 1998-yil 30-iyundagi “Yer kodeksi” 2024-yildagi o’zgarishlari bilan, [5] yer fondini asrash, tuproq sifatini yaxshilash hamda uning unumdorligini oshirish, yerlardan oqilona, samarali foydalanish, qishloq xo‘jaligi uchun mo‘ljallangan yerlarni, eng avvalo sug‘oriladigan yerlarni alohida muhofaza etish, yerlarning meliorativ holatini yaxshilash hamda muhofaza qilish tadbirlarini amalga oshirishini qo‘llab-quvvatlash, ekologik xavfsizlikni ta’minlash, yer munosabatlari ishtirokchilarining teng huquqliligini ta’minlash hamda ularning qonuniy huquq va manfaatlarini himoya etishni asosiy prinsiplari sifatida mustahkamlagan.

Vazirlar Mahkamasining 2022-yil 14-apreldagi 183-sonli [6] “Davlat yer va kadastr nazoratini amalga oshirish tartibi to’g’risi”dagi qarori yer uchastkalarini o‘zboshimchalik bilan egallash holatlarini aniqlash, yerlar hisobini yuritishda davlat nazoratini kuchaytirishni ko‘zda tutadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 8-iyuldagi PF-6243-son [7] ,,Yer munosabatlarida tenglik va shaffoflikni ta’minlash, yerga bo‘lgan huquqlarni ishonchli himoya qilish va ularni bozor aktiviga aylantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida“gi farmoni muhim ahamiyatga ega. Ushbu islohotlar orqali yer ajratish tizimidagi ortiqcha va eskirgan huquqiy shakllar bekor qilindi va aniq, tushunarli tizim yaratildi. Eng asosiysi esa yer ajratish jarayonining onlayn auksion shakli joriy etilganidir. Bu adolatsizlik, korrupsiyaviy holatlarning oldini olib, yer resurslarini monitoring qilishni, ochiqlikni, fuqarolarning yerga bo‘lgan mulkiy huquqlarining himoyasini ta’minlaydi.

Ushbu normativ-huquqiy hujjatlar majmuasi O‘zbekistonda yerni milliy darajada boshqarish, raqamli infratuzilmalarni joriy qilish va fuqarolarning huquqlarini kafolatlash uchun asos bo‘lib xizmat qilmoqda.

Shuningdek, xorij mamlakatlarda yer resurslarini muvofiqlashtirish va xususiylashtirishda yerdan foydalanish va yerga mulk sifatida egalik qilishga oid hujjatlarini o‘rganib chiqish davomida ularning yerga nisbatan

huquqlari qonunchilikda aniq belgilab qo‘yilganiga guvoh bo‘ldik. Masalan, Germaniyada yerni sotib olish huquqi o‘sha hududda yashaydigan va 10 yildan beri ijarachi bo‘lib ishlaydiganlarga beriladi. Ispaniyada yerni ijaraga berish tartibiga ko‘ra, 50 gektardan ortiq sug‘oriladigan yer maydoni yoki ming gektardan ortiq yaylovni ijaraga olishga yo‘l qo‘yilmaydi [8].

Natijalar. Hududlardagi iqtisodiy o‘sish, oziq-ovqat xavfsizligi, ish o‘rinlari va investitsiya oqimi, avvalo, yerga bog‘liq. Oxirgi uch yilda raqamlashtirish hisobiga ko‘ra [9] 40 million gektar yoki jami yerlarning 90 foizi kadastrda davlat ro‘yxatidan o‘tkazilgan, shuningdek 44 million 800 ming gektar yer maydoni, 8 million 300 mingta bino va inshootning mulk sifatidagi bozor bahosi hisoblanmagan.

Sohada zamonaviy aerofotokamera va dronlar qo‘llanayotgani natijasida ko‘plab zaxiralar aniqlanmoqda [9]. Masalan, Qarshi tumanida ekin yerlari 45 ming gektar deb ko‘rsatib kelinayotgan bo‘lsa-da, hisobotda yaylov bo‘lib turgan 5 ming 100 gektar maydon ham aslida sug‘oriladigan yer ekanligi aniqlandi. Umuman olganda, qishloq xo‘jaligida 286 ming gektar yerning huquq belgilovchi hujjatlari to‘liq emas. Doimiy foydalanish uchun ajratilgan 460 ming gektar yerning huquqiy maqomi aniq emas. 159 ming gektar yerning hujjatdagi va amaldagi maydoni bir-biridan farq qiladi.

Oqibatda, [9] jami 900 ming gektardan ziyod qishloq xo‘jaligi yerlari kadastr ro‘yxatidan o‘tmasdan turibdi. Kadastir yo‘qligi sababli ularni takroriy ekinlar uchun rasman ikkilamchi ijaraga berish imkoni bo‘lmayapti. Bular tufayli kamida 300 ming ish o‘rni, takroriy ekindan olinayotgan mahsulot hamda norasmiy ijaraning hisobi yuritilmayapti.

Yuqorida keltirilgan natijalar shuni ko‘rsatadiki, yerlarni va ko‘chmas mulk obyektlarini baholash, ularning hisobini yuritish, kadastr hujjati yo‘q yoki amaldagi maydoni farq qiladigan yerlarni monitoring qilishni kuchaytirish va huquqiy mexanizmlarini takomillashtirishni talab etadi.

Muhokama. Yer resurslari nafaqat umumxalq boyligi, balki mamlakatning doimiy daromad manbai hamdir va u o‘z navbatida to‘g‘ri, halol boshqarilishi kerak. Yer resurslarini boshqarishda raqamli texnologiyalardan foydalanish va monitoring qilish yuzasidan Boltayev.X.T, Q.Raxmonov va M.S.Akbarovlar [10] tadqiqotlar olib borgan. Ular geografik axborot tizimlari (GIS)orqali yer maydonlarining joylashuvi, o‘lchami, ekologik holati va foydalanish maqsadlari haqidagi ma’lumotlar yagona tizimga jamlash va vizual ko‘rinishda taqdim etish mumkinligini ilgari surdilar.

Bu tadqiqot yer maydonlari haqida to‘liq ma’lumot bazasini yaratish, tahlil qilish va xaritalashda sezilarli darajada ijobiy oqibatlarga olib kelishi mumkin. Xususan, so‘nggi yillarda O‘zbekistonda yer kadastri, suv xo‘jaligi va qishloq xo‘jaligi sohalarini raqamlashtirish ishlari bosqichma-bosqich amalga oshirilmoqda. Bu kabi ilg‘or tajribalar esa adolat va shaffoflikni ta’minlash, agroxaritalar yaratish, onlayn monitoring tizimlarini ishga tushirishda asos bo‘lib xizmat qiladi.

Xulosa. Yer mamlakatimiz aholisining turmush farovonligini ta’minlaydi, respublikamizning iqtisodiy saloxiyati uchun moddiy negiz yaratadi. Shu sababli undan har qanday davrda va sharoitda oqilona, unumli va ilmiy asoslangan tarzda foydalanishni tashkil etish mamlakat

buguni va kelajagi uchun nihoyatda muhim ahamiyat kasb etadi. Bunda eng avvalo yer bilan bevosita bog‘liq bo‘lgan huquqiy normalarning va ma’lumotlarni raqamlashtirishning ahamiyati kattadir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. A.Qayimov, A.R. Bobojonov Yer resurslarini boshqarish va unumli foydalanishda mevali ekinlarning xilma-xil navlarini joylashtirish. – T.:«Инновацион ривожланиш нашриёт-матбаа уйи», 2020. 72 bet.
2. Rahmonov Q.R., Narbayev Sh.K., Muqimov Z.M. Yer resurslarini boshqarish. O'quv qo'llanma. T.: TIQXMMI, 2019.
3. Altiev A.S. Yer resurslaridan foydalanish tizimini tartibga solish muammolari. Monografiya. Toshkent, Fan, 2018 y.
4. O‘zbekiston Respublikasining Konstitutsiyasi. 01.05.2023
5. O‘zbekiston Respublikasining 1998-yil 30-iyundagi “Yer kodeksi”
6. Vazirlar Mahkamasining 2022-yil 14-apreldagi 183-sonli “Davlat yer va kadastr nazoratini amalga oshirish tartibi to’g’risi”dagi qarori.
7. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 08.06.2021-yildagi PF-6243-son,,Yer munosabatlarida tenglik va shaffoflikni ta’minlash, yerga bo‘lgan huquqlarni ishonchli himoya qilish va ularni bozor aktiviga aylantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida“gi farmoni
8. URL: https://share.google/tfpw6A6gFFA3dgTqs
9. URL: https://share.google/XE07HiN6V2GENldnY
1. 10. Boltayev.X.T, Q.Raxmonov, M.S.Akbarov. “Geoaxborot tizimining ilmiy asoslari” o‘quv qo‘llanma. Toshkent-2015.

UDK: 504.03

ATROF MUHITNI MUHOFAZA QILISH VA BARQAROR RIVOJLANISH

Saydivaliyeva Shaxzoda Akram qizi *- “TIQXMMI” MTU talabasi*

Annotatsiya. *Maqolada atrof muhitni muhofaza qilish va barqaror rivojlanishni ta’minlashning dolzarb masalalari tahlil qilinadi. Hozirgi globallashuv davrida tabiiy resurslardan haddan tashqari foydalanish, sanoat va transport faoliyatining kengayishi natijasida ekologik muammolar kuchayib bormoqda. Bu jarayonlar yer, suv va atmosfera muhitining ifloslanishiga olib kelib, inson salomatligi hamda tabiiy ekotizimlarga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Maqolada atrof muhitni muhofaza qilishning ilmiy asoslari, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish tamoyillari hamda barqaror rivojlanishni ta’minlash yo‘llari yoritilgan. Shuningdek, zamonaviy ekologik texnologiyalarni joriy etish, raqamli monitoring tizimlaridan foydalanish va ekologik madaniyatni rivojlantirishning ahamiyati ko‘rib chiqilgan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, atrof muhitni muhofaza qilish va barqaror rivojlanishga erishish uchun davlat siyosati, ilmiy innovatsiyalar hamda jamiyatning faol ishtiroki muhim omil hisoblanadi.*

Kalit so‘zlar. *atrof muhit, ekologiya, barqaror rivojlanish, tabiiy resurslar, ekologik muhofaza, ekologik muvozanat, yashil texnologiyalar.*

Annotation. *This article analyzes current issues of environmental protection and sustainable development. In the era of globalization, excessive use of natural resources, along with the expansion of industrial and transport activities, has intensified environmental problems. These processes lead to the pollution of land, water, and atmospheric resources, negatively affecting human health and natural ecosystems. The article highlights the scientific foundations of environmental protection, the principles of rational use of natural resources, and the ways to ensure sustainable development. In addition, the importance of introducing modern environmental technologies, using digital monitoring systems, and developing ecological culture is discussed. According to the research findings, state policy, scientific innovation, and active public participation are identified as key factors in achieving environmental protection and sustainable development.*

Keywords: *environment, ecology, sustainable development, natural resources, environmental protection, ecological balance, green technologies.*

Аннотация. *В данной статье анализируются актуальные вопросы охраны окружающей среды и обеспечения устойчивого развития. В условиях современной глобализации чрезмерное использование природных ресурсов, расширение промышленной и транспортной деятельности усиливают экологические проблемы. Эти процессы приводят к загрязнению земельных, водных и атмосферных ресурсов, что негативно влияет на здоровье человека и природные экосистемы. В статье освещены научные основы охраны окружающей среды, принципы рационального использования природных ресурсов, а также пути обеспечения устойчивого развития. Кроме того, рассмотрена значимость внедрения современных экологических технологий, использования цифровых систем мониторинга и развития экологической культуры. По результатам исследования установлено, что для достижения охраны окружающей среды и устойчивого развития важными факторами являются государственная политика, научные инновации и активное участие общества.*

Ключевые слова: *окружающая среда, экология, устойчивое развитие, природные ресурсы, экологическая защита, экологическое равновесие, зеленые технологии.*

Kirish. Hozirgi kunda atrof muhitni muhofaza qilish va barqaror rivojlanishni ta’minlash insoniyat oldida turgan eng muhim vazifalardan biri hisoblanadi.[1.3] Fan va texnika taraqqiyoti, sanoat ishlab chiqarishining kengayishi hamda aholi sonining ortib borishi natijasida tabiiy resurslardan foydalanish hajmi sezilarli darajada oshdi [2,8]. Bu jarayon esa ekologik muvozanatning buzilishiga, tuproq degradatsiyasi, suv resurslarining kamayishi va atmosfera havosining ifloslanishi kabi

muammolarning yuzaga kelishiga olib kelmoqda.

Barqaror rivojlanish tushunchasi iqtisodiy taraqqiyot, ijtimoiy farovonlik va ekologik muvozanat o‘rtasidagi uyg‘unlikni ta’minlashga qaratilgan konsepsiya hisoblanadi.[3] Ushbu tamoyilga ko‘ra, tabiiy resurslardan foydalanish jarayonida kelajak avlod manfaatlari ham inobatga olinishi zarur. Shu sababli ekologik muammolarni hal qilishda zamonaviy texnologiyalarni joriy etish, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish hamda ekologik xavfsizlikni ta’minlash muhim ahamiyat kasb etadi.

O‘zbekiston sharoitida ham atrof muhitni muhofaza qilish, yer va suv resurslaridan samarali foydalanish hamda ekologik barqarorlikni ta’minlash davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi [5.6]**.** Ayniqsa, sug‘oriladigan yerlarning meliorativ holatini yaxshilash, suv resurslaridan samarali foydalanish va ekologik monitoring tizimini rivojlantirish muhim vazifalardan biridir.

Mazkur maqolaning maqsadi atrof muhitni muhofaza qilish va barqaror rivojlanishni ta’minlashning nazariy hamda amaliy jihatlarini tahlil qilish, shuningdek tabiiy resurslardan samarali foydalanishning zamonaviy yondashuvlarini ko‘rib chiqishdan iborat.

Adabyotlar tahlili va metodologiyasi. Atrof muhitni muhofaza qilish va barqaror rivojlanish masalalari ko‘plab mahalliy va xorijiy olimlar tomonidan keng o‘rganilgan. Ilmiy adabiyotlarda ekologik muammolarni bartaraf etish, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish hamda barqaror rivojlanishni ta’minlashning turli ilmiy yondashuvlari bayon etilgan. Tadqiqotchilar tomonidan olib borilgan ilmiy izlanishlarda ekologik muvozanatni saqlash, yer va suv resurslarini samarali boshqarish hamda atrof muhitni muhofaza qilishning nazariy va amaliy jihatlari tahlil qilingan. Shuningdek, zamonaviy ekologik siyosat, “yashil iqtisodiyot” konsepsiyasi va ekologik xavfsizlikni ta’minlash masalalari ham ilmiy adabiyotlarda muhim o‘rin egallaydi.

Barqaror rivojlanish konsepsiyasi iqtisodiy taraqqiyot, ijtimoiy barqarorlik va ekologik muvozanatning uyg‘un holda rivojlanishini nazarda tutadi. Shu nuqtai nazardan, ekologik muammolarni hal qilishda innovatsion texnologiyalarni joriy etish, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish hamda ekologik monitoring tizimini rivojlantirish zarur hisoblanadi.

Mazkur tadqiqotni amalga oshirish jarayonida ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish, taqqoslash, umumlashtirish va tizimli yondashuv metodlaridan foydalanildi. Shuningdek, ekologik muammolarni o‘rganish jarayonida statistik ma’lumotlarni tahlil qilish hamda mavjud ilmiy manbalarni solishtirish usullari qo‘llanildi. Ushbu metodlar orqali atrof muhitni muhofaza qilish va barqaror rivojlanishni ta’minlashning asosiy yo‘nalishlari aniqlanib, ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi.

Tadqiqot natijalari. Tadqiqot jarayonida atrof muhitni muhofaza qilish va barqaror rivojlanishni ta’minlashga oid muhim natijalar

aniqlandi. Avvalo, tabiiy resurslardan haddan tashqari foydalanish va sanoat faoliyatining kengayishi ekologik muammolarning kuchayishiga olib kelayotgani kuzatildi. Ayniqsa, atmosfera havosining ifloslanishi, suv resurslarining kamayishi hamda tuproq degradatsiyasi atrof muhitga salbiy ta'sir ko'rsatuvchi asosiy omillar sifatida qayd etildi.

Tahlillar shuni ko'rsatdiki, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish va zamonaviy ekologik texnologiyalarni joriy etish orqali ekologik muammolarni sezilarli darajada kamaytirish mumkin [4.7.8]. Xususan, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish, ishlab chiqarish jarayonlarida chiqindilarni kamaytirish hamda resurslarni tejovchi texnologiyalarni qo'llash barqaror rivojlanishni ta'minlashda muhim ahamiyatga ega [3.8].

Shuningdek, ekologik monitoring tizimini rivojlantirish va raqamli texnologiyalarni joriy etish orqali atrof muhit holatini doimiy nazorat qilish imkoniyati kengayadi. Bu esa ekologik xavfsizlikni ta'minlash hamda tabiiy resurslarni samarali boshqarishga yordam beradi.

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, atrof muhitni muhofaza qilish va barqaror rivojlanishga erishish uchun davlat siyosati, ilmiy innovatsiyalar va jamiyatning ekologik madaniyatini oshirish muhim omil hisoblanadi.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, atrof muhitni muhofaza qilish va barqaror rivojlanishni ta'minlash uchun kompleks yondashuv zarur. Ekologik muammolarni hal qilish faqat bir soha doirasida emas, balki iqtisodiy, ijtimoiy va ekologik omillarni birgalikda hisobga olgan holda amalga oshirilishi lozim. Ayniqsa, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish, ishlab chiqarishda ekologik toza texnologiyalarni joriy etish hamda chiqindilarni kamaytirish muhim ahamiyat kasb etadi.

Bugungi kunda ko'plab mamlakatlarda "yashil iqtisodiyot" tamoyillarini joriy etish orqali ekologik barqarorlikni ta'minlashga katta e'tibor qaratilmoqda [3; 7]. Bu jarayonda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish, energiya tejamkor texnologiyalarni qo'llash va ekologik monitoring tizimlarini rivojlantirish muhim rol o'ynaydi [5.8]. Shuningdek, aholining ekologik madaniyatini oshirish ham atrof muhitni muhofaza qilishda muhim omillardan biri hisoblanadi.

O'zbekiston sharoitida ham atrof muhitni muhofaza qilish, yer va suv resurslaridan samarali foydalanish hamda ekologik xavfsizlikni ta'minlash bo'yicha qator islohotlar amalga oshirilmoqda. Shu sababli ilmiy tadqiqotlar natijalarini amaliyotga joriy etish orqali ekologik muammolarni kamaytirish va barqaror rivojlanishga erishish mumkin.

Xulosa. Yuqoridagi malumotlardan kelib chiqib quyidagicha xulosa qilishimiz mumkinki, atrof muhitni muhofaza qilish va barqaror rivojlanishni ta'minlash zamonaviy jamiyatning eng muhim vazifalaridan biri hisoblanadi. Tadqiqot natijalari tabiiy resurslardan oqilona foydalanish, ekologik xavfsizlikni ta'minlash va zamonaviy texnologiyalarni joriy etish barqaror

rivojlanishga erishishda muhim omil ekanligini ko‘rsatdi.

Shuningdek, ekologik muammolarni hal qilishda davlat siyosati, ilmiy tadqiqotlar va jamiyatning faol ishtiroki muhim rol o‘ynaydi. Ekologik madaniyatni rivojlantirish, chiqindilarni kamaytirish, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish hamda tabiiy resurslarni muhofaza qilish orqali kelajak avlodlar uchun sog‘lom va barqaror muhitni saqlab qolish mumkin.

Foydalanilgan adabyotlar

1. Odum, E. P. Ecology and Our Endangered Life-Support Systems. Sunderland: Sinauer Associates, 1993.
2. Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. Limits to Growth. New York: Universe Books, 1972.
3. United Nations. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. New York, 2015. Barqaror rivojlanish maqsadlarining asosiy xalqaro manbasi.
4. United Nations Development Programme (UNDP). Sustainable Development Goals in Uzbekistan. Tashkent, 2025.
5. O‘zbekiston Respublikasi ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligi. Atrof muhit holati bo‘yicha milliy hisobotlar. Toshkent, 2024.
6. Kurbonov A.J. Yuldoshev O.R. Saidxonova N.J. Oblakulov S.T. Djumakulova K.A. “Analysis of the optimization of labor protection measures in engineering work” 2023 E3S Web of Conferences 443, 04013.
7. Kurbonov A J, Saidxonova N J, Oblakulov S T, Djumakulova K A and Nazarova N N 2024 E3S Web of Conferences 471, 01005
8. O. Yuldoshev; S. Xusanova; M. Israilov; A. Kurbonov; N. Saidxonova; S. Oblaqulov; F. Kushnazarov Consequences and causes of dust and gas explosions in coal mines; Scientific basis in liquidation

UDK: 628.4

ANALYSIS OF VEGETATION CHANGES IN LAND AREA OF SYRDARYA REGION USING GIS TECHNOLOGY AND REMOTE SENSING DATA

Komiljonova Dinora Allabergan qizi - *TIQXMMI” MTU*
“Gidromelioratsiya” fakulteti MMTX yo’nalishi talabasi

Annotatsiya. *Ushbu maqolada zamonaviy jamiyatda tobora keskinlashib borayotgan chiqindilar muammosi har tomonlama tahlil qilinadi. Xususan, maishiy, sanoat va plastik chiqindilarning ortib borishi natijasida yuzaga kelayotgan ekologik xavflar, ularning tuproq, suv va atmosfera holatiga salbiy ta’siri ilmiy asosda yoritiladi. Shuningdek, chiqindilarni noto‘g‘ri boshqarish inson salomatligiga qanday zarar yetkazishi, jumladan, turli kasalliklar va ekologik inqirozlar bilan bog’liqligi ko‘rib chiqiladi.*

Maqolada chiqindilarni kamaytirish, ularni saralash, qayta ishlash va qayta foydalanish jarayonlarining ahamiyati batafsil tushuntiriladi. Bundan tashqari, yashil iqtisodiyotga o’tish, ekologik toza texnologiyalarni joriy etish hamda chiqindilardan energiya olish kabi innovatsion yechimlar haqida

ham ma'lumot beriladi. Dunyo tajribasi va ilg'or davlatlar amaliyoti asosida chiqindilarni samarali boshqarish usullari tahlil qilinadi.

Tadqiqot natijasida chiqindilar muammosini hal qilishda faqat texnologik yechimlar emas, balki aholining ekologik madaniyatini oshirish, davlat siyosati va jamiyat hamkorligi muhim omil ekanligi aniqlanadi. Maqolada yashil kelajak sari qadam qo'yish uchun zarur bo'lgan aniq taklif va tavsiyalar ham ilgari suriladi.

Kalit so'zlar: *Chiqindilar, ekologiya, atrof-muhit, qayta ishlash, yashil texnologiyalar, barqaror rivojlanish, ekologik muammo, chiqindilarni boshqarish, iqlim o'zgarishi*

Аннотация. *В данной статье всесторонне анализируется проблема отходов, которая в современном обществе приобретает всё более острый характер. В частности, на научной основе рассматриваются экологические угрозы, возникающие в результате увеличения объёмов бытовых, промышленных и пластиковых отходов, а также их негативное воздействие на состояние почвы, водных ресурсов и атмосферы. Кроме того, анализируется, каким образом неправильное управление отходами наносит вред здоровью человека, включая связь с различными заболеваниями и экологическими кризисами. В статье подробно раскрывается значение процессов сокращения отходов, их сортировки, переработки и повторного использования (recycling). Также приводится информация об инновационных решениях, таких как переход к «зелёной экономике», внедрение экологически чистых технологий и получение энергии из отходов. На основе мирового опыта и практики развитых стран анализируются эффективные методы управления отходами. В результате исследования установлено, что для решения проблемы отходов важны не только технологические решения, но и повышение экологической культуры населения, а также взаимодействие государства и общества. В статье также предложены конкретные рекомендации и меры, направленные на формирование устойчивого «зелёного» будущего.а*

Ключевые слова: *Отходы, экология, окружающая среда, переработка, зелёные технологии, устойчивое развитие, экологическая проблема, управление отходами, изменение климата*

Annotation. *This article provides a comprehensive analysis of the growing waste management problem in modern society. In particular, it examines the environmental risks caused by the increasing volume of household, industrial, and plastic waste, as well as their negative impact on soil, water resources, and the atmosphere based on scientific evidence. In addition, the study explores how improper waste management affects human health, including its connection with various diseases and environmental crises. The article explains in detail the importance of waste reduction, sorting, recycling, and reuse processes. Furthermore, it presents innovative solutions such as the transition to a green economy, the implementation of environmentally friendly technologies, and energy generation from waste. Based on*

global experience and the practices of developed countries, effective waste management methods are analyzed. The results of the study show that solving the waste problem requires not only technological solutions but also increasing public environmental awareness, as well as cooperation between the government and society.

Keywords: *Waste, ecology, environment, recycling, green technologies, sustainable development, environmental problem, waste management, climate change.*

Kirish. Bugungi globallashuv davrida insoniyat oldida turgan eng dolzarb muammolardan biri chiqindilar muammosi hisoblanadi. Aholi sonining tez sur'atlar bilan ortib borishi, urbanizatsiya jarayonining kuchayishi, sanoat ishlab chiqarishining kengayishi hamda iste'mol madaniyatining o'zgarishi natijasida chiqindilar hajmi yil sayin oshib bormoqda. Bu holat esa atrof-muhitga jiddiy salbiy ta'sir ko'rsatib, ekologik muvozanatning buzilishiga olib kelmoqda. Chiqindilar, ayniqsa plastik va kimyoviy chiqindilar, tabiatda juda uzoq vaqt saqlanib qoladi va parchalanish jarayoni yuzlab yillar davom etishi mumkin. Natijada ular tuproq unumdorligini pasaytiradi, yer osti va yer usti suvlarini ifloslantiradi hamda tirik organizmlar hayotiga xavf tug'diradi. Atmosferaga zararli gazlarning chiqarilishi esa iqlim o'zgarishi va global isish jarayonlarini tezlashtiradi. Shuningdek, chiqindilarni noto'g'ri boshqarish inson salomatligiga ham katta zarar yetkazadi. Sanitariya talablariga rioya qilinmasligi, chiqindilarning ochiq joylarda to'planib qolishi turli yuqumli kasalliklarning tarqalishiga sabab bo'ladi. Ayniqsa, rivojlanayotgan mamlakatlarda chiqindilarni qayta ishlash tizimining yetarli darajada rivojlanmaganligi bu muammoni yanada keskinlashtirmoqda.

Hozirgi kunda dunyo hamjamiyati ushbu muammoni hal qilish uchun turli choralar ko'rmoqda. Jumladan, chiqindilarni saralash, qayta ishlash, ekologik toza texnologiyalarni joriy etish hamda "yashil iqtisodiyot" tamoyillarini rivojlantirishga katta e'tibor qaratilmoqda. Ko'plab davlatlarda chiqindilarni kamaytirishga qaratilgan qonunlar, dasturlar va innovatsion loyihalar amalga oshirilmoqda.

Mazkur maqolaning asosiy maqsadi chiqindilar muammosining mohiyatini chuqur o'rganish, uning salbiy oqibatlarini tahlil qilish hamda yashil kelajak sari qadam qo'yish uchun samarali yechimlarni taklif etishdan iborat. Ushbu muammo nafaqat ekologik, balki ijtimoiy va iqtisodiy ahamiyatga ega bo'lib,uni hal etishda har bir insonning ongli yondashuvi muhim o'rin tutadi.

Tadqiqot uslubi. Mazkur maqolani tayyorlash jarayonida kompleks ilmiy yondashuvdan foydalanildi. Tadqiqotning asosiy usullari sifatida tahlil, sintez, taqqoslash, kuzatish va umumlashtirish metodlari qo'llanildi. Avvalo, chiqindilar muammosiga oid mavjud ilmiy adabiyotlar, xalqaro tashkilotlar hisobotlari hamda statistik ma'lumotlar chuqur o'rganildi va tizimli ravishda tahlil qilindi.Tadqiqot davomida chiqindilar turlari (maishiy, sanoat, plastik va organik chiqindilar) alohida ajratilib, ularning atrof-muhitga ta'siri solishtirma tahlil asosida baholandi. Shuningdek, chiqindilarni boshqarish bo'yicha rivojlangan davlatlar tajribasi o'rganilib, ularning amaliy natijalari tahlil qilindi. Bu orqali samarali va innovatsion yechimlar aniqlab olindi. Kuzatish usuli yordamida chiqindilarning kundalik hayotdagi

holati, ularning to’planish darajasi va boshqarish tizimidagi kamchiliklar o’rganildi. Shu bilan birga, ekologik muammolarning kelib chiqish sabablarini aniqlash uchun sabab-oqibat tahlili ham amalga oshirildi.

Tadqiqot jarayonida statistik ma’lumotlardan foydalanilib, chiqindilar hajmining o’sish dinamikasi va ularning ekologiyaga ta’siri baholandi. Ma’lumotlar asosida umumiy xulosalar chiqarildi hamda chiqindilarni kamaytirish va boshqarish bo’yicha aniq tavsiyalar ishlab chiqildi. Bundan tashqari, tizimli yondashuv asosida chiqindilar muammosi ekologik, ijtimoiy va iqtisodiy jihatlar kesimida kompleks tarzda ko’rib chiqildi. Ushbu yondashuv muammoni keng qamrovda tushunish va samarali yechimlarni taklif etish imkonini berdi.

Tadqiqot natijalari. O’tkazilgan tadqiqotlar va xalqaro ma’lumotlar tahliliga ko’ra, chiqindilar muammosi global darajada keskinlashib borayotgan ekologik muammolardan biri ekanligi aniqlandi. World Bank ma’lumotlariga ko’ra, dunyo bo‘yicha har yili 2,24 milliard tonna maishiy chiqindi hosil bo’ladi va bu ko‘rsatkich 2050-yilga borib 3,4 milliard tonnaga yetishi prognoz qilinmoqda. Hisobotlarga ko’ra, hozirgi kunda ishlab chiqarilayotgan chiqindilarning atigi 13–15 foizi qayta ishlanadi, qolgan qismi esa chiqindixonalar yoki ochiq muhitga tashlanadi. Bu esa tuproq, suv va havoning keng ko’lamda ifloslanishiga olib kelmoqda.

Jadval: Chiqindilar turi va ularning ekologik ta’siri

Chiqindi turi	Yillik ulushi (%)	Parchalanish vaqti	Asosiy zarar	Yechim yo‘li
Plastik	35–40%	100–500 yil	Tuproq va suvni ifloslantiradi	Qayta ishlash, plastikni kamaytirish
Organik chiqindilar	25–30%	1–6 oy	Chirishi natijasida metan gaz chiqaradi	Kompostlash
Qog‘oz	15–20%	2–6 hafta	Daraxt kesilishiga sabab bo‘ladi	Qayta ishlash
Shisha	5–10%	1000 yil	Tabiatda deyarli yo‘qolmaydi	Qayta ishlash
Metall	5–10%	50–200 yil	Tuproq tarkibini buzadi	Qayta ishlash

Plastik chiqindilar alohida xavf tug’diradi. Har yili dunyoda taxminan 400 million tonna plastik ishlab chiqariladi, shundan faqat 9 foizi qayta ishlanadi, qolgan qismi esa tabiatda to’planib boradi. Natijada har yili 8–10 million tonna plastik chiqindi okeanlarga tushadi, bu esa dengiz ekotizimiga katta zarar yetkazadi. Tadqiqotlar shuni ko’rsatdiki, chiqindilarni samarali boshqarish tizimi mavjud bo’lgan davlatlarda chiqindilarni qayta ishlash darajasi ancha yuqori. Masalan, Germaniyada qayta ishlash darajasi 65–70% ga yetgan, Shvetsiyada esa chiqindilarning deyarli 99% i qayta ishlanadi yoki energiyaga aylantiriladi.

O’zbekiston misolida ham chiqindilar muammosi dolzarb hisoblanadi. Rasmiy ma’lumotlarga ko’ra, mamlakatda har yili 7–8 million tonna maishiy chiqindi hosil bo‘ladi, ammo ularning faqat taxminan 20–25% i qayta ishlanadi. Bu esa chiqindilarni boshqarish tizimini

yanada rivojlantirish zarurligini ko’rsatadi. Yana bir muhim natija shundan iboratki, chiqindilarni saralash tizimi joriy etilgan hududlarda chiqindilar hajmi 30–40% gacha kamaygani kuzatilgan. Organik chiqindilarni kompostlash orqali esa chiqindilarning umumiy hajmini 50% gacha qisqartirish mumkinligi aniqlangan.

Chiqindilar tarkibi (%):

Plastik 40%
Organik 30%
Qog‘oz 20%
Shisha 5%
Metall 5%

Ushbu diagramma orqali chiqindilar tarkibida plastik chiqindilar eng katta ulushni egallashi, shuningdek, ularning parchalanish muddati eng uzoq ekanligi ko‘rinadi. Organik chiqindilar esa tez parchalanadi, ammo metan gaz chiqarishi sababli iqlimga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu bois chiqindilarni saralash va qayta ishlash tizimini joriy etish ekologik muammolarni kamaytirishda muhim ahamiyatga ega.

Umuman olganda, statistik tahlillar shuni ko’rsatadiki, agar chiqindilarni boshqarish bo’yicha samarali choralar ko’rilmasa, ekologik muammolar yanada keskinlashadi. Aksincha, qayta ishlash, saralash va yashil texnologiyalarni joriy etish orqali chiqindilar miqdorini sezilarli darajada kamaytirish va barqaror rivojlanishga erishish mumkin.

Xulosa. Yuqorida keltirilgan tahlillar va statistik ma’lumotlar asosida xulosa qilish mumkinki, chiqindilar muammosi bugungi kunda global miqyosdagi eng dolzarb ekologik muammolardan biri hisoblanadi. Chiqindilar hajmining ortib borishi nafaqat atrof-muhitning ifloslanishiga, balki inson salomatligining yomonlashishiga, tabiiy resurslarning kamayishiga va iqlim o‘zgarishining kuchayishiga olib kelmoqda.

Tadqiqot natijalari shuni ko’rsatdiki, chiqindilarni boshqarish tizimini takomillashtirish orqali ekologik holatni sezilarli darajada yaxshilash mumkin. Xususan, chiqindilarni saralash, qayta ishlash va qayta foydalanish jarayonlarini keng joriy etish orqali chiqindilar hajmini kamaytirish va resurslardan samarali foydalanishga erishiladi. Shu bilan birga, organik chiqindilarni kompostlash orqali tuproq unumdorligini oshirish ham muhim ahamiyat kasb etadi. Yana bir muhim jihat shundan iboratki, chiqindilar muammosini hal qilish faqat texnologik yechimlar bilan cheklanib qolmaydi. Bu jarayonda aholining ekologik madaniyati va ongli yondashuvi hal qiluvchi rol o’ynaydi. Har bir inson kundalik hayotida chiqindilarni kamaytirish, ularni saralash va tabiatga ehtiyotkorlik bilan munosabatda bo‘lish orqali muammoning yechimiga o’z hissasini qo’shishi mumkin.

Shuningdek, davlat siyosati ham bu borada muhim o’rin tutadi. Qonunchilikni kuchaytirish, chiqindilarni boshqarish tizimini rivojlantirish, qayta ishlash sanoatini qo’llab-quvvatlash va yashil texnologiyalarni joriy etish orqali barqaror rivojlanishga erishish mumkin. Xalqaro tajriba shuni ko’rsatadiki, davlat, jamiyat va xususiy sektor hamkorligida olib borilgan ishlar eng samarali natijalarni beradi. Kelajakda chiqindilar muammosini hal qilish uchun “yashil iqtisodiyot” tamoyillariga asoslangan yondashuvni keng joriy etish zarur. Bu nafaqat ekologik muammolarni kamaytiradi, balki yangi ish o’rinlari yaratadi, iqtisodiy samaradorlikni oshiradi va jamiyat farovonligini ta’minlaydi.

Chiqindilar muammosi har birimizga tegishli bo'lgan masala bo'lib, uni hal qilishda umumiy harakat va mas'uliyat talab etiladi. Agar bugundan boshlab to'g'ri choralar ko'rilsa, kelajak avlodlar uchun toza, sog'lom va yashil muhitni saqlab qolish mumkin.

Foydalanilgan adabyotlar

1. Odum, E. P. Ecology and Our Endangered Life-Support Systems. Sunderland: Sinauer Associates, 1993.

2. Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. Limits to Growth. New York: Universe Books, 1972.

3. United Nations. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. New York, 2015. Barqaror rivojlanish maqsadlarining asosiy xalqaro manbasi.

4. United Nations Development Programme (UNDP). Sustainable Development Goals in Uzbekistan. Tashkent, 2025.

5. O'zbekiston Respublikasi ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o'zgarishi vazirligi. Atrof muhit holati bo'yicha milliy hisobotlar. Toshkent, 2024.

6. Kurbonov A.J. Yuldoshev O.R. Saidxonova N.J. Oblakulov S.T. Djumakulova K.A. "Analysis of the optimization of labor protection measures in engineering work" 2023 E3S Web of Conferences 443, 04013.

7. Kurbonov A J, Saidxonova N J, Oblakulov S T, Djumakulova K A and Nazarova N N 2024 E3S Web of Conferences 471, 01005

8. O. Yuldoshev; S. Xusanova; M. Israilov; A. Kurbonov; N. Saidxonova; S. Oblaqulov; F.Kushnazarov Consequences and causes of dust and gas explosions in coal mines; Scientific basis in liquidation

UDK: 528.8:911.375

TUPROQ SHO'RLANISHI VA UNI OLDINI OLISH CHORALARI

Mamatmusayev Shahbozbek Sherzodbek o'g'li *- "TIQXMMI" MTU talabasi*

Muxtorov O`zbekxon Burxonovich *- "TIQXMMI" MTU "Yer resurslarini boshqarish" kafedrasi mudiri, iqtisodiyot fanlari falsafa doktori (PhD), dotsent*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada tuproqlarning sho'rlanish darajalari, sabablari va tuproqlar sho'rlanishining ortishiga ta'sir ko'rsatuvchi omillar hamda tuproqlarning sho'rlanishini oldini olishga qaratilgan chora-tadbirlar keltirilgan.Tuproq sho'rlanishi bugungi kunda qishloq xo'jaligida eng dolzarb ekologik muammolardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, sug'orma dehqonchilik rivojlangan hududlarda bu muammo keng tarqalgan. Tuproq tarkibida zararli tuzlarning ortib ketishi natijasida ekinlar normal o'sib rivojlana olmaydi va hosildorlik keskin kamayadi. Shu sababli tuproq sho'rlanishining sabablari, oqibatlari va unga qarshi kurash usullarini o'rganish muhim ahamiyatga ega.*

Kalit so'zlar: *sho'rlanish ,sho'rlanish darajalari,tog' jinslari,ona jins,sho'r yuvish.*

Annotation. *This article presents the levels of soil salinity, the causes and factors affecting the increase in soil salinity, as well as measures to prevent soil salinity. Soil salinity is one of the most urgent*

environmental problems in agriculture today. This problem is especially widespread in regions with developed irrigated agriculture. As a result of the increase in harmful salts in the soil, crops cannot grow normally and productivity decreases sharply. Therefore, it is important to study the causes, consequences and methods of combating soil salinity.

Keywords: *salinity, salinity levels, rocks, parent rock, salt leaching*

Kirish. O‘zbekiston Respublikasi O‘rta Osiyoning eng kuchli sho‘rlanishga uchragan mintaqalaridan biri hisoblanadi. Tuproq tugaydigan va tiklanadigan resurslarga kiradi.Sho’rlangan tuproqlar, jumladan sho’rxoklarning kelib chiqish sabablari juda xilma-xil.So’ngi yillarda olib borilayotgan taqdiqotlarga ko’ra ,e’tibor bering,respublikamizda sug’oriladigan yerlarning qariyb 53 foizini turli xil darajada sho’rlangani,69 foizga yaqin tuproq usti qatlamida gumus miqdori bor-yo’g’I 0.5-1 foizni tashkil etgani,600ming gektar yaylov yerlari turli darajada degradatsiyaga uchraganini ko’rsatmoqda.Qishloq xo’jalik vazirligi boshqarmasi boshlig’i Oybek Soatov KUN.uz saytiga berga interyusida “Tuproq sho’rlanishi sabab O’zbekiston yiliga 4 trillion so’m zarar ko’rmoqda ‘’degan fikrlarni ilgari surgan.

Taxminiy hisob-kitoblar natijasida paxta misolida olsak,har yili 1mln gektarga paxta ekiladi,uning 40 foizi sho’rlangan yerlarga to’g’ri keladi.Taxminiy hisoblarga ko’ra sho’r yuvishni ham hisobga olsak ,paxtananing o’zidan 800mlrd so’mlik zarar bo’ladi.G’allachilik yiliga 1,26mln gektar yerga g’alla ekiladi.Bunda ham 200-300 ming gektar yer kuchli shorlangan bo’ladi,yuvilgandan kegin ham 15%hosilini yo’qotiladi va 500mlrd so’mlik zarar bo’ladi.

Asosiy qism. Shorlangan yerlar insoniyat uchun jiddiy iqtisodiy va ekologik xavf tug‘diradi, qishloq xo‘jaligi hosildorligini keskin pasaytirib, oziq-ovqat xavfsizligiga tahdid soladi. Bu tuproq tarkibidagi tuz miqdorining oshishi hosil nobud bo‘lishiga, yerlarning cho‘llanishiga va iqtisodiy zarar keltirib chiqaradi.Tuzli tuproqda o‘simliklar ildizi suv va oziq moddalarni qabul qila olmaydi, natijada qishloq xo‘jalik ekinlari nobud bo‘ladi yoki hosil kamayadi.

Sho‘rlanish — bu tuproq tarkibida o‘simliklar o‘sishiga salbiy ta’sir ko‘rsatadigan eruvchan tuzlar (xloridlar, sulfatlar, karbonatlar) miqdorining me’yordan oshib ketish jarayoni. Bu hodisa asosan qurg‘oqchil va yarim qurg‘oqchil hududlarda keng tarqalgan bo‘lib, tuproq unumdorligining keskin pasayishiga va hosildorlik yo‘qolishiga olib keladi.Men tanlagan mavzuning dolzarbligi shundaki hozirgi kunda tuproqning shorlanishi global ekologik muammolardan biri sifatida e’tirof etilmoqda. Ayniqsa, sug‘oriladigan dehqonchilik rivojlangan hududlarda bu muammo tobora kuchayib bormoqda. Tuproq tarkibida tuzlarning ortib borishi natijasida yerlarning unumdorligi pasayadi, bu esa qishloq xo‘jaligi mahsulotlari yetishtirish hajmiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.Aholi sonining ortib borishi oziq-ovqatga bo‘lgan talabni oshirmoqda. Bunday sharoitda mavjud yer resurslaridan samarali foydalanish zarurati yanada kuchayadi. Ammo tuproqning shorlanishi bu imkoniyatni cheklab, hosildor yerlarning qisqarishiga olib kelmoqda.Dunyo miqyosida tuproq sho‘rlanishi bilan kurashish (1,1 milliard gektardan ortiq yer ta’sirlangan) barqaror qishloq

xo‘jaligi, suvni tejash, drenaj tizimlarini modernizatsiya qilish va sho‘rga chidamli ekinlarni joriy etishga qaratilgan. Asosiy chora-tadbirlar: yerlarni yuvish, agrokimyoviy o‘zlashtirish, innovatsion sug‘orish (tomchilatib) hamda xalqaro monitoring (FAO) orqali tuproq unumdorligini qayta tiklashdir. O’zbekiston Respublikasi Prezidentining 23.10.2019-yildagi PF-5853-sonli Farmonida O’zbekiston Respubliksining qishloq xo’jaligini rivojlantirishning 2020-2030 yillarga mo’ljallangan strategiyasida ham sho‘rlanishga qarshi kurashish eng ustuvor yo‘nalishlardan biri sifatida belgilangan.Qishloq xo‘jaligida yer resurslaridan oqilona va samarali foydalanish masalasi tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. Chunki yer insoniyatning asosiy tabiiy boyliklaridan biri bo‘lib, undan noto‘g‘ri foydalanish tuproq unumdorligining pasayishiga, ekologik muvozanatning buzilishiga olib keladi.Hozirgi sharoitda aholining soni ortib borayotganligi, oziq-ovqat mahsulotlariga bo‘lgan talabning oshishi yer resurslaridan samarali foydalanishni taqozo etmoqda. Shu sababli qishloq xo‘jaligida zamonaviy agrotexnologiyalarni joriy etish, sug‘orish tizimlarini takomillashtirish hamda tuproqni muhofaza qilish chora-tadbirlarini kuchaytirish muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Bundan tashqari, yerlarning degradatsiyasi, sho‘rlanishi va eroziyaga uchrashi kabi muammolarni oldini olish uchun ilmiy asoslangan yondashuvlar zarur. Yer resurslarini boshqarishda ekologik va iqtisodiy omillar uyg‘unligini ta’minlash orqali barqaror qishloq xo‘jaligini rivojlantirish mumkin.

Sho’rlanish turi aniqlash. Sho‘rlangan tuproqlarga uch guruh tuproq toifalari kiritilgan: 1) sho‘rxok va sho‘rxoksimon; 2) ishqoriy tuproqlar, sho‘rtob, sho‘rtobsimon tuproqlar va taqirlar 3) solodlar **Yer sho‘rini yuvish**, sho‘r yuvish, sho‘rlangan tuproqlarni yuvish—tuproqdagi o‘simlik uchun zararli tuzlarni eritib, tuproq-grunt O‘zbekiston Respublikasi yer fondining toifalar bo‘yicha taqsimoti (2001-yil 1 yanvar, ming ga)ning yuqori qatlamlaridan quyiga va so‘ng sho‘ri yuviladigan maydon tashqarisiga chiqarib yuborish; melioratsiya tadbirlaridan biri. O‘zbekistoida sho‘r va sho‘rlanishga duchor bo‘lgan yerlarni suv bilan yuvib o‘zlashtirishni birinchi marta A. Middendorf, keyinchalik V. V. Dokuchayev, M.M. Bushuyev, N. A. Dimo na-zariy asoslab berdilar. Sho‘ri yuviladigan maydon yuzasiga berilgan suvda tuproq zarrachalaridagi tuz kristallari eriydi. Hosil bo‘lgan eritmani shimilishda davom etayotgan suv o‘z harakati bilan tuproqning pastki qatlamlariga olib tushadi va shunday qilib, tuproqning o‘simlik ildizi tarqaladigan qismi zararli tuzlardan tozalanadi.Yuvish ishlovlari (meliorativ tadbirlar)Sho‘rlangan yerlarni tiklashda asosiy chora – yuvish hisoblanadi. Bu jarayon quyidagicha olib boriladi: Ko‘p suv bilan yuvish: Yerni oldindan tekis qilib, unga me’yordan ortiq miqdorda suv berish orqali tuzlar tuproqning pastki qatlamlariga yoki drenaaj tizimi orqali chiqarib yuboriladi. Bu usul eng samarali hisoblanadi. Drenaj tizimi barpo etish: Yuvish jarayonining samaradorligi, ayniqsa, yerosti suvlari yuza bo‘lgan joylarda, drenajsiz past bo‘ladi. Shu sababli, ochiq yoki yopiq drenajlar qurilishi muhimdir.Yer shorlanishini oldini olishda asosiy agrokimyoviy usullar tuproq tarkibini yaxshilash va tuzlarni yuvishga qaratilgan: gipslash (shor tuproqlarga gips solish), organik

(go‘ng, kompost) va mineral o‘g‘itlar (fosfor, kaliy) bilan to‘yintirish, hamda chuqur haydash orqali suv o‘tkazuvchanlikni oshirish va sho‘r yuvish tadbirlarini amalga oshirishdir.Ishqoriy (soz tuproqli) yerlarga gips solish orqali tuproq tarkibidagi natriyni kalsiy bilan almashtirish, natijada tuproq tuzilishi yaxshilanadi va sho‘r yuvish samaradorligi oshadi. Go‘ng, kompost yoki yashil o‘g‘itlar (sideratlar) solish tuproqning o‘tkazuvchanligini oshiradi va tuzlarning ildiz zonasida to‘planishini kamaytiradi.Tuproqni 30-40 sm chuqurlikda haydab, so‘ngra suv bilan yuvish orqali tuzlarni ildiz zonasidan pastki qatlamlarga tushirish.

Agromeliorativ tadbirlar. Bu tadbirlar natijasida sho`r yerlardan foydalanish, sizot suvlari satҳini gidrotexnik tadbirlarsiz pasaytirish, tuproq namligining bug`lanish qiymatini pasaytirish ishlarini amalga oshirish ҳisoblanib:Sho`rlangan tuproqning ustki qatlamini(eng ko`p tuz to`plangan qismi) chorak arshin (16,8 sm) kesib olib bir erga uyish, 2-3 yil o`tgandan so`ng tuproq sho`ri yomg`ir-qor suvlari yordamida yuvilgach bu tuproqni go`ng, qum va eskidevor kesaklari bilan aralashtirib, kesib olingan joyga qayta to`shash. Ariq va zovurlarni qazish va tozalash davomida chiqadigan (rosh) tuproq ҳamda buzilgan, qulagan eski devor va uylardan chiqqan tuproqlarni maxalliy va mineral o`g`itlar bilan aralashtirib, erga yoyish.Almashlab ekish, tuproq unumdorligini qayta tiklash, tuproq strukturasini yaxshilash. Daraxtlar ekish. Yaxob suvi berish.«Qoqlama» dexqonchilik agro texnikasini qo`llash.Sho`rga chidamli ekinlar ekish.

Fizik tadbirlar-Yerni chuqur ҳaydash va yumshatish, ҳo`llash, 1 ga maydonga 200-500 tonna qum solish, so`ngra sho`r yuvish. Bu tadbirlar tuproq qatlamini ҳavo va suv o`tkazuvchanligini yaxshilaydi.Sho`r maydonlarda elektr tokini qo`llashdan so`ng sho`r yuvish juda yaxshi natija beradi.

Gidrotexnik tadbirlar yer osti suvlaridan qishloq xo`jaligida foydalanish. Sug`oriladigan maydonlarning yerdan foydalanish koeffisienti(EFK) qiymatini oshirish (EFK=0,88-0,92).Sug`oriladigan yerlar orasida sug`orilmaydigan yerlarning bo`lishi, sho`r yuvish yoki sug`orish jarayonida, sizot suvlarining sug`oriladigan yerlardan sug`orilmaydigan yerlarga oqib borishiga va u yerlardan bug`lanishiga (quruq zovur) sabab bo`ladi.Quruq zovur maqsadida yerlarning bir qismidan foydalanilmaslik, bu yerlarni minerallashgan sizot suvlarining bug`lanish ҳavzasiga aylanib qolishiga va kelajakda butkul ishga yaroqsiz bolib qolishiga olib keladi. Sun`iy zovurlar qazish va sho`r yuvish ishlarini amalga oshirish. yerlarning sho`rlanishiga qarshi kurashishda yerlarning meliorativ ҳolatini chuqur taҳlil qilgan ҳolda, yuqorida zikr etilgan tadbirlar bilan birga olib borilsa, ko`zlangan maqsadga erishiladi.

Suvdan oqilona foydalanish tuproqning shorlanishini kamaytirish va oldini olishning eng asosiy omilidir. Noto‘g‘ri sug‘orish yer osti suvlarini ko‘tarib, tuzni yuza qismga chiqaradi (ikkilamchi shorlanish), oqilona foydalanish esa suvni tejab, drenaj tizimi orqali tuzlarni yuvib ketish samaradorligini oshiradi va unumdorlikni saqlaydi.Agar suv me'yoridan ortiqcha sug'orilsa, yer osti suvlari ko'tarilib, tuproqning yuza qismida tuz to'planishiga olib keladi. Oqilona sug'orish yer osti suvlari sathini me'yorda ushlab turadi.

T**omchilatib sug‘orish texnologiyasi.** Bu usul suvni bevosita o‘simlik ildiziga yetkazib beradi, bu esa suv sarfini kamaytirib, yer osti suvlarining ko‘tarilish xavfini bartaraf etadi va tuproq tuzlanishini kamaytiradi.

Xulosa. Tuproq sho’rlanishini qishloq xo’jaligiga ta’siri ko’p qirrali ,nafaqat qishloq xo’jaligiga balki iqtisodiy barqarorlik va ekologiyaga ham tasiri katta.O‘rganishlarim natijasida yerning sho‘rlanishi qishloq xo‘jaligida jiddiy muammo ekanligini aniqladim. Sho‘rlanishning oldini olish uchun sug‘orishni me’yorida tashkil etish, drenaj tizimlarini yaxshilash, tuproqni organik va kimyoviy moddalar bilan boyitish, shuningdek sho‘rga chidamli ekinlarni ekish zarur. Ushbu chora-tadbirlarni tizimli ravishda amalga oshirish orqali yer unumdorligini saqlash va barqaror qishloq xo‘jaligini rivojlantirish mumkinligiga ishonaman.Kelajakdagi ilmiy izlanishlar,texnologiyalar,hozirgi kunda rivojlanib kelayotgan suniy intelektlarni tuproqshunoslik sohasiga qaratish kerak.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasining Yer kodeksi.

2. O‘zbekiston Respublikasining “Davlat kadastrlari to‘g‘risida”gi Qonuni. – Toshkent, 2021.

3. O‘zbekiston Respublikasining “Tabiatni muhofaza qilish to‘g‘risida”gi Qonuni. – Toshkent, 2020.

4. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining yer resurslaridan foydalanish va ularni muhofaza qilishga oid farmon va qarorlari.

5. Geoaxborot tizimlari asoslari. O‘quv qo‘llanma. – Toshkent, 2022.

6. Yer kadastri va monitoringi. Darslik. – Toshkent, 2021.

www.lex.uz, www.gov.uz

UDK: 631.6:528.8

SHO‘RLANGAN VA DEGRADATSIYAGA UCHRAGAN QISHLOQ XO‘JALIGI YERLARINI QAYTA TIKLASHDA YER TUZISH LOYIHALARINING O‘RNI: KOSMIK TAHLIL YORDAMIDA

To‘yoqulov Mironshoh *– talaba*
Muxtorov O‘zbekxon *- PhD, Dotsent*

Annotatsiya: *Maqolada sho‘rlanish va degradatsiya jarayonlari bilan zararlangan qishloq xo‘jaligi yerlarini qayta tiklashda yer tuzish loyihalarining ahamiyati va bu jarayonda kosmik tahlil usullarining qo‘llanilishi ko‘rib chiqiladi. Bugungi kunda global iqlim o‘zgarishi va suv resurslarining noto‘g‘ri boshqarilishi natijasida yerlar degradatsiyasi, xususan, sho‘rlanish muammosi, qishloq xo‘jaligi barqarorligi va oziq-ovqat xavfsizligiga jiddiy tahdid solmoqda. Ushbu maqolada kosmik monitoring tizimlari (Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari), Geoaxborot tizimlari (GAT) va sun’iy intellekt imkoniyatlaridan foydalanib, sho‘rlangan yerlarni aniqlash, ularning degradatsiya darajasini baholash va samarali yer tuzish loyihalarini ishlab chiqish metodologiyasi tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari kosmik tahlil*

yordamida yerlarning holatini kartalashtirish, qayta tiklash tadbirlarining samaradorligini monitoring qilish va resurslardan maqsadli foydalanish imkoniyatlarini kengaytirishga qaratilgan.

Kalit so‘zlar: *Sho‘rlanish, degradatsiya, yer tuzish, kosmik monitoring, masofaviy zondlash, geoaxborot tizimlari, melioratsiya, tuproq unumdorligi.*

Kirish. Jahon miqyosida qishloq xo‘jaligi yerlarining degradatsiyasi barqaror rivojlanish uchun asosiy to‘siqlardan biri bo‘lib qolmoqda. Xususan, O‘zbekiston Respublikasi hududida 1 746,6 ming gektar maydon turli darajada sho‘rlangan bo‘lib, shundan 65,2 ming gektari kuchli, 439,4 ming gektari o‘rta va 1 242 ming gektari kam sho‘rlanish holatlariga to‘g‘ri keladi. Sho‘rlangan yerlar o‘simliklarning normal rivojlanishiga to‘sqinlik qiladi, tuproq unumdorligini pasaytiradi va pirovardida qishloq xo‘jaligi mahsuldorligining keskin kamayishiga olib keladi.

Ushbu global ekologik muammoni bartaraf etishda yer tuzish loyihalari muhim o‘rin tutadi. Yer tuzish — bu yerlardan oqilona foydalanish va muhofaza qilishni tashkil etish, shuningdek, degradatsiyaga uchragan yerlarni qayta tiklash bo‘yicha kompleks tadbirlar tizimidir. Zamonaviy texnologiyalar, xususan, sun’iy yo‘ldosh orqali masofaviy zondlash (RS) va geoaxborot tizimlari (GAT) asosidagi kosmik tahlil usullari yer tuzish loyihalarining ilmiy asoslanganligini va samaradorligini sezilarli darajada oshiradi.

Asosiy qism. Kosmik tahlil yordamida sho‘rlangan yerlarni qayta tiklash jarayonining samaradorligi so‘nggi yillarda jadal rivojlanayotgan sun’iy intellekt (Machine Learning) va chuqur o‘qitish (Deep Learning) texnologiyalarining qo‘llanilishi tufayli misli ko‘rilmagan darajada oshdi. An’anaviy spektral indekslar yordamida tuproq sho‘rlanishini baholashda ayrim noaniqliklar saqlanib qolgan bo‘lsa, Random Forest (RF), Support Vector Regression (SVR) va Back Propagation Neural Network (BPNN) kabi ML modellari bu muammoni tubdan hal qildi. Pokistonning keng sho‘rlangan mintaqalarida Sentinel-2A va Landsat-8 OLI ma’lumotlari asosida o‘tkazilgan tadqiqotlarda RF modeli R^2 = 0.91 aniqlik bilan sho‘rlanish xaritalarini yaratishga muvaffaq bo‘ldi.

Shu bilan birga, Xitoyning Xetao irrigatsiya okrugida yer osti suvlari chuqurligi (WTD), relyef balandligi va tuproqning gil miqdori kabi atrof-muhit o‘zgaruvchilarini multispektral indekslar bilan uyg‘unlashtirgan B-RF modeli R^2 = 0.90, RMSE = 2.10 g/kg aniqlik ko‘rsatib, resalinizatsiya davridagi sho‘rlanishni bashoratlashda aynan yer osti suvlari chuqurligi eng kuchli ta’sir etuvchi omil ekanini isbotladi.

Mazkur integral yondashuvning mohiyati shundan iboratki, kosmik tahlil natijalari bevosita yer tuzish va melioratsiya loyihalarini optimallashtirishga yo‘naltiriladi. Xitoyning Songnen tekisligida 2026-yilda nashr etilgan tadqiqotda sho‘rlanish darajasiga qarab differensial rivojlantirish tizimi ishlab chiqildi: yengil sho‘rlangan yerlarda (sho‘rlanish <0.3%) don yetishtirishga ixtisoslashtirilib, gektaridan 6 750–8 250 kg guruch hosili olindi; o‘rta sho‘rlangan yerlarda (0.3%–0.6%) integratsiyalashgan dehqonchilik-chorvachilik tizimi; kuchli sho‘rlangan yerlarda (sho‘rlanish >0.6%) esa sho‘radoshlar yordamida fitoremediatsiya qo‘llanilib, har gektaridan yiliga 2.8–5.0 tonna CO_2

ekvivalentida uglerod sekvestratsiyasiga erishildi.

Ushbu model sho‘rlangan yerlarni “ekologik yuk”dan “resurs zaxirasi”ga aylantirish konsepsiyasini amalda namoyish etdi. Qayta tiklashning monitoring bosqichida esa UAV (dron) texnologiyasi alohida afzalliklarga ega. So‘nggi tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, dronlar yordamida tuproqning 0–10 sm qatlamidagi sho‘rlanishni bashoratlashda yuqori aniqlikka erishilsa-da, chuqurroq qatlamlar uchun aniqlik tabiiy ravishda pasayadi, bu esa kelajakda chuqur qatlamli modellashtirish usullarini takomillashtirish zaruratini tug‘diradi.

O‘zbekiston sharoitida esa kosmik tahlilga asoslangan yer tuzish loyihalari davlat siyosati darajasiga ko‘tarilgan. 2024-yilda FAO tomonidan chop etilgan “Global Status of Salt-Affected Soils” hisobotida O‘zbekiston dunyodagi sho‘rlangan tuproqlarning 70 foiziga ega bo‘lgan 10 ta davlat qatoriga kiritilgan. “O‘zbekkosmos” agentligi 2025-yil fevral oyida BMTning Osiyo va Tinch okeani iqtisodiy va ijtimoiy komissiyasi (ESCAP) bilan hamkorlikda “Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari yordamida tuproq sho‘rlanishini aniqlash” loyihasiga start berdi. Loyihada Jizzax viloyatining Zarbdor tumani va unga tutash hududlardagi 90 ta ekin maydoni tanlab olinib, ikki yil davomida multispektral sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida NDVI (vegetatsiya indeksi) va SSI (sho‘rlanish indekslari) hisoblab chiqiladi hamda laboratoriya tahlillari bilan solishtiriladi. Ushbu loyiha yakunida respublika bo‘yicha sho‘rlanish darajasining aniq elektron xaritalari yaratilishi va fermerlarga o‘z ekin maydonlari holati bo‘yicha to‘liq ma’lumot taqdim etilishi ko‘zda tutilgan.

Shuningdek, Markaziy Farg‘ona vodiysining Mingbuloq tumanida Landsat 8 va Sentinel-2 sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida o‘tkazilgan tadqiqotlar ham mahalliy tuproq sho‘rlanishini baholashda NDSI indeksining yuqori samaradorligini ko‘rsatdi.

Muhandislik va meliorativ tadbirlarni loyihalashtirish bosqichida yuqoridagi kosmik monitoring ma’lumotlari nafaqat zovur va drenaj tarmoqlarini rekonstruksiya qilish, balki kimyoviy meliorantlar, fitoremediatsiya hamda mikrobial-o‘simlik sinergizmi kabi biologik tiklash usullarini aniq manzilli joriy etish imkonini bermoqda. Misrning G‘arbiy Mallavi hududida qayta tiklangan yerlarda sho‘rlanish va yer osti suvlari sifatini kompleks baholash bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar kosmik tahlil bilan yer usti kuzatuvlarini uyg‘unlashtirishning yuqori samarasini ko‘rsatdi. Bu O‘zbekiston uchun ham istiqbolli model bo‘lib, aynan shunday integratsiyalashgan yondashuv mamlakatimizda 1,7 million gektardan ortiq sho‘rlangan yerlarni bosqichma-bosqich qishloq xo‘jaligi oborotiga qaytarishning ilmiy asoslangan strategiyasini yaratishga xizmat qiladi.

Xulosa. Sho‘rlangan va degradatsiyaga uchragan qishloq xo‘jaligi yerlarini qayta tiklashda klassik yer tuzish usullari va zamonaviy kosmik tahlil texnologiyalarining uyg‘unligi yuqori natijadorlikni ta’minlaydi. Kosmik monitoring tizimlari keng hududlarni qamrab olishi, yuqori tezlik va aniqlikdagi ma’lumotlarni taqdim etishi tufayli yer tuzish loyihalarining sifatini tubdan yaxshilaydi. Kelajakda bu texnologiyalarning "Aqlli qishloq xo‘jaligi" (Smart Agriculture) platformalari bilan integratsiyasi mamlakatimizda oziq-ovqat xavfsizligi va ekologik barqarorlikni

mustahkamlashning asosiy drayveriga aylanishi shubhasiz.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Escaped. (2025). “O‘zbekkosmos” sho‘rlangan yerlarni kosmik monitoring qilishni boshladi. Digital.uz. [10†L2-L3]

2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2026-yil 13-martdagi “Qishloq xo‘jaligida zamonaviy texnologiyalarni joriy qilishga doir chora-tadbirlar to‘g‘risida” PQ-99-son qarori. Lex.uz. [14†L4-L6]

3. Li, J., Lyu, C., Wang, M., et al. (2026). Research on zoning, classification and gradient-based protective development system for saline-alkali land in Songnen Plain. Agricultural Engineering, 16(1), 137-144. [12†L3-L8]

4. Mallawi, W., et al. (2025). Integrated Assessment of Soil and Groundwater Quality, Irrigation Suitability, and Land-Use Dynamics in the Reclaimed Lands of West Mallawi, Egypt. Assiut University Bulletin for Environmental Researches, 25(2), 45-60. [13†L2-L5]

5. Hassan, R., et al. (2025). In-situ and remote sensing characterization of salinity-affected agricultural areas in the Po River Delta. Master’s thesis, University of Padua. [3†L19-L26]

6. Akramkhanov, A., & Vlek, P. L. G. (2012). The assessment of spatial distribution of soil salinity risk using neural network. Environmental Monitoring and Assessment, 184, 2807–2824.

UDK: 347.26

MAHALLA HUDUDIDA OMMAVIY SERVITUT SHARTNOMASINI ISHLAB CHIQISH VA JORIY QILISH

Raxmonov Sherzod *– “TIQXMMI” MTU, “Geodeziya va Geoinformatika” kafedrasi, PhD.*

Ro‘ziboyev Akmaljon *- “TIQXMMI” MTU, talaba.*

Annotatsiya. *Mazkur maqola mahalla hududida ommaviy servitut shartnomasini ishlab chiqish va joriy etishning asosiy bosqichlari hamda samaradorligini tahlil qilingan. Ommaviy servitut yo'llar, elektr, suv va gaz tarmoqlari kabi infratuzilma ob'ektlarining uzluksiz ishlashini huquqiy jihatdan ta'minlovchi vosita sifatida belgilangan. Shartnomani tuzish jarayoni ehtiyojni aniqlash, tomonlar o'rtasida kelishuv, hujjatlarni rasmiylashtirish va davlat ro'yxatidan o'tkazish bosqichlarini o'z ichiga olgan. Bitimda tomonlarning huquq va majburiyatlari, foydalanish shartlari, muddati va tovon masalalari aniq ko'rsatilishi lozimligi ko’rsatilgan. Samaradorlikni ta'minlashda mahalla fuqarolar yig'inining faol ishtiroki va aholini xabardor qilish hal qiluvchi omil sifatida ko'rsatilgan. Yer egalariga adolatli tovon to'lash va doimiy monitoring tizimini joriy etish nizoli holatlarning oldini olishda muhim ahamiyat kasb etadi. Maqolada ommaviy servitut majburiy cheklov emas, balki jamoat manfaatiga xizmat qiluvchi zarur texnik-huquqiy yechim sifatida qabul qilinishi kerakligi belgilangan.*

Kalit so‘zlar: *ommaviy servitut, mahalla fuqarolar yig'ini, kadastr, infratuzilma, yer uchastkasi, bitim, monitoring.*

Аннотация. *В данной статье анализируются основные*

этапы разработки и реализации соглашения о публичном сервитуте на территории махаллы и его эффективность. Публичный сервитут определяется как правовой инструмент, обеспечивающий бесперебойную работу объектов инфраструктуры, таких как дороги, электросети, водопроводные и газопроводы. Процесс заключения соглашения включает этапы определения необходимости, согласования сторон, оформления документов и государственной регистрации. В соглашении должны быть четко указаны права и обязанности сторон, условия пользования, срок действия и вопросы компенсации. Активное участие гражданского собрания махаллы и информирование населения указываются как решающие факторы обеспечения эффективности. Справедливая компенсация землевладельцам и внедрение постоянной системы мониторинга имеют большое значение для предотвращения конфликтных ситуаций. В статье утверждается, что публичный сервитут следует рассматривать не как обязательное ограничение, а как необходимое техническое и юридическое решение, служащее общественным интересам.

Ключевые слова: *общественный сервитут, собрание жителей района, кадастр, инфраструктура, земельный участок, сделка, мониторинг.*

Abstract. *This article analyzes the main stages of developing and implementing a public easement agreement in the mahalla territory and its effectiveness. Public easement is defined as a legal tool that ensures the uninterrupted operation of infrastructure facilities such as roads, electricity, water and gas networks. The process of concluding an agreement includes the stages of identifying the need, agreement between the parties, formalization of documents and state registration. The agreement states that the rights and obligations of the parties, terms of use, term and compensation issues should be clearly indicated. The active participation of the mahalla citizens' assembly and informing the population are indicated as decisive factors in ensuring effectiveness. Fair compensation to landowners and the introduction of a permanent monitoring system are of great importance in preventing conflict situations. The article states that public easement should not be considered a mandatory restriction, but rather a necessary technical and legal solution serving the public interest.*

Key words: *public easement, neighborhood citizens' meeting, cadastre, infrastructure, land plot, transaction, monitoring.*

Kirish. Zamonaviy jamiyatda yer munosabatlarini huquqiy jihatdan tartibga solish davlat boshqaruvining muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Aholisi zich joylashgan mahalla hududlarida infratuzilma ob'ektlarini barpo etish va ulardan foydalanish ko'pincha xususiy yer uchastkalaridan o'tishni taqozo etadi. Bunday sharoitda jamoat ehtiyojlari va xususiy mulk egalarining manfaatlarini muvozanatli himoya qilish dolzarb masalaga aylanadi. Ommaviy servitut instituti ana shu ikki tomonlama manfaatni qonuniy asosda muvofiqlashtirishga xizmat qiluvchi samarali huquqiy

mexanizm sifatida ahamiyat kasb etadi. Biroq, amaliyotda ommaviy servitut shartnomasini tuzish, joriy etish va nazorat qilish jarayonlari hali yetarlicha o'rganilmagan va tartibga solinmagan. Mahalla fuqarolar yig'ini bu jarayonda vositachi va tashkilotchi sifatida muhim rol o'ynashi mumkin, lekin uning vakolatlari va ishtirok mexanizmlari aniq belgilanmagan holatlarda samaradorlik pasayib ketadi. Mazkur tadqiqot mahalla hududida ommaviy servitut shartnomasini ishlab chiqish, joriy etish bosqichlari va uning samaradorligini oshirish yo'llarini ilmiy asosda ko'rib chiqishga bag'ishlangan.

Ommaviy servitut masalasi O'zbekiston Respublikasining Yer kodeksi va fuqarolik qonunchiligi doirasida tartibga solingan bo'lsa-da, mahalla darajasida uni amaliyotga tatbiq etish ko'plab tashkiliy va huquqiy muammolarni keltirib chiqarmoqda. Xususan, yer egalarining huquqlari, tovon to'lash tartibi va bitimlarni rasmiylashtirish masalalari hali yetarlicha hal etilmagan. Shu bilan birga, raqamli texnologiyalarning rivojlanishi va elektron hukumat tizimining kengayishi ommaviy servitutni boshqarishda yangi imkoniyatlar yaratmoqda. Ushbu tadqiqot mazkur imkoniyatlardan foydalangan holda mahalla hududida ommaviy servitut tizimini takomillashtirish va uni aholiga qulay hamda tushunarli mexanizmga aylantirish yuzasidan amaliy tavsiyalar ishlab chiqishga harakat qiladi.

Uslub va manbalar. Mahalla hududida ommaviy servitut shartnomasini joriy qilishda mahalla xududidagi yer uchastkalariga nisbatan jamoat ehtiyojlari uchun cheklangan tarzda foydalanish huquqini texnik jixatdan rasmiy hujjat ya’ni bitm asosida amaliyotga tatbiq etish jarayon sifatida tadbiq qilish kerak mazkur jarayonda servitut faqat hujjatda emas balki, real hayotda ishlaydigan texnik-huquqiy mexanizmdir.

Mahalla hududida ommaviy servitut shartnomasini joriy qilishdan asosiy maqsad infratuzilma ob’ektlarining uzluksiz ishlashini ta’minlash va bu boradagi jamoat ehtiyojlarini qondirish xisoblanadi.

Masalan, ichki yo‘llar, elektr tarmoqlari, suv va gaz quvurlari, sug‘orish ariqlari kanalizatsiya hamda aloqa liniyalarini qayd etish mumkin.

Ommaviy servitut bitmini tuzish jarayoni 6 ta bosqichda amalga oshirish tavsiya etiladi.

Birinchi bosqichda ehtiyoj aniqlanadi. Mahalla hududida qaysi infratuzilma yoki xizmat uchun servitut zarurligi aniqlanadi. Masalan, yangi elektr liniyasi o‘tkazish yoki ichki yo‘l tashkil etish ehtiyoji.

Ikkinchi bosqichda yer uchastkasini tanlanadi va tahlil qilinadi. Kadastr ma’lumotlari asosida servitut o‘rnatiladigan hudud aniqlanadi, yer egasi aniqlanadi va texnik chegaralar belgilanadi.

Uchinchi bosqichda tomonlar o‘rtasida kelishuv amalga oshiriladi. Yer egasi, xizmat ko‘rsatuvchi kadastr tashkiloti va mahalla fuqarolar yig‘ini mas’ul servitut shartlari bo‘yicha muzokara olib boradi. Bu bosqichda bitm mazmuni kelishiladi.

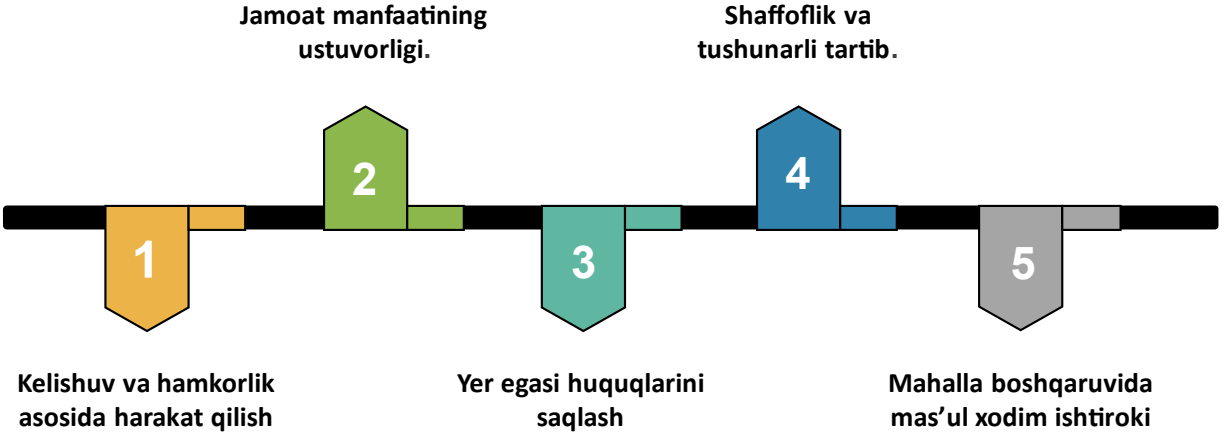
To‘rtinchi bosqichda bitimni tayyorlash va tasdiqlash ishlari amalga oshiriladi. Tayyorlangan hujjatda servitutning maqsadi,

manzili, yerdan foydalanish shartlari, tomonlarning huquq va majburiyatlari, yer o‘lchov natijalari, maydoni muddati va to‘ov masalalari qayd etiladi.

Beshinchi bosqichda bitimni joriy etish bo‘lib uni imzolangandan so‘ng servitut hududida yer maydonini ajratiladi, va infratuzilma obektlariga tegishli tashkilot undan foydalanishni boshlaydi va yer egasi ham servitut shartlariga rioya qilishi ta’minlanadi.

Oltinchi bosqichi bitmni kadastr va monitoring tizimiga kiritish bo‘lib servitut haqidagi ma’lumotlar restrda qayd etiladi va uning bajarilishi muntazam nazorat qilinadi. Ushbu tadbir bitim ijrosini huquqiy barqarorligini ta’minlaydi.

Mahalla hududida ommaviy servitut shartnomasini joriy qilishda quyidagi tartiblar muhim o‘ringa ega (1-rasm).



1-rasm. Mahalla hududida ommaviy servitut shartnomasini joriy qilishdagi muhim tartiblar.

1-rasmda qayd etilganidek, muayyan olingan mahalla hududida ommaviy servitut shartnomasini joriy qilishning asosiy va muhim tartiblari va uni amalga oshirish algoritmi ko’rsatilgan.

Demak, mahalla hududida ommaviy servitut shartnomasini joriy qilish yer fonfdidan jamoat manfaatlari yo‘lida tejamli foydalanishni ta’minlaydigan texnik-huquqiy va tashkiliy-ijtimoiy jarayon xisoblanib, u maxalliy u infratuzilmani rivoji, xavfsizligi va barqarorligini ta’minlashda muxum kadastr tadbiri xisoblanadi.

Jamoatchilik va axoliommaviy srvitut bitmiga bo‘lganextiyoji va ularni afzalliklarini xabardorligini oshirishning umumiy natijasi servitutni majburiy cheklov sifatida emas, balki jamoat manfaatiga xizmat qiluvchi zarur texnik-huquqiy yechim sifatida qabul qilishdir. Mazkur tadbir ijrosi esa ijtimoiy qarshiliklarni va nizoli xolatlarni kamaytiradi va“Zo‘riqishni” pasaytiradi va infratuzilma loyihalarini ziddiyatlarni tez va samarali amalga oshirilishini ta’minlaydi. Natijada ommaviy servitut tizimi yanada ochiq, tushunarli va ishonchli mexanizmga aylanadi.

Muayyan mahalla chegarasi qamrovidagi yer uchastkalaridan jamoat ehtiyojlari uchun servitut bitmlarini shaklantirish va ularni rasmiylashtirishga oid hujjatni tayyorlash jarayonidir. Tuzilgan bitm mahalla fuqarolar yig‘ini, yer egasi va xizmat ko‘rsatuvchi tashkilot o‘rtasidagi kelishuv asosida tuziladi ommaviy srvitut maxalla

maxilla xududidagi infratuzilma va kommunal xizmat obekt larine barqaror ishlashini ta’minlashga kam xizmat qiladi.

Mahalla hududida ommaviy servitut bitimini ishlab chiqish avvalo ehtiyojni aniqlashdan boshlanadi. Ushbu bosqichda mahalla ichidagi yo‘llar, elektr tarmoqlari, suv va gaz quvurlari, aloqa liniyalari sug‘orish ariqlari kabi infratuzilma ob’ektlari o‘rganiladi. Ushbu tarmoq obektlari xususiy yer maydonlari orqali o‘tishi yoki ulardan foydalanish uchun cheklovlarni belgilash zarur bo‘lsa, servitut bitimini tuzish ehtiyoji paydo bo‘ladi.

Ikkinchi bosqichda kadastr ma’lumotlarini tahlil qilish asosida yer uchastkasining aniq chegaralari, kadastr raqami, mulk egasi va huquqiy maqomi aniqlanadi. Ushbu ma’lumotlar bitimning aniqligini ta’minlash uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

Uchinchi bosqichda tomonlar o‘rtasidagi kelishuv hisoblanadi. Xizmat ko‘rsatuvchi yer egasi va mahalla fuqarolar yig‘ini servitutning maqsadi, manzili, muddati va foydalanish shartlarini birgalikda muhokama qiladi. Zarur bo‘lganda, yer egasiga belgilangan cheklovlar uchun to‘ov masalasi ham ko‘rib xal etiladi.

To‘rtinchi bosqichda shartnoma loyihasini ishlab chiqishga oid hujjatda quyidagi asosiy omillar xisobga olinadi:

Tomonlar to‘g‘risida to‘liq ma’lumotlar;

servitut o‘rnatiladigan yer uchastkasiga tavsif;

servitut maqsadi (yo‘l, elektr, gaz, suv va boshqalar) aniqlanadi;

maydondan foydalanish shartlari va cheklovlar;

tomonlarning huquq va majburiyatlari;

yetkaziladigab zarar uchun to‘lov masalasi (agar mavjud bo‘lsa);

amal qilish muddati;

nizolarni hal qilish tartibi.

Beshinchi bosqichda mahalla darajasida servitutni muvofiqlashtirish va tasdiqlash masalasi yechiladi. Bunda mahalla fuqarolar yig‘ini bitimning hududiy va ijtimoiy jihatdan zaruriyati va maqbulligini ko‘rib chiqadi hamda aholi o‘rtasida tushuntirish ishlarini olib boradi.

Oltinchi bosqichda bitimni imzolash va uni texnik-huquqiy rasmiylashtirish hisoblanadi. Tomonlar shartnomani imzolagach, u huquqiy kuchga ega bo‘ladi va kadastr organlarida davlat ro‘yxatidan o‘tkaziladi.

Navbatdagi rasmda muayyan mahalla hududida ommaviy servitut shartnomasini ishlab chiqishning muhim tamoyillari aks ettirilgan (2-rasm).



2-rasm. Mahalla hududida ommaviy servitut shartnomasini ishlab chiqishning muhim tamoyillari.

Ommaviy servitutning kadastrdagi o‘rni yer munosabatlarini tartibga solishda juda muhim ahamiyatga ega bo‘lib, u yer uchastkalaridan foydalanishdagi cheklovlarni rasmiy, aniq va huquqiy jihatdan mustahkam shaklda qayd etish vazifasini bajaradi. Kadastr tizimi – bu yer uchastkalari haqidagi barcha ma’lumotlar jamlanadigan va yuritiladigan davlat axborot bazasi hisoblanadi. Shu sababli ommaviy servitut ham alohida huquqiy obyekt sifatida aynan kadastr tizimida aks ettirilishi zarur.

Ommaviy servitut kadastrda yer uchastkasining tarkibiy huquqiy holati sifatida qayd etiladi. Ya’ni yer egasi o‘z mulkiga egalik qilish huquqini saqlab qolgan holda, uning ma’lum bir qismi yoki butun hududi jamoat ehtiyojlari uchun cheklangan tarzda foydalanishga berilganligi kadastr hujjatlarida aniq ko‘rsatiladi. Bu orqali yerga nisbatan mavjud barcha huquqlar va cheklovlar yagona tizimda jamlanadi.

Kadastr tizimida servitutning aks ettirilishi birinchi navbatda uning hududiy chegaralarini aniq belgilash bilan bog‘liq. Servitut o‘rnatilgan maydon xaritada ko‘rsatiladi va u yer uchastkasining umumiy maydonidan ajratilgan holda belgilanadi. Bu esa kelajakda qurilish, yer ajratish yoki boshqa faoliyatlar amalga oshirilayotganda xatoliklarning oldini oladi. Masalan, elektr tarmog‘i o‘tgan hudud yoki yo‘l servituti mavjud bo‘lgan joyda ruxsatsiz qurilish qilishning oldi olinadi.

Bundan tashqari, kadastr servitutni huquqiy jihatdan mustahkamlovchi asosiy vosita hisoblanadi. Agar servitut kadastrda qayd etilgan bo‘lsa, u rasmiy kuchga ega bo‘ladi va barcha tomonlar uchun majburiy hisoblanadi. Aks holda, ya’ni kadastrda aks ettirilmagan servitut amalda bahsli holatlarni keltirib chiqarishi mumkin. Shu sababli har qanday servitut majburiy ravishda davlat ro‘yxatidan o‘tkazilishi lozim.

Kadastr tizimi servitutlar ustidan nazoratni amalga oshirishda ham

muhim rol o‘ynaydi. Raqamli kadastr va GIS texnologiyalari yordamida servitut zonalari doimiy ravishda kuzatib boriladi, ularning buzilishi yoki noto‘g‘ri foydalanilishi aniqlanadi. Bu esa yer resurslaridan oqilona foydalanishni ta’minlaydi va infratuzilma obyektlarining xavfsizligini oshiradi.

Shuningdek, kadastr tizimi orqali servitutlar haqidagi ma’lumotlarning ochiqligi va shaffofligi ta’minlanadi. Fuqarolar, investorlar yoki tashkilotlar ma’lum bir yer uchastkasida qanday cheklovlar mavjudligini oldindan bilish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Bu esa kelajakdagi iqtisodiy faoliyatni rejalashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Ommaviy servitutning turlari yer uchastkalaridan jamoat ehtiyojlari uchun cheklangan foydalanish huquqining qaysi maqsadlarda va qanday shakllarda qo‘llanilishiga qarab ajratiladigan ko‘rinishlaridir. Servitutlar odatda ularning vazifasi, foydalanish yo‘nalishi va huquqiy xususiyatlariga qarab tasniflanadi. Bu tasniflash tizimi yer munosabatlarini tartibga solish, infratuzilma loyihalarini amalga oshirish va jamoat manfaatlarini ta’minlashda muhim ahamiyatga ega.

Eng keng tarqalgan turlaridan biri – transport (yo‘l) servituti hisoblanadi. Bu turdagi servitut orqali fuqarolar yoki transport vositalari uchun o‘tish yo‘lagi tashkil etiladi. Masalan, ichki mahalla yo‘llari, piyodalar yo‘laklari yoki umumiy foydalanishdagi kirish yo‘llari shu turga kiradi. Bu servitut ayniqsa yer uchastkasi ichkarida joylashgan bo‘lib, unga boshqa yo‘l orqali kirish imkoni bo‘lmaganda zarur bo‘ladi.

Keyingi tur – kommunikatsiya servitutidir. Bu eng muhim va keng qo‘llaniladigan turlardan biri bo‘lib, u elektr uzatish liniyalari, gaz quvurlari, suv ta’minoti tizimlari, kanalizatsiya va aloqa tarmoqlarini joylashtirish va ulardan foydalanish uchun o‘rnatiladi. Bu turdagi servitutlar infratuzilmaning uzluksiz ishlashini ta’minlaydi va aholi hayotida katta ahamiyatga ega.

Yana bir tur – muhandislik infratuzilmasi servituti bo‘lib, u kommunikatsiya servitutiga yaqin, ammo kengroq tushunchani o‘z ichiga oladi. Bunda faqat liniyalar emas, balki turli texnik inshootlar, nasos stansiyalari, transformator punktlari va boshqa obyektlar joylashtirilishi mumkin.

Ekologik servitutlar ham muhim tur hisoblanadi. Bu turdagi servitutlar tabiatni muhofaza qilish, suv havzalari atrofida himoya zonalarini yaratish, yashil hududlarni saqlash yoki sanitariya talablariga rioya qilish maqsadida o‘rnatiladi. Bu orqali atrof-muhitni himoya qilish va ekologik muvozanatni saqlashga erishiladi. Shuningdek, xavfsizlik servitutlari mavjud bo‘lib, ular muayyan obyektlar atrofida xavfsizlik zonalarini belgilash uchun qo‘llaniladi. Masalan, gaz quvurlari, elektr liniyalari yoki strategik obyektlar atrofida qurilish yoki boshqa faoliyatni cheklash shu turga kiradi.

Servitutlar vaqt omiliga qarab ham turlarga bo‘linadi. Bu jihatdan ular doimiy va vaqtinchalik servitutlarga ajratiladi. Doimiy servitutlar muddatsiz bo‘lib, infratuzilma obyektlari mavjud bo‘lgan davr davomida amal qiladi. Vaqtinchalik servitutlar esa ma’lum bir loyiha yoki qurilish ishlari tugaguncha amal qiladi. Bundan tashqari, servitutlar foydalanish shakliga qarab ham farqlanadi. Ba’zilari faqat o‘tish yoki foydalanish huquqini beradi, boshqalari esa yerda muayyan obyektlarni joylashtirish imkonini ham o‘z ichiga oladi.

Natijalar. Mahalla fuqarolar yig‘ini hududida ommaviy servitutni joriy qilish samaradorligi deganda, servitut tizimi mahalla darajasida qanchalik tez, to‘g‘ri, adolatli va amaliy natija berib ishlayotgani tushuniladi. Bitm samaradorligi bir nechta muhim omillar bilan belgilanadi. Bitimlar bevosita aholining roziligi, infratuzilma rivoji hamda yerdan tejamli foydalaniladi barqarorlikka ta’sir ko‘rsatishi kuzatiladi.

Asosan, samaradorlikning yuqori bo‘lishi mahalla jamoasining jarayonga faol jalb etilishiga bog‘liq. Mahalla fuqarolar yig‘ini faollari hududidagi extiyojni yaxshi aniqlaydilar ular aholi bilan doimiy aloqada bo‘ladi xamda yerdan tejamli foydalanish afzalliklarini tez ilg‘aydilar. Shu sababli ommaviy servitutni tadbiq qilishda mahalla yettiligi azolari vositachilik qilsa, yechimlarni ijrosini ta’minlashga erishish mumkin bo’ladi. Bu esa jarayonni tezlashtiradi va tomonlarni ijtimoiy faolligi ortadi xamda umumiy ijobiy yechimga kelish muxiti yaratiladi.

Ikkinchi muhim omil esa jamoatchilik bilan ochiq muloqotning mavjudligidir. Agar servitut nima uchun kerakligi, qaysi hududga ta’sir qilishi va qanday foyda berishi aholiga oldindan tushuntirib borilsa, fuqarolar uni majburiy cheklov sifatida emas, balki umumiy manfaatga xizmat qiladigan zarur omil sifatida qabul qiladi. Bunday yondashuv ulardagi ishonch darajasini oshiradi va nizolarni kamaytiradi, natijada samaradorlik ortadi.

Uchinchi omil sifatida kadastr ishlarini hujjatlashtirish va tizimning aniqligidir. Mahalla hududida servitut muayyan yer uchastkalari bilan bog‘langan holda kadastr bitimiga kiritilsa, uning texnik-huquqiy holati shaffofligi taminlanadi. Bu esa xizmat qilladi yer bilan bog‘liq nizolar yoki noaniqliklarni oldini olishga. Ommaviy servitut raqamlashtirilgan tizimi mavjud bo‘lsa, uning samaradorlgi yanada ortadi, chunki barcha tegishli ma’lumotlar tezkor usulda yangilanadi va ochiqligi ta’minlanadi.

To‘rtinchi omil esa yer egasiga u ko‘radigan zararni qoplashidagi adolat o‘rnatilishdir. Agar yer egalariga servitut tufayli yetkazilgan cheklovlar uchun adolatli va o‘z vaqtida tovon to‘lansa, aholi jarayonga ijobiy munosabat bildiraboshlaydi. Aksincha, xolatda esa to‘lov masalasida muammo bo‘lsa, hatto eng yaxshi rejalashtirilgan ommaviy servitut ham ziddiyatli xolatlarni keltirib chiqaradi uchrashi mumkin. Shu sababli moliyaviy adolat samaradorlikning asosiy shartlaridan birideb xisoblanadi.

Beshinchi omil servitut nazorati va monitoringini joriy etish xisoblanadi. Servitut tasir doirasidagi hududida belgilangan qoidalarga rioya qilinishi doimiy ravishda kuzatib borilsa, uning amaldagi ishlashi davom etadi va nuqsonlar tezda bartaraf etilishi ta’minlanadi. Mahalla va tegishli davlat xizmatlari hamkorligi bu jarayonni yanada tezlashtirishga xizmat qiladi.

Demak, mahalla fuqarolar yig‘ini hududida ommaviy servitutni joriy qilish samaradorligi yuqori bo‘lishi uchun uchta asosiy tamoyil muhim deb xisoblaymiz ya’ni mahalla faillarining ishtiroki, ma’lumotlar shaffofligi va jarayonni raqamli boshqaruvni tashkil etish. Ushbu uchta omil birgalikda amalga oshirilsa ommaviy servitut tizimi nafaqat huquqiy mexanizm, balki real hayotda ishlaydigan, infratuzilmani rivojlantiradigan va ijtimoiy barqarorlikni ta’minlaydigan samarali yer tejamkor tizimini yaratishga xizmat qiladi.

Xulosa. Mahalla hududida ommaviy servitut shartnomasini ishlab chiqish va joriy etish yer

munosabatlarini huquqiy jihatdan tartibga solishning muhim yo'nalishi hisoblanadi. Tadqiqot davomida ommaviy servitut jamoat ehtiyojlarini qondirish va xususiy mulk egalarining huquqlarini himoya qilish o'rtasidagi muvozanatni ta'minlashda samarali mexanizm ekanligi isbotlandi. Shartnomani tuzishning oltita ketma-ket bosqichi ehtiyojni aniqlashdan davlat ro'yxatidan o'tkazishgacha jarayonni tartibli va shaffof amalga oshirishga zamin yaratadi. Mahalla fuqarolar yig'inining jarayonga faol jalb etilishi nizoli holatlarni kamaytirish va ijtimoiy kelishuvga erishishda hal qiluvchi omil sifatida namoyon bo'ldi. Yer egalariga adolatli tovon to'lash va doimiy monitoring tizimini joriy etish esa bitimlarning uzoq muddatli samaradorligini ta'minlaydi. Aholini xabardor qilish va ochiq muloqot olib borish ommaviy servitutni majburiy cheklov sifatida emas, balki jamoat manfaatiga xizmat qiluvchi zarur yechim sifatida qabul qilinishiga yordam beradi. Umuman olganda, ommaviy servitut tizimini mahalla darajasida to'g'ri yo'lga qo'yish infratuzilmani rivojlantirish, ijtimoiy barqarorlikni mustahkamlash va yer fondidan tejamli foydalanishni ta'minlashning asosiy shartidir.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. O‘zbekiston Respublikasining Konstitutsiyasi. – T.: “O‘zbekiston”, 2023.
2. O‘zbekiston Respublikasining Yer kodeksi // O‘zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari ma’lumotlari milliy bazasi (lex.uz).
3. O‘zbekiston Respublikasining Fuqarolik kodeksi // O‘zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari ma’lumotlari milliy bazasi (lex.uz).
4. O‘zbekiston Respublikasining “Ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish to‘g‘risida”gi Qonuni.
5. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2021-yil 29-dekabrdagi 535-son qarori “Ko‘chmas mulk obyektlariga kadastr pasportini rasmiylashtirish tartibini takomillashtirish to‘g‘risida”.
6. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risidagi Farmoni.
7. Yagona interaktiv davlat xizmatlari portali (my.gov.uz) ma’lumotlari.
8. O‘zbekiston Respublikasi Kadastr agentligi faoliyatiga oid normativ-huquqiy hujjatlar to‘plami.
9. O‘quv adabiyot: “Ko‘chmas mulk kadastri asoslari”, Toshkent, 2022.
10. Mirzaabdullayeva, M. (2025). YER SERVITUTINI RIVOJLANISHI. Ижтимоий-гуманитар фанларнинг долзарб муаммолари Актуальные проблемы социально-гуманитарных наук Actual Problems of Humanities and Social Sciences., 5(S/8), 66–70. https://doi.org/10.47390/SPR1342V5SI8Y2025N10
11. Қ.Рахмонов,Ж.Рахмонов. Рақамли ер кадастри.Ўқув қўлланма.Тошкент. “ТИҚХММИ” МТУ.2014.-146 бет.
12. Чертовицкий А.С.,Рахмонов Қ. Ер ахборот тизими. Ўқув қўлланма.Тошкент. “ТИҚХММИ” МТУ.2023.-145б.
13. Yo‘ldoshev Sh. Fuqarolik huquqida qo‘shnichilik munosabatlari va servitut // Huquq va burch jurnali. – Toshkent, 2024. – №4. – B. 12-18.

Internet manbalari:

14. www.kadastr.uz
15. www.tiiame.uz
16. www.ziyonet.uz
17. www.lex.uz
18. https://uz.wikipedia.org
19. https://kadastr.uz/uz/dkp

UDK: 631.111: 349.41.001.895

FERMER XO‘JALIKLARI HUDUDIDA ICHKI YER TAQSIMOTI (MUAMMOLAR VA INNOVATSION YECHIMLAR)

Raxmonov Qosimjon *- “TIQXMMI” MTU, “Davlat kadastrlari” kafedrasi dotsenti, t.f.d., DSc.*

Raxmonov Sherzod *- “TIQXMMI” MTU, “Geodeziya va Geoinformatika” kafedrasi, PhD.*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada fermer xo'jaliklari hududida ichki yer taqsimotining ilmiy-nazariy asoslari, mavjud muammolari va innovatsion yechimlari kompleks tarzda tahlil qilinadi. Ekin maydonlari, irrigatsiya tizimlari, ixota daraxtlari va xo'jalik infratuzilmasini oqilona joylashtirishning amaliy jihatlari ochib berilgan. Tadqiqot natijalari O'zbekistonda kadastr tizimini raqamlashtirish islohotlari samaradorligini oshirishga bevosita hissa qo'shishi mumkin bo'lgan amaliy tavsiyalar majmuasini o'z ichiga oladi. Maqola qishloq xo'jaligi, yer kadastri va agrar islohotlar sohasidagi mutaxassislar hamda fermer xo'jaliklari faoliyatini takomillashtirish uchun muhim manba bo'lib xizmat qiladi.*

Kalit so‘zlar: *fermer xo'jaligi, ichki yer taqsimoti, yer kadastri, raqamli kadastr, yer uchastkasi, tuproq monitoringi, yer boshqaruvi islohoti, kadastr islohoti, innovatsion yechimlar.*

Аннотация. *В данной статье всесторонне анализируются научно-теоретические основы внутреннего распределения земель на территории хозяйств, существующие проблемы и инновационные решения. Раскрываются практические аспекты рационального размещения пахотных земель, ирригационных систем, живых изгородей и сельскохозяйственной инфраструктуры. Результаты исследования включают в себя комплекс практических рекомендаций, которые могут непосредственно способствовать повышению эффективности цифровизации кадастровой системы в Узбекистане. Статья служит важным ресурсом для специалистов в области сельского хозяйства, земельного кадастра и аграрных реформ, а также для повышения эффективности хозяйственной деятельности.*

Ключевые слова: *сельское хозяйство, внутреннее распределение земель, земельный кадастр, цифровой кадастр, земельный участок, мониторинг почвы, реформа земельного управления, кадастровая реформа, инновационные решения.*

Abstract. *This article comprehensively analyzes the scientific and theoretical foundations of internal land distribution in the territory of farms, existing problems and innovative solutions. Practical aspects of rational placement of arable land, irrigation systems, hedgerows and farm infrastructure are revealed. The results of the study include a set of practical recommendations that can directly contribute to increasing the effectiveness of the digitalization reforms of the cadastre system in Uzbekistan. The article serves as an*

important resource for specialists in the field of agriculture, land cadastre and agrarian reforms, as well as for improving the activities of farms.

Key words: *farming, internal land distribution, land cadastre, digital cadastre, land plot, soil monitoring, land administration reform, cadastre reform, innovative solutions.*

Kirish. Fermer xo‘jaliklari xududida ichki yer taqsimoti fermer xo‘jaligiga ajratilgan umumiy yer maydonini turli xo‘jalik maqsadlari uchun oqilona bo‘lish va joylashtirish tushuniladi. Bu jarayon xo‘jalikni yuritishning ilmiy-uslubiy asoslangan tizimiga tayanadi hamda yerdan oqilona foydalanishni ta’minlaydi.

Ichki yer taqsimotining asosiy mohiyati shundaki, fermer xo‘jaligi xududidagi har bir yer konturi maydoniga aniq vazifa yuklanadi. Yer konturi maydonlari o‘zining shakli, chegarasi tabiiy xususiyatlari, relef sharoiti, tuproq tarkibi va suv ta’minoti darajasiga qarab turli maqsadlarga yo‘naltiriladi. Shu asosda ekin maydonlari, yaylovlar, pichanzorlar, bog‘-tokzorlar, sun’iy suv havzalari, xo‘jalik yo‘llari, ixota daraxtlari, sug’orish va zax qochirish tarmoqlari, dala shiyponlari o‘z o‘rnini egallaydi.

Ekin maydonlari ichki taqsimotning markaziy qismini tashkil etadi. Bu yerda ekin almashlab ekish tizimi joriy qilinadi, ya’ni turli ekinlar ma’lum tartibda navbat bilan almashtirib ekiladi. Bu usul tuproq unumdorligini saqlab qolishga, zararkunandalar va kasalliklarning tarqalishini cheklashga hamda hosildorlikni barqaror ushlab turishga yordam beradi. Ekin maydonlarining kattaligi va shakli texnika bilan ishlash qulayligi, suv taqsimoti va yer relefiga muvofiq belgilanadi.

Uslub va manbalar. Fermer xo‘jaliklari xududida ichki yer taqsimotiga oid muammolar bir-biri bilan chambarchas bog‘liq bo‘lib, ularning ko‘pchiligi tarixi uzoq davrlarga boradigan tizimli kamchiliklardan kelib chiqadi. Bu muammolarni to‘liq tushunish uchun ularni iqtisodiy, tashkiliy, texnik, huquqiy va ekologik jihatdan ko‘rib chiqish zarur.

Eng keng tarqalgan muammolardan biri yer maydonlarining noto‘g‘ri va ilmiy asoslanmagan tarzda bo‘linishidir. Ko‘pgina fermer xo‘jaliklarida yer taqsimoti tuproq tahlili, relef xususiyatlari va suv ta’minoti imkoniyatlari to‘liq o‘rganilmasdan amalga oshiriladi. Natijada bir xo‘jalik doirasida ayrim uchastkalarga haddan tashqari ko‘p yuk tushirilsa, boshqa qismlari samarali ishlatilmaydi yoki umuman bo‘sh qoladi. Bu esa umumiy ishlab chiqarish samaradorligini sezilarli darajada pasaytiradi.

Ekin almashlab ekish tizimining to‘g‘ri joriy etilmasligi ham jiddiy muammo hisoblanadi. Ko‘plab fermerlar qisqa muddatli iqtisodiy manfaatni ko‘zlab, bir xil ekinni yildan-yilga ketma-ket ekib boradilar. Bu holat tuproq unumdorligini tez sur’atda pasaytiradi, zararkunandalar va o‘simlik kasalliklarining bir joyda to‘planib qolishiga olib keladi. Vaqt o‘tishi bilan bunday yer uchastkalarida hosildorlik keskin kamayib, mineral o‘g‘itlar sarfi esa oshib boradi.

Irrigatsiya va suv taqsimoti tizimidagi nomuvofiqlik fermer xo‘jaliklarida ichki yer taqsimotiga bevosita salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Ariq va kanallar ko‘pincha yer konturlari

chegaralarini hisobga olmagan holda qurilgan, bu esa bir qism yerlarning suvsiz qolishiga, boshqalarining esa haddan ziyod namlanib shoʻrlanishiga sabab boʻladi. Bunday holatlarda fermer yer taqsimotini suv infratuzilmasiga moslashtira olmaydi, chunki suv inshootlarini qayta qurish juda katta xarajat talab qiladi.

Fermer xo'jaliklarida yer uchastkalarining parchalanib ketishi va geometrik jihatdan noqulay shaklda boʻlishi mexanizatsiyalashgan dehqonchilikka jiddiy toʻsiq yaratadi. Tor, uzun, notekis va murakkab shakldagi uchastkalarda katta traktorlar va qishloq xoʻjaligi mashinalari samarali ishlay olmaydi. Texnika burilishlariga koʻp vaqt sarflanadi, yoqilgʻi sarf-xarajati ortadi va yer maydonining bir qismi texnik yoʻqotmalarga uchraydi. Bunday muammo ayniqsa togʻoldi va qiyalik relefli hududlardagi fermer xoʻjaliklarida yaqqol namoyon boʻladi.

Yer relefiga e'tiborsizlik ham ichki taqsimotdagi keng tarqalgan kamchiliklardan biridir. Qiyalik yerlar oʻzining eroziyaga moyilligiga qaramay koʻpincha sugʻoriladigan ekinlar uchun ajratiladi. Sugʻorish paytida yuqoridan pastga oqadigan suv oqimlari tuproqning yuza qatlamini yuva boshlaydi. Bir necha yil ichida bunday yer uchastkalari hosildorligini yoʻqotib, ishlovga yaroqsiz holga keladi. Keyin bu yerlarni qayta tiklash uchun ulkan moliyaviy va vaqt resurslari sarflanishiga toʻgʻri keladi.

Ixota daraxtlari tizimiga e'tibor berilmaslik ham oʻta muhim muammo sifatida koʻzga tashlanadi. Koʻpgina fermerlar bu tadbirlarni "foydali yer"ni egallaydi deb hisoblab, ularni yoʻq qilib yuboradilar yoki ekin maydonlariga qoʻshib oladilar. Qisqa muddatda bu qoʻshimcha bir necha gektar yer beradi, lekin uzoq muddatda shamol eroziyasining kuchayishi, qor ushlab qolishning kamayishi va mikroiqlimning yomonlashishi orqali butun xoʻjaliqqa katta zarar keltiradi.

Fermer xoʻjaliklarida oila a'zolari yoki ishchi kuchi oʻrtasidagi yer taqsimotidagi ixtiloflar ham ichki muammolar qatoriga kiradi. Ba'zida bir xoʻjalik doirasida turli shaxslar oʻz manfaatlarini koʻzlab alohida yer konturlarini "oʻzlashtirib" oladi, yer bo'lagini rasmiy hujjatlarsiz bir-biriga almashtiradi yoki bahsli yer chegaralari paydo boʻladi. Bu holat yagona xoʻjalik rejasini amalga oshirishni qiyinlashtiradi va resurslarni samarali boshqarishga toʻsqinlik qiladi.

Yer kadastri va hujjatlashtirish tizimidagi kamchiliklar ham ichki yer taqsimotini murakkablashtiradi. Koʻplab fermer xoʻjaliklarida yer uchastkalari toʻliq va aniq hujjatlashtirilmagan, eski xaritalar zamonaviy yer holatiga mos kelmaydi, chegaralar tabiiy belgilar yoʻqolgach noaniq boʻlib qoladi. Bunday holatlarda fermer oʻz yerining aniq maydonini, chegaralarini va holat koʻrsatkichlarini bilmaydi, bu esa rejalashtirish ishlarini imkonsiz qilib qoʻyadi.

Kredit va moliyaviy imkoniyatlarning cheklanganligi ham yer taqsimotini yaxshilashga toʻsqinlik qiladi. Ichki yer taqsimotini ilmiy asosda qayta rejalashtirish, tuproq tahlili oʻtkazish, himoya zolaqlarini barpo etish va irrigatsiya tizimini tartibga keltirish jiddiy moliyaviy investitsiyalarni talab qiladi. Koʻplab

kichik va o‘rta fermer xo‘jaliklari bu xarajatlarni ko‘tara olmaydi, natijada mavjud noqulay taqsimot bilan ishlab ketaveradi.

Fermer xo’jaliklariga xizmat qiluvchi agrar mutaxassislar va yer tuzuvchilarning yetishmovchiligi ham alohida muammo hisoblanadi. Amaliy bilimga ega bo‘lgan yer tuzish mutaxassislari yetarli bo‘lmagan hududlarda fermerlar o‘z tajribalari asosida yer taqsimotini amalga oshiradi. Bu esa ko‘pincha ilmiy asoslanmagan va keyinchalik katta muammolarga olib keladigan qarorlar qabul qilinishiga zamin yaratadi.

Iqlim o‘zgarishi ta’sirida yuzaga keladigan yangi muammolar ham fermer xo‘jaliklaridagi ichki yer taqsimotini qiyinlashtirmoqda. Global iqlim va yog‘ingarchilik rejimining o‘zgarishi, qurg‘oqchilik davrlarining uzayishi va favqulodda ob-havo hodisalarining ko‘payishi tufayli ilgari samarali bo‘lgan yer taqsimoti sxemalari o‘z ahamiyatini yo‘qotmoqda. Fermerlar esa mavjud sharoitga moslashgan holda yer taqsimotini tez-tez qayta ko‘rib chiqishga majbur bo‘lmoqda, bu esa qo‘shimcha xarajat va vaqt sarfini keltirib chiqaradi.

Barcha bu muammolarning umumiy ildizi shundaki, fermer xo‘jaliklarida yer ko‘pincha strategik ishlab chiqarish resursi sifatida emas, balki oddiy makon sifatida ko‘riladi. Yerga kompleks yondashuv, uning unumdorligini uzoq muddatda saqlash va oshirish maqsadida ilmiy asosda boshqarish madaniyati hali to‘liq shakllanmagan. Aynan shu mentalitet o‘zgarmasdan, texnik va huquqiy islohotlar ham kerakli natijani bera olmaydi.

Yaylov va pichanzorlar chorvachilik bilan shug‘ullanadigan fermer xo‘jaliklarida alohida o‘rin tutadi. Ular asosan ekin ekilishi qiyin bo‘lgan, qiyalik yoki namligi yuqori bo‘lgan hududlarda joylashtiriladi. Mavsumiy yaylovlar, qishki yaylovlar va pichan tayyorlanadigan maydonlar bir-biridan ajratilgan holda rejalashtirilib, chorva mollarining oziq-ovqat ehtiyojini qondiradi.

Suv inshootlari va irrigatsiya tarmoqlari ichki yer taqsimotida alohida e’tibor talab qiladi. Ariq, kanal, nasos stansiyalari va suv omborlari uchun ajratiladigan maydonlar qolgan barcha yer uchastkalarining joylashuvi bilan uzviy bog‘liq bo‘ladi. Sug‘orish tizimi to‘g‘ri rejalashtirilmasa, yerlarning ma’lum maydoni suvsizlikdan, boshqa qismi esa sho‘rlanish yoki botqoqlanishdan zarar ko‘rishi mumkin.

Ixota daraxtlari shamol eroziyasiga qarshi kurashda muhim rol o‘ynaydi. Ular ekin maydonlarining chekkasiga va ariqlar bo‘ylab ekib chiqiladi. Bu daraxtlar nafaqat tuproqni shamoldan himoya qiladi, balki mikroiqlimni ham yaxshilaydi, qor uyumlarini ushlab qolishga va namlikni saqlab qolishga yordam beradi.

Xo‘jalik yo‘llari va infratuzilma ham ichki yer taqsimotining ajralmas qismidir. Traktor va qishloq xo‘jaligi mashinalari yurishi uchun asosiy yo‘llar, ombor va ferma binolari, ishchilarning dam olish joylari, texnika saqlash shoxobchalarining barchasiga yer maydonlari ajratiladi. Bu ob’ektlarni joylashtirish ekin maydonlariga minimal zarar etkazadigan va transport harakatini qulaylashtirgan holda amalga oshiriladi.

Ichki yer taqsimotini loyihalashda tuproq xaritasi

koʻrsatkichlari asosiy manba boʻlib xizmat qiladi. Tuproqning mexanik tarkibi, gumus miqdori, kislotalik darajasi va shoʻrlanish holati oʻrganilgandan soʻng har bir yer uchastka uchun eng maqbul foydalanish yoʻnalishi aniqlanadi. Masalan, ogʻir tuproqlar texnika bilan ishlashga qiyin boʻlganligi sababli bunday joylarda koʻp yillik oʻtlar yoki bogʻ barpo etish afzal koʻriladi.

Yer taqsimotini rejalashtirish jarayonida fermer xoʻjaligining ixtisoslashuvi ham hal qiluvchi omil hisoblanadi. Gʻalla yetishtirishga ixtisoslashgan xoʻjalikda keng, tekis maydonlar asosiy oʻrinni egallaydi va ularda kuchli texnikadan foydalanish imkoniyati yaratiladi. Sabzavotchilik yoʻnalishidagi xoʻjaliklarda esa maydonlar kichikroq boʻlishi, lekin suv manbasiga yaqin joylashishi, ekin navbatini tez-tez oʻzgartirish imkoniyati mavjud boʻlishi talab qilinadi.

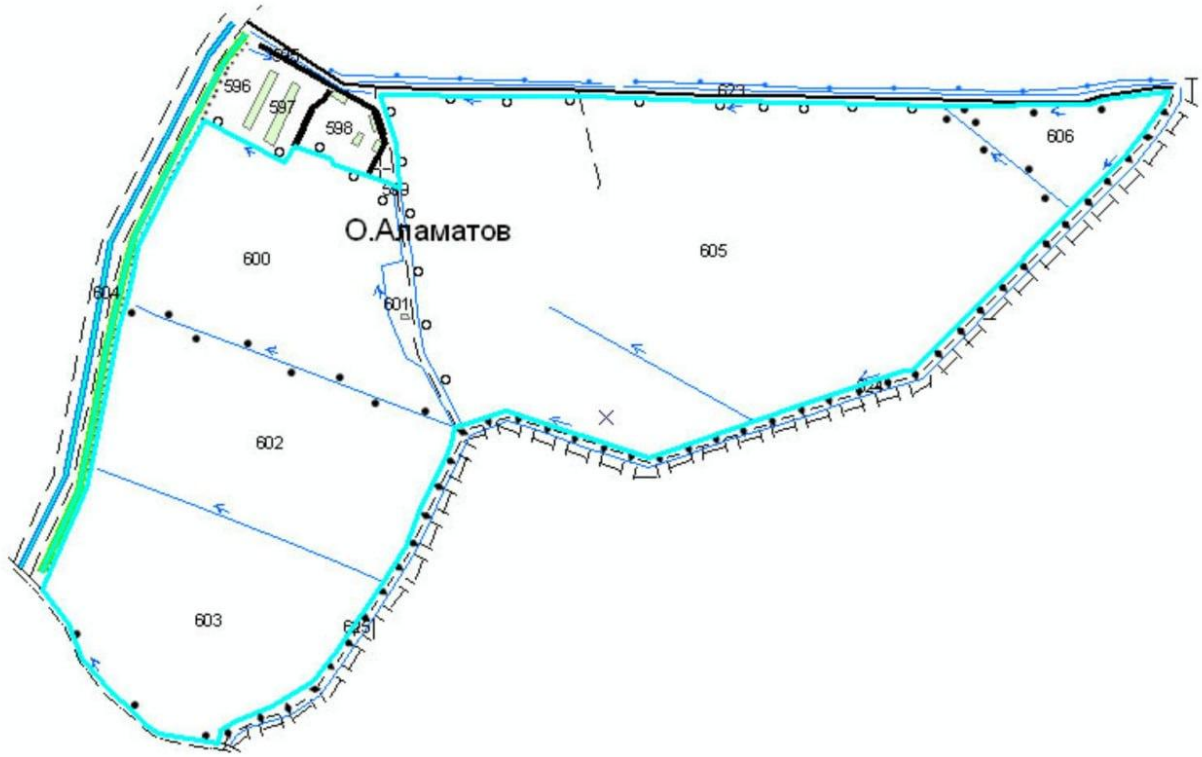
Atrof-muhitni muhofaza qilish talablari ham zamonaviy ichki yer taqsimotida inobatga olinadi. Suv havzalari va daryolar boʻyida muhofaza zonalari saqlanishi, pestitsid va kimyoviy oʻgʻitlar qoʻllaniladigan maydonlar ichimlik suvi manbalaridan ma’lum masofada boʻlishi, tuproq eroziyasiga moyil qiyalik yerlar almashlab ekishda maxsus rejimga boʻysundirilishi lozim.

Hozirgi kunda ichki yer taqsimotini rejalashtirish koʻpincha zamonaviy geoinformatsion tizimlar va kompyuter dasturlari yordamida amalga oshirilishni talab etmoqda. GAT texnologiyasi asosida olingan aniq electron yer xaritalari, sun’iy yoʻldosh ma’lumotlari va dron orqali suratga olingan tasvirlar yordamida fermer oʻz xoʻjaligining har bir yer konturi haqida toʻliq ma’lumotga ega boʻladi va shu asosda samarali yer taqsimoti loyihasi tuziladi.

Natijalar. Fermer xoʻjaliklari xududida ichki yer taqsimotida kadastr tizimiga bogʻliq innovatsion yechimlar zamonaviy qishloq xoʻjaligini tubdan oʻzgartirish salohiyatiga ega. Kadastr va innovatsiyalarning uygʻunlashuvi yer boshqaruvini aniqroq, shaffofroq va samaraliroq qilishning asosiy yoʻli hisoblanadi.

Raqamli yer kadastr tizimi ichki yer taqsimotining poydevori boʻlib xizmat qiladi. An’anaviy qogʻoz asosidagi kadastr hujjatlari koʻpincha eskirgan, noaniq va bir-biriga zid ma’lumotlarni oʻz ichiga olgan. Zamonaviy raqamli kadastr esa fermer xoʻjaligidagi har bir yer konturini real vaqt rejimida aniq koordinatalar bilan belgilab, uning yuridik holati, maydon koʻrsatkichlari, tuproq sifati va foydalanish maqsadi haqidagi barcha ma’lumotlarni yagona elektron bazada jamlaydi. Bu tizim orqali yer taqsimotida yuzaga keladigan chegaraviy nizolar darhol hal etiladi, chunki har bir uchastka millimetr darajasidagi aniqlikda rasmiy hujjatlarda mustahkamlangan boʻladi.

Quyidagi rasmda O.Alamatov fermer xo’jaligi elektron xaritasi aks ettirilgan (1-rasm).



1-rasm. O.Alamatov fermer xo'jaligining yer konturlari kesimidagi elektron xaritasi.

O.Alamatov fermer xo'jaligi hududida 8 ta yer konturi bo'lib, shu jumladan, ekin dalalari yer konturlari 4 ta va qolgan 4 tasi chiziqli turdagi konturlar aniqlangan. Yer konturlari qaydnomasida boshqa chiziqli elementlarga tegishli bo'lgan maydonlar ekin dalasi tarkibida ko'rsatilgan. Fikrimizcha, har bir chiziqli elementlarga alohida tartib raqami berilgan holda qaydnomada aks ettirish yer taqsimotida o'lchov ishlarini aniqligini ta'minlaydi.

GAT va EAT texnologiyalarini kadastr bilan integratsiyalash fermer xo'jaliklarida ichki yer taqsimotini yangi bosqichga ko'taradi. Yer uchastkalarini ro'yxatga olishda yuqori aniqlikdagi GPS qurilmalari yordamida olingan koordinatalar bevosita kadastr ma'lumotlar bazasiga kiritiladi. Ilgari yer o'lchash uchun maxsus brigada chaqirish, haftalab kutish va qo'lda hisob-kitob qilish zarur bo'lgan bo'lsa, endi fermer o'zining smartfonidagi ilovadan foydalanib yer chegaralarini bir necha daqiqada aniqlashtirishi mumkin. Bu ma'lumotlar raqamli ravishda kadastr registriga uzatiladi va rasmiy hujjatlar yangilanadi. Bunday yondashuv ayniqsa O'zbekistonda fermer xo'jaliklarining ko'payib borishi sharoitida yer chegaralarini tezkor va tejamkor usul bilan rasmiylashtirish imkonini beradi.

Geoinformatsion tizimlarni kadastr bilan birlashtirish ichki yer taqsimotini rejalashtirishda mutlaqo yangi imkoniyatlar ochadi. GAT dasturlari kadastr ma'lumotlarini tuproq xaritasi, iqlim ma'lumotlari, suv ta'minoti sxemasi va relef tasviri bilan bir vaqtda ko'rsata oladi. Fermer kompyuter ekranida o'z xo'jaligining to'liq rasmini ko'radi: qaysi yer konturi yer kadastrida qanday sifat toifasiga kiritilgan, qaysi yer konturi qonun bo'yicha qanday maqsadda ishlatilishi kerak, qaysi maydon suv ta'minotiga yaqin, qaysi qism eroziyaga moyil. Shu

ma’lumotlar asosida ichki yer taqsimoti loyihasi tuzilganda u kadastr talablariga to‘liq mos keladi va hech qanday yuridik muammoga duch kelmaydi.

Masofadan zondlash ma’lumotlarini kadastrga bog‘lash fermerlarga yer holati ustidan doimiy nazorat o‘rnatish imkonini beradi. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va dronlar orqali olingan ma’lumotlar kadastr xaritasi bilan mos keltirilganda yer uchastkalarida ro‘y berayotgan o‘zgarishlar, ya’ni sho‘rlanish, eroziya, namlikning pasayishi yoki o’zboshimcha egallangan yer maydonlarini aniq ko‘rsatib beradi. Davlat kadastr organlari bu texnologiya yordamida yerdan foydalanishning belgilangan maqsadga mosligini masofadan tekshirishi, qonunbuzarliklarni erta aniqlashi va fermerga o‘z vaqtida ogohlantirish yuborishi mumkin. Bu esa ichki yer taqsimotidagi tartib buzilishlarining oldini oladi.

Blockchain texnologiyasini kadastr tizimiga tatbiq etish yer huquqlarini himoya qilishda inqilobiy yondashuv hisoblanadi. Har bir yer uchastkasining kadastr ma’lumotlari blockchain zanjirida saqlanganida ularni soxtalashtirib bo‘lmaydi, o‘zgartirish mumkin emas va yo‘qotilmaydi. Fermer xo‘jaliklari o‘rtasidagi yer maydoni almashinuvi, yer konturlarini bo‘linishi yoki birlashtirilishi shaffof tarzda amalga oshiriladi va barcha tomonlar uchun bir xil ma’lumot mavjud bo‘ladi. Bu texnologiya korrupsiyani kamaytiradi, yer nizolarini hal etishni osonlashtiradi va ichki taqsimotni qayta rejalashtirish jarayonini tezlashtiradi.

Raqamli tuproq xaritalashni kadastr sifat toifalari bilan bog‘lash ichki yer taqsimotida muhim innovatsiya hisoblanadi. An’anaviy kadastrda yer sifati bir marta belgilanadi va ko‘p yillar davomida o‘zgarishsiz qoladi. Holbuki, yer sifati vaqt o‘tishi bilan o‘zgaradi: intensiv ishlov berish, sug‘orish rejimining buzilishi yoki iqlim o‘zgarishi natijasida avval yuqori sifatli deb topilgan yer xosildorligi haqiqatda pasayib ketgan bo‘lishi mumkin. Zamonaviy portativ sensorlar yordamida olinadigan tuproq ma’lumotlari kadastrga avtomatik ravishda kiritilsa, yer sifati ko‘rsatkichlari doimiy ravishda yangilanib turadi. Bu fermerga o‘z yerining haqiqiy holatiga muvofiq ichki taqsimotni belgilash imkonini beradi.

Sun’iy intellekt asosidagi kadastr tahlil tizimlari fermer xo‘jaliklariga yer taqsimotida qaror qabul qilishda kuchli ko‘mak beradi. Bunday tizimlar kadasr ma’lumotlari, tuproq tahlili, iqlim statistikasi va bozor narxlarini bir vaqtda tahlil qilib, fermerga qaysi uchastkalarda qanday ekin ekish, qaysi yerlarni vaqtincha dam oldirish va qaysi maydonlarni qayta melioratsiya qilish kerakligini tavsiya etadi. Tavsiyalar kadastrning huquqiy talablari doirasida berilgani uchun fermer innovatsion yechimlarni amalga oshirish jarayonida qonunchilik me’yorlarini buzmasligiga ishonch hosil qiladi.

Yagona elektron yer boshqaruvi platformasi kadastrni barcha davlat idoralari va fermer xo‘jaliklari bilan bog‘lovchi innovatsion yechim sifatida ko‘plab rivojlangan mamlakatlarda tatbiq etilmoqda. Bunday platformada fermer xo‘jaligining kadasr hujjatlari, suv taqsimoti nizomi, kredit muassasalaridagi garov ma’lumotlari va soliq hisobotlari bitta tizimda aks etadi. Yer taqsimotidagi har qanday o‘zgarish bir joyda ro‘yxatga olinsa, boshqa barcha idoralarga raqamli ravishda xabar boradi. Bu hozirgi kunda turli idoralar o‘rtasidagi ma’lumot almashmaslik va hujjatlar

ketma-ketligidagi muammolarni butunlay hal etadi.

Mobil ilovalar orqali kadasrga real vaqtda kirish imkoniyati mayda va o‘rta fermer xo‘jaliklari uchun ayniqsa muhim innovatsiya hisoblanadi. Fermer dalada ishlab turgan paytida o‘z smartfonidan kadasr ma’lumotlariga kirib, qo‘shni uchastkaning hududiy chegarasini tekshirishi, yer sifati toifasini ko‘rishi, ruxsat etilgan ekin turlarini aniqlashi va hujjatlardagi o‘zgarishlarni darhol bilishi mumkin. Bunday tezkorlik ilgari haftalar davom etgan byurokratik muolajalarni bir necha daqiqaga qisqartiradi va fermerning yer taqsimotiga oid qarorlarini ma’lumotlarga asoslangan holda tezkor qabul qilishga imkon yaratadi.

O‘zbekistonda ham so‘nggi yillarda kadasr tizimini raqamlashtirishga katta e’tibor berilmoqda. Davlat kadastr agentligi tomonidan joriy etilayotgan elektron xizmatlar, yerlarni sun’iy yo‘ldosh orqali monitoring qilish dasturlari va fermer xo‘jaliklariga bepul tuproq tahlili o‘tkazish imkoniyatlarini beruvchi davlat dasturlari kadastr va innovatsiyalar integratsiyasining amaliy namunasidir. Biroq bu jarayon hali to‘liq yakunlanmagan bo‘lib, kadasr ma’lumotlarining to‘liqligi, tizimlararo ulanish va fermerlarning raqamli savodxonligi sohasida qo‘shimcha islohotlar talab etiladi.

Xulosa. Fermer xo'jaliklari hududida ichki yer taqsimotini samarali boshqarish zamonaviy O'zbekiston qishloq xo'jaligining dolzarb muammolaridan biri bo'lib qolmoqda. Tadqiqot shuni ko'rsatadiki, kadastr ma'lumotlarining eskirganligi, yer uchastkalarining noto'g'ri hujjatlashtirilganligi va tizimli nazoratning yetishmasligi fermer xo'jaliklarida yerdan oqilona foydalanishni jiddiy cheklaydi. Yer taqsimotini ilmiy asosda rejalashtirmaslik esa o'z navbatida tuproq unumdorligining pasayishi, irrigatsiya tizimidagi nomuvofiqlik va iqtisodiy samaradorlikning kamayishiga bevosita olib keladi. Raqamli kadastr tizimini joriy etish va sun'iy intellekt asosidagi tahlil vositalarini amaliyotga tatbiq etish bu muammolarni hal etishning asosiy yo'nalishi sifatida belgilanadi. Fermerlarning raqamli savodxonligini oshirish va kadastr xizmatlarini modernizatsiya qilish esa islohotlarning muvaffaqiyatli amalga oshirilishini ta'minlovchi muhim shart hisoblanadi. Pirovardida, ichki yer taqsimotini kadastr tizimi orqali takomillashtirish nafaqat alohida xo'jaliklar, balki mamlakatning oziq-ovqat xavfsizligi va agrar soha barqarorligi uchun ham strategik ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasining Konstitutsiyasi. – T.: “O‘zbekiston”, 2023.
2. O‘zbekiston Respublikasining Yer kodeksi // O‘zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari ma’lumotlari milliy bazasi (lex.uz).
3. O‘zbekiston Respublikasining Fuqarolik kodeksi // O‘zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari ma’lumotlari milliy bazasi (lex.uz).
4. O‘zbekiston Respublikasining “Ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish to‘g‘risida”gi Qonuni.
5. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2021-yil 29-dekabrdagi 535-son qarori “Ko‘chmas mulk obyektlariga kadastr pasportini rasmiylashtirish tartibini takomillashtirish to‘g‘risida”.
6. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Raqamli O‘zbekiston –

2030” strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risidagi Farmoni.
7. Yagona interaktiv davlat xizmatlari portali (my.gov.uz) ma’lumotlari.
8. O‘zbekiston Respublikasi Kadastr agentligi faoliyatiga oid normativ-huquqiy hujjatlar to‘plami.
9. O‘quv adabiyot: “Ko‘chmas mulk kadastri asoslari”, Toshkent, 2022.
10.Mirzaabdullayeva, M. (2025). YER SERVITUTINI RIVOJLANISHI. Ижтимоий-гуманитар фанларнинг долзарб муаммолари Актуальные проблемы социально-гуманитарных наук Actual Problems of Humanities and Social Sciences., 5(S/8), 66–70. https://doi.org/10.47390/SPR1342V5SI8Y2025N10
11. Қ.Рахмонов,Ж.Рахмонов. Рақамли ер кадастри.Ўқув қўлланма.Тошкент. “ТИҚХММИ” МТУ.2014.-146 бет.
12. Чертовицкий А.С.,Рахмонов Қ. Ер ахборот тизими.Ўқув қўлланма.Тошкент. “ТИҚХММИ” МТУ.2023.-145б.
13. Yo‘ldoshev Sh. Fuqarolik huquqida qo‘shnichilik munosabatlari va servitut // Huquq va burch jurnali. – Toshkent, 2024. – №4. – B. 12-18.

i. Internet manbalari:

14. www.kadastr.uz
15. www.tiiame.uz
16. www.ziyonet.uz
17. www.lex.uz
18. https://uz.wikipedia.org
19. https://kadastr.uz/uz/dkp

UUK: 349.44 001.895

KO‘P MAQSADLI SERVITUTLARNI YURITISH XUSUSIYATLARI: MURAKKABLIK, AFZALLIK VA INOVATSION YECHIMLAR

Raxmonov Jaxongir *– “TIQXMMI” MTU, mustaqil tadqiqotchi.*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada ko'p maqsadli servitutlarni yuritishning nazariy asoslari, murakkablik omillari, afzalliklari va innovatsion yechimlari kompleks tarzda tadqiq etilgan. Ko'p maqsadli servitut bir yer uchastkasida o'tish, kommunikatsiya tarmoqlari, sug'orish va boshqa maqsadlarni yagona kadastr hujjati doirasida tartibga soluvchi zamonaviy huquqiy institut sifatida tavsiflangan. Shu bilan birga, kadasr ishlarining kamayishi, yagona ro'yxatdan o'tkazish jarayoni va yer resurslaridan oqilona foydalanish imkoniyati instituting muhim afzalliklari sifatida asoslab berilgan. O'zbekistonda ushbu tizimni bosqichma-bosqich joriy etish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi. Maqola yer huquqi, kadastr tizimi va infratuzilma boshqaruvi sohasidagi mutaxassislar uchun amaliy ahamiyat kasb etadi.*

Kalit so‘zlar: *ko'p maqsadli servitut, yer kadastri, kadastr hujjatlashtirish, 3D kadastr, yagona kadastr registri, aqlli shartnoma, raqamli kadastr, yer huquqi, infratuzilma servituti, kadastr islohoti.*

Аннотация. *В данной статье всесторонне изучены теоретические основы, факторы сложности, преимущества и инновационные решения многоцелевых сервитутов. Многоцелевой сервитут характеризуется как современный правовой институт, регулирующий проход,*

коммуникационные сети, орошение и другие цели на одном земельном участке в рамках единого кадастрового документа. При этом в качестве важных преимуществ института обосновываются сокращение кадастровой работы, единый процесс регистрации и возможность рационального использования земельных ресурсов. Разработаны практические рекомендации по поэтапному внедрению этой системы в Узбекистане. Статья имеет практическое значение для специалистов в области земельного права, кадастровой системы и управления инфраструктурой.

Ключевые слова: *Многоцелевой сервитут, земельный кадастр, кадастровая документация, 3D-кадастр, единый кадастровый реестр, смарт-контракт, цифровой кадастр, земельное право, сервитут для инфраструктуры, кадастровая реформа.*

Abstract. *This article comprehensively studies the theoretical foundations, complexity factors, advantages and innovative solutions of multi-purpose easements. Multi-purpose easement is characterized as a modern legal institution that regulates the passage, communication networks, irrigation and other purposes on a single land plot within the framework of a single cadastral document. At the same time, the reduction of cadastral work, a single registration process and the possibility of rational use of land resources are justified as important advantages of the institution. Practical recommendations for the phased introduction of this system in Uzbekistan have been developed. The article is of practical importance for specialists in the field of land law, cadastral system and infrastructure management.*

Key words: *multipurpose easement, land cadastre, cadastral documentation, 3D cadastre, unified cadastral register, smart contract, digital cadastre, land law, infrastructure easement, cadastral reform.*

Kirish. Ko‘p maqsadli servitut bu bir vaqtning o‘zida muayyan maydondan turli maqsadlarni qamrab oluvchi va turli foydalanish huquqlarini birlashtirib, yagona yer kadastri hujjati doirasida tartibga soluvchi servitut turi hisoblanadi. An’anaviy servitut bitimi odatda bitta aniq maqsadga qaratilgan bo’ladi. Masalan, faqat o‘tish, faqat suv olish yoki faqat quvur o‘tkazish sifatida belgilanadi. Ko‘p maqsadli servitutda esa yer uchastkasidan bir vaqtning o‘zida o‘tish, kommunikatsiya tarmoqlarini o‘tkazish, sug‘orish va boshqa maqsadlarda uchun foydalanish va yagona yer kadastri hujjatida rasmiylashtirish nazarda tutiladi. Bunday yondashuv servitut munosabatlarini soddalashtirish, hujjatlashtirish xarajatlarini kamaytirish va yer uchastkasidan ko’p maqsadli tarzda foydalanishni tartibga solish zaruriyati asosida kelib chiqadi.

Zamonaviy kadastr tizimida ko‘p maqsadli servitut nisbatan yangi tushuncha bo‘lib, zamonaviy infratuzilma loyihalari, qishloq xo‘jaligining murakkablashuvi va yerdan yanada tejamli va resurslaridan oqilona foydalanish talablari natijasida shakllanishi tushuniladi. Ma’lumki, muayyan yer uchastkasida bir nechta servitut o‘rnatilganda ularning har biriga

alohida hujjatlashtirilishi tomonlar, kadastr xizmati va sudlar uchun katta yuklamalar yaratadi. Koʻp maqsadli servitut esa yuklamalarni sezilarli darajada kamaytirishga va servitut munosabatlarida yanada tartibli holga keltirishga xizmat qiladi.

Koʻp maqsadli servitut mohiyati bir qator oʻziga xos belgilar bilan tavsiflanadi. Farqlanishlar uni oddiy servitutdan ham, bir necha alohida servitutlar majmuasidan ham ajratib turadi.

Eng muhim farqlovchi belgi maqsadlarning umumiyligidir. Koʻp maqsadli servitut turli maqsadlar bir hujjatga toʻplanmagan, balki oʻzaro bogʻliq va bir-birini toʻldiruvchi tizim hisoblanadi. Masalan, yoʻl, elektr kabeli va suv servitutlari koʻpincha bir xil yoʻnalish boʻylab oʻtadi va ularni alohida-alohida tartibga solish nafaqat qiyin, balki samarasiz ham deyish mumkin. Koʻp maqsadli servitutda esa bu maqsadlar muvofiqlashtirib tartibga solishga olib keladi.



1-rasm. Koʼp maqsadli ommaviy servitut koʼrinishi.

Uslub va manbalar. Koʻp maqsadli servitutni yuritish alohida va maxsus tizimni talab etadi. Anʼanaviy bitta maqsadli servitutni yuritishga nisbatan koʻp maqsadli servitut boshqaruvi ancha murakkab, ammo toʻgʻri tashkil etilganda ancha samarali.

Yagona boshqaruv platformasi koʻp maqsadli servitutni yuritishning markaziy elementi. Bu platforma barcha komponentlar boʻyicha hujjatlarni, toʻlovlarni, muloqotni va monitoring maʼlumotlarni yagona joyda birlashtiradi. Har bir komponentning holati alohida koʻrsatilsa ham, ular umumiy tablo shaklida ham namoyon boʻladi. Bu yondashuv servitutning butun koʻrinishini bir vaqtning oʻzida kuzatish imkonini beradi.

Koʻp maqsadli servitutda koordinatsiya funksiyasi alohida ahamiyat kasb etadi. Agar har bir maqsad boʻyicha alohida

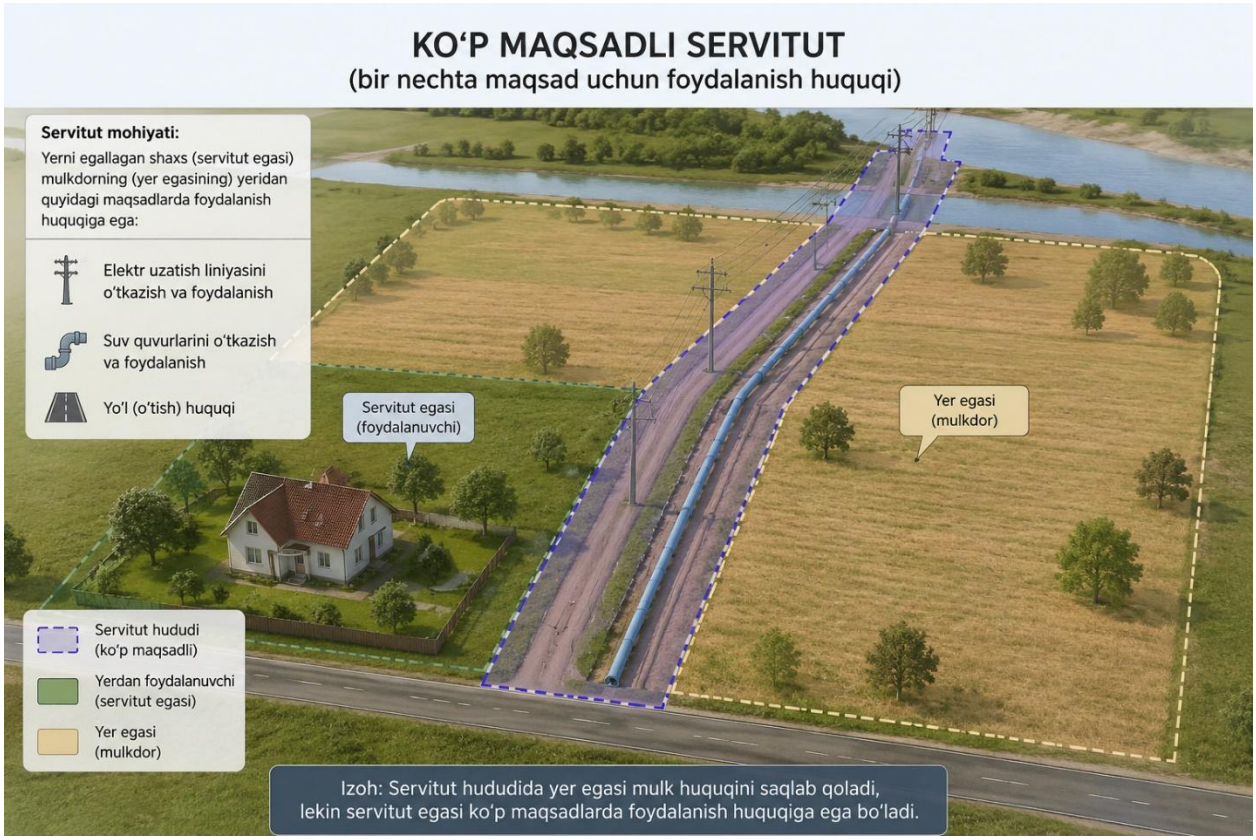
foydalanuvchi mavjud bo‘lsa, ular o‘rtasidagi munosabatlarni muvofiqlashtirish zarur. Masalan, bir foydalanuvchi texnik xizmat ko‘rsatish uchun servitut hududiga kirmoqchi bo‘lsa, buni boshqa foydalanuvchilarga va yer egasiga oldindan xabar qilishi kerak. Bu koordinatsiya funktsiyasi ko‘p maqsadli servitut shartnomasida aniq belgilanishi lozim.

Davriy kompleks ko‘rik o‘tkazish ko‘p maqsadli servitutda ayniqsa muhim. Alohida servitutlarda har biri uchun alohida ko‘rik o‘tkazilishi mumkin, ammo bu ko‘p vaqt va resurs talab etadi. Ko‘p maqsadli servitutda barcha komponentlar bo‘yicha yagona kompleks ko‘rik o‘tkazilib, yagona protokol tuziladi. Bu yondashuv ham tejamkor, ham turli komponentlar o‘rtasidagi o‘zaro ta’sirni bir vaqtning o‘zida baholash imkonini beradi.

Moliyaviy hisob-kitoblarni yuritish ko‘p maqsadli servitutda murakkablanadi, ammo to‘g‘ri tashkil etilganda ancha qulayroq bo‘ladi. Agar kompensatsiya birlashtirilgan shaklda to‘lansa, yer egasi bitta to‘lovni oladi va undan kelib chiqadigan hisob-kitoblarni o‘z ixtiyoriga ko‘ra yuritadi. Agar esa har bir komponent bo‘yicha alohida to‘lovlar bo‘lsa, ularning barchasi bir xil sanada masalan, har oyning birinchi kuni to‘lanishi boshqaruvni soddalashtiradi.

Ko‘p maqsadli servitutni o‘rnatish oddiy servitutga nisbatan ancha murakkab jarayon bo‘lib, bir qator qo‘shimcha talablar va bosqichlarni o‘z ichiga oladi. Dastlabki kompleks tahlil bosqichi ko‘p maqsadli servitutni o‘rnatishning eng muhim va ko‘pincha e’tibordan chetda qoluvchi qismi. Bu bosqichda barcha rejalashtirilgan maqsadlar bir-biri bilan texnik jihatdan mos kelishini, ularning birlashtirilishi yer egasiga yetkaziladigan umumiy zararni oshirmasligini va ularning hammasi bitta hududda joylashishi mumkinligini tekshirish zarur. Masalan, gaz quvuri va elektr kabeli ma’lum xavfsizlik masofasidan yaqin o‘tkazilishi mumkin emas. Ushbu texnik cheklov ko‘p maqsadli servitutni loyihalashtirishda hisobga olinishi shart.

Quyidagi rasmda bir nechta maqsad uchun yerdan servitut huquqida foydalanish namunasi berilgan (2-rasm).



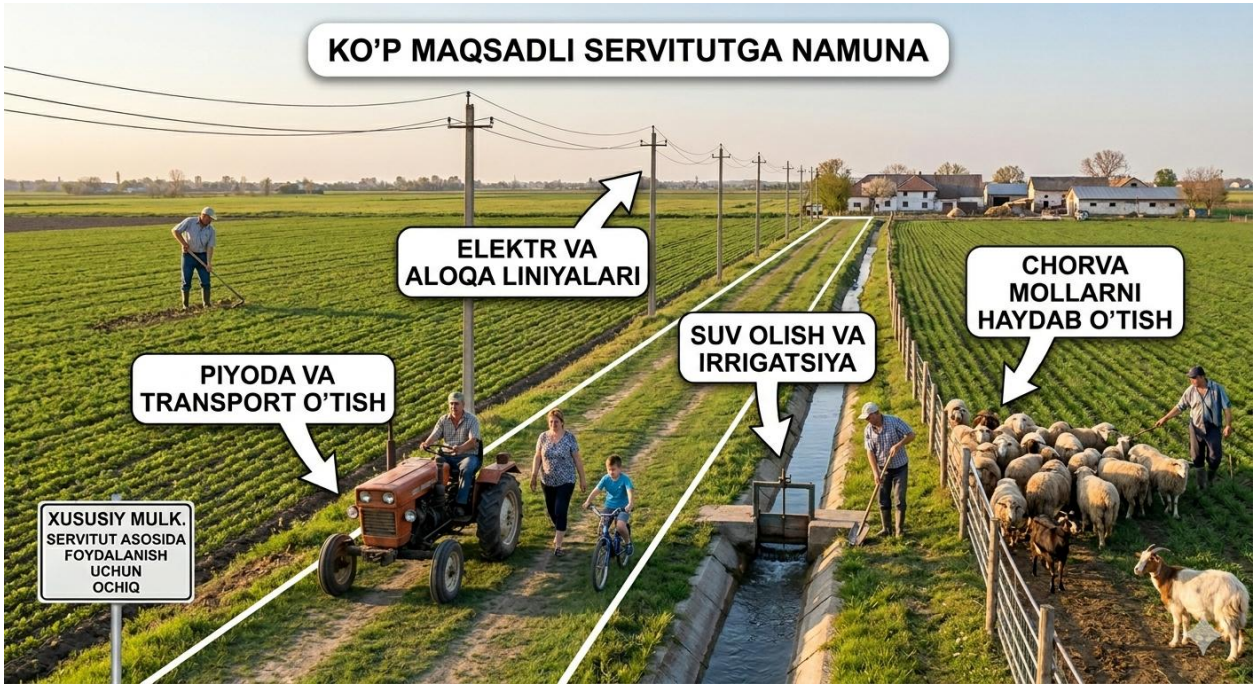
2-rasm. Ko’p maqsadli servitutning namunaviy ko’rinishi.

Manfaatdor tomonlarni aniqlash va jalb qilish ham murakkab bosqich. Ko‘p maqsadli servitutda ko‘pincha bitta foydalanuvchi emas, balki bir nechta manfaatdor tomon mavjud. Har bir maqsad bo‘yicha alohida manfaatdor tomon bo‘lishi mumkin — elektr tarmog‘i kompaniyasi, gaz ta’minoti tashkiloti, qo‘shni fermer va mahalliy hukumat. Bu tomonlarning barchasi bilan alohida, ammo bir-biri bilan muvofiq shartlarni kelishish zarur.

Kompensatsiyani to‘g‘ri hisoblash ko‘p maqsadli servitutda alohida uslub talab etadi. An’anaviy yondashuv har bir maqsad uchun alohida kompensatsiya hisoblash va ularni qo‘shish ko‘p maqsadli servitutda to‘g‘ri emas. Chunki birlashtirilgan servitut ko‘pincha alohida servitutlar yig‘indisidan kamroq zarar yetkazadi, masalan, qazish ishlari bir marta amalga oshirilganligi sababli. Shu sababli kompensatsiyani integratsiyalashgan usulda barcha maqsadlarning umumiy ta’sirini inobatga olib hisoblash to‘g‘riroq natija beradi.

Shartnomaning tuzilmasi ko‘p maqsadli servitutda alohida yondashuvni talab etadi. Shartnoma asosiy qism va alohida komponentlarga bo‘linadi. Asosiy qismda umumiy shartlar, umumiy kompensatsiya mexanizmi, nizolarni hal etish tartibi va servitutning asosiy parametrlari belgilanadi. Alohida komponentlarda esa har bir maqsad uchun texnik shartlar, foydalanish tartibi va maxsus talablar ko‘rsatiladi. Bunday tuzilma shartnomani ham umumiy holda tushunishni, ham har bir maqsadni alohida tartibga solishni ta’minlaydi.

Quyidagi rasmda fermer xo’jaligi hududidan bir vaqtning o’zida 4 ta turdagi yer servitutidan foydalanish mumkinligi aks ettirilgan (3-rasm).



3-rasm. Ko’p maqsadli servitutni joriy etish namunasi.

Yuqorida qayd etilgan rasmning mohiyatidan kelib chiqib servitut uchun ajratiladigan maydon birligidan 2 va undan ortiq turdagi foydalanuvchilar bo’lishi mumkinligi o’z aksini topgan (3-rasm).

Ko‘p maqsadli servitutning eng murakkab jihati turli maqsadlar o‘rtasida ziddiyat yuzaga kelganda kim kimdan ustun turishini belgilash. Bu muammo har qanday ko‘p maqsadli servitutda potentsial mavjud va uni oldindan hal qilmaslik jiddiy nizolarga olib kelishi mumkin.

Ustunlik tartibi belgilash zarur bo‘lgan holatlarga bir necha misol keltirish mumkin. O‘tish yo‘li bo‘ylab gaz quvuri o‘tkazilganda, quvur ustida yuk mashinasi o‘ta oladimi? Suv kanali va elektr kabeli kesishgan joyda texnik xizmat ko‘rsatish kerak bo‘lganda qaysi tizimni to‘xtatish mumkin? Chorva haydash vaqti va texnika o‘tish vaqti bir-biriga to‘g‘ri kelganda kim birinchi o‘tadi? Bu savollarning barchiga oldindan javob berish ko‘p maqsadli servitut shartnomasining sifatini belgilaydi.

Ustunlik tartibi bir necha mezon asosida belgilanishi mumkin. Xavfsizlik mezoni xavfsizlikka to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta’sir qiluvchi komponent har doim ustunlik qiladi. Masalan, gaz quvurining xavfsizligi boshqa barcha maqsadlardan ustun turadi. Iqtisodiy zararni minimallash mezoni qaysi yo‘l ko‘proq zarar ko‘rsa, boshqasi ustunlik qiladi. Vaqt mezoni qaysi maqsad vaqt jihatidan muhimroq bo‘lsa, shu ustunlik qiladi. Kelishuv mezoni tomonlar muayyan holat uchun alohida kelishib oladilar.

Maqsadlar o‘rtasida texnik muvofiqlikni ta’minlash ham muhim. Turli kommunikatsiya tizimlari bir-biriga elektromagnit, mexanik yoki kimyoviy ta’sir qilishi mumkin. Masalan, gaz quvuri va elektr kabeli bir-biriga juda yaqin o‘tkazilganda elektr kabeli korroziyaga uchrashi mumkin. Bunday texnik muammolarni oldindan aniqlash va loyihalashtirishda hisobga olish ko‘p maqsadli servitutning muvaffaqiyatini ta’minlaydi.

Ko‘p maqsadli servitut bir qator sezilarli afzalliklarga ega bo‘lib, ular ushbu turning tobora ommalashib borishini izohlaydi.

Yer egasi uchun afzalliklar koʻp va muhim. Avvalambor, ma'muriy yuk kamayadi. Alohida servitutlarda har biri uchun alohida muzokaralar, alohida shartnomalar, alohida roʻyxatdan oʻtkazish va alohida munosabatlar olib borish zarur. Koʻp maqsadli servitutda bularning barchasi bir jarayonda amalga oshiriladi. Yer egasi vaqtini, energiyasini va mablagʻini tejaydi.

Ikkinchidan, yer egasi uchun kompleks kompensatsiya koʻpincha alohida kompensatsiyalar yigʻindisidan samarali kelishish orqali yuqori boʻlishi mumkin. Bir nechta manfaatdor tomon mavjud boʻlganda yer egasining muzokaradagi mavqei kuchayadi, chunki u barchaga zarur boʻlgan huquqni bitta paket sifatida taklif qiladi.

Uchinchidan, yer egasi uchun minimal bezovtalanish muhim. Agar maqsadlar birlashtirilgan boʻlsa, yer uchastkasiga kirish va texnik ishlar bir marta amalga oshiriladi. Alohida servitutlarda turli vaqtlarda turli maqsadlar uchun takroran kirish va ishlar amalga oshirilishi yer egasini doimiy bezovta qiladi.

Foydalanuvchilar uchun ham afzalliklar muhim. Birlashtirilgan servitut oʻrnatish alohida servitutlarni oʻrnatishdan tezroq va arzonroq. Bir marotaba muzokaralar va bir marotaba roʻyxatdan oʻtkazish jarayoni koʻp vaqt va mablagʻ tejaydi. Bundan tashqari, koʻp maqsadli servitut doirasida turli foydalanuvchilar bir-birining ishlarini koordinatsiya qilib, texnik muvofiqlikni ta'minlashlari mumkin bu alohida servitutlarda qiyin yoki imkonsiz.

Davlat va jamiyat uchun ham afzalliklar mavjud. Kadastr organlari kamroq hujjatlarni koʻrib chiqadi va kamroq roʻyxatdan oʻtkazish operatsiyalarini amalga oshiradi. Bu esa kadastr tizimining samaradorligini oshiradi va davlat xarajatlarini kamaytiradi. Bundan tashqari, yer resurslaridan kompleks va muvofiq tarzda foydalanish ularni samaraliroq ishlatishga olib keladi.

Koʻp maqsadli servitutni vizuallashtirishda an'anaviy ikki oʻlchamli xaritalar yetarli emas. Bir hududda yer usti, yer osti va hatto havo boʻshligʻidagi turli maqsadlarni bir vaqtning oʻzida koʻrsatish uchun uch oʻlchamli 3D GIS tizimlari zarur.

3D GIS tizimida koʻp maqsadli servitut hududi qatlamlar shaklida koʻrsatiladi. Yerning ustki qismi, oʻtish yoʻllari, elektr liniyalari tashuvchi ustunlar va manzara servitutlari boshqa rangda koʻrsatiladi. Yer yuzasiga yaqin qatlam, kabellar, kichik quvurlar alohida rang bilan. Chuqur qatlam magistral gaz va suv quvurlari yana boshqa rang bilan. Har bir qatlamga tegib, oʻsha qatlamdagi maqsad haqida toʻliq ma'lumot olish mumkin.

Koʻp maqsadli servitutda aqlli shartnomalar alohida qoʻshimcha qiymat yaratadi. Har bir maqsad oʻz aqlli shartnomasi boʻlib, ular "meta-shartnoma" orqali oʻzaro bogʻlanadi. Meta-shartnoma maqsadlar oʻrtasidagi ustunlik tartibini, koordinatsiya qoidalarini va umumiy shartlarni boshqaradi.

Toʻlovlarni avtomatlashtirishning oʻziga xos jihati koʻp maqsadli servitutda har bir maqsad boʻyicha alohida foydalanuvchilar boʻlishi mumkin. Aqlli shartnoma har biridan oʻz ulushiga mos toʻlovni avtomatik yigʻib, yer egasiga birlashtirilgan shaklda oʻtkazadi. Yer egasi bir maqsad boʻyicha toʻlov kechiksa, tizim darhol xabardor qiladi va

belgilangan tartibga muvofiq choralar koʻradi.

Maqsadlar oʻrtasidagi koordinatsiyani avtomatlashtirish ham aqlli shartnomalar orqali mumkin. Bir foydalanuvchi servitut hududiga kirish soʻrovini yuborsa, aqlli shartnoma boshqa barcha foydalanuvchilar va yer egasiga darhol xabar yuboradi, ularning tasdigʻini kutadi va grafik ziddiyatlari boʻlsa, alternativ vaqt taklif qiladi. Bu koordinatsiya jarayoni insonning aralashuvisiz avtomatik amalga oshiriladi.

Shartli harakatlar koʻp maqsadli servitutda murakkab ssenariylarga moslashish imkonini beradi. Masalan, "suv quvuriga texnik xizmat koʻrsatish zarur boʻlganda, gaz quvuri xizmat koʻrsatish muddatiga qadar foydalanuvchisi yer egasiga ogohlantirib qoʻyadi, yer egasi esa oʻtish yoʻlini vaqtincha yopib qoʻyishi mumkin" — bu murakkab shart aqlli shartnomada aniq kodlashtirilishi va avtomatik bajarilishi mumkin.

Koʻp maqsadli servitutlarni yuritishda blokcheyn texnologiyasini qoʻllash bir qator tub muammolarni hal qiladi. Eng muhimi bir nechta maqsadga tegishli ma’lumotlarning yagona, oʻzgartirib boʻlmaydigan registrda saqlanishi.

Koʻp maqsadli servitutda blokcheyn registri quyidagicha tuziladi. Har bir maqsad uchun alohida "aqlli shartnoma" yaratiladi, ammo ular bir-biri bilan bogʻliq va yagona koʻp maqsadli servitut identifikatoriga ega. Bir maqsad boʻyicha oʻzgarish boshqa maqsadlarga qanday ta’sir qilishini tizim avtomatik hisoblab, tegishli ogohlantirishlarni yuboradi.

Blokcheynning oʻzgartirib boʻlmasligi koʻp maqsadli servitutda ayniqsa qimmatli, chunki taraflar soni koʻp boʻlganda hujjatlarni oʻzgartirishga urinish xavfi ham oshadi. Blokcheynda saqlanadigan hujjat istalgan tomonning bir tomonlama oʻzgartirishi imkonsiz. Faqat barcha taraflarning kriptografik imzosi bilan tasdiqlangan oʻzgarishlar qabul qilinadi.

Foydalanish tarixi va audit izi blokcheynning yana bir muhim xususiyati. Koʻp maqsadli servitutda kim, qachon, qaysi maqsad boʻyicha va qanday harakatni amalga oshirganligi toʻliq saqlanadi. Bu shaffoflik taraflar oʻrtasidagi ishonchni mustahkamlaydi va nizo yuzaga kelganda aniq dalillar bazasi boʻlib xizmat qiladi.

Koʻp maqsadli servitutni yagona tizimda yuritish boshqaruvning samaradorligini oshiradi. Barcha maqsadlarga oid ma’lumotlar yagona joyda jamlangan boʻlganda, yer egasi yoki boshqaruvchi butun rasm koʻrinishini bir vaqtning oʻzida kuzatishi mumkin. Alohida servitutlarda esa har biri uchun alohida tekshirish zarur boʻlib, bu umumiy holatni koʻrishni qiyinlashtiradi.

Yangilash va oʻzgartirishlar ham samaraliroq. Koʻp maqsadli servitutning umumiy qoidalari oʻzgarganda masalan, koʻrik oʻtkazish tartibi yoki ogohlantirishlar muddati bu oʻzgartirish barcha maqsadlarga bir vaqtning oʻzida tatbiq etiladi. Alohida servitutlarda esa har birini alohida yangilash kerak boʻlar edi.

Monitoring va nazorat ham yagona tizimda samaraliroq. Servitut hududidagi barcha harakatlar yagona jurnalda qayd etilib, tahlil qilinadi. Bu yer egasiga qaysi maqsad qanchalik intensiv foydalanilayotganini, qayerda

muammo yuzaga kelayotganini va kelajakda qanday o‘zgarishlar zarurligini aniq ko‘rish imkonini beradi.

Ko‘p maqsadli servitut yer resurslaridan samaraliroq foydalanishni ta’minlaydi. Bir hudud bo‘ylab bir nechta kommunikatsiya va transport tizimlari o‘tkazilganda, yerning "yuk ko‘tarish qobiliyati" maksimal darajada ishlatiladi. Bu yerning qolgan qismini xo‘jalik maqsadlari uchun saqlab qolish imkonini beradi.

Mazmuniy muvofiqlashtirishdan keluvchi afzalliklar ham muhim. Ko‘p maqsadli servitutda turli foydalanuvchilarning harakatlari muvofiqlashtirilib, ular bir-biriga zarar yetkazmasligi ta’minlanadi. Bu nafaqat foydalanuvchilar uchun, balki yer egasi uchun ham afzal, uning yeri ko‘proq tartibli va bashorat qilinadigan tarzda ishlatiladi.

Kelajakka mo‘ljallangan moslashuvchanlik ham ko‘p maqsadli servitutning muhim afzalligi. Yangi texnologiyalar paydo bo‘lganda, masalan, yangi turdagi kommunikatsiya yoki energiya tizimlari ularni mavjud ko‘p maqsadli servitutga qo‘shish yangi alohida servitut o‘rnatishdan ancha oson va arzon.

Ko‘p maqsadli servitutlarni yuritishdagi murakkabliklarni bartaraf etish va afzalliklarni maksimallashtirishda zamonaviy innovatsion texnologiyalar hal qiluvchi rol o‘ynaydi.

Ko‘p maqsadli servitutni yuritishning kamroq ko‘zga ko‘rinarli, ammo uzoq muddatda muhim afzalligi ijtimoiy munosabatlarga ta’siri. Bir nechta alohida muzokaralar va shartnomalar o‘rniga yagona jarayon o‘tkazilganda, taraflar o‘rtasidagi munosabatlar kamroq bezovtalanadi.

Muammolarni birgalikda hal qilish madaniyati shakllanadi. Ko‘p maqsadli servitutda taraflar doimo bir-biri bilan muloqotda bo‘lganligi sababli, muammo yuzaga kelganda ular o‘rganilgan aloqa kanallari orqali tezda yechim topadi. Alohida servitutlarda esa har bir muammo yangi muloqot o‘rnatishni talab etadi.

Natijalar

O‘zbekistonda ko‘p maqsadli servitutlarni yuritishda innovatsion yechimlarni bosqichma-bosqich joriy etish maqsadga muvofiq. Birinchi bosqichda mavjud kadastr tizimini GIS texnologiyalari bilan boyitish va servitutlarni raqamli formatda yuritishga o‘tish amalga oshirilishi mumkin. Bu nisbatan kam xarajat talab etadigan, ammo sezilarli samara beradigan qadam.

Ikkinchi bosqichda pilot loyihalar doirasida blokcheyn asosidagi yer registrini sinab ko‘rish, ayniqsa yirik infratuzilma loyihalari va fermer xo‘jaliklari hududida qo‘llash maqsadga muvofiq. Bu tajriba muvaffaqiyatli bo‘lganda, keyingi kengaytirish uchun mustahkam asos yaratiladi.

Uchinchi bosqichda aqlli shartnomalar va IoT sensorlarini integrasiya qilish hamda to‘liq avtomatlashtirilgan ko‘p maqsadli servitut yuritish tizimini shakllantirish amalga oshirilishi mumkin. Bu bosqich qonunchilik bazasini ham elektron imzo, blokcheyn ma’lumotlarining huquqiy maqomi, aqlli shartnomalar tegishli tarzda yangilashni taqozo etadi.

Ko‘p maqsadli servitutda taraflar soni ko‘payishi bilan qarorlar qabul qilish jarayoni murakkablashadi. Bitta masalada barcha tomonlarning roziligi

talab etilsa, bu jarayon nihoyatda sekinlashadi. Masalan, servitut shartnomasiga o‘zgartirish kiritish uchun yer egasi, ikki yoki uch foydalanuvchi, kadastr organi va ba’zan notarius roziligi va imzosi kerak bo‘lsa, bu jarayonni muvofiqlashtirish o‘zidayoq katta vaqt va resurs talab etadi.

Manfaatlar xilma-xilligi ham muammo. Yer egasi kompensatsiyani maksimallashtirishga, foydalanuvchilar esa xarajatlarni minimallashtirishga intiladi. Turli foydalanuvchilar o‘rtasida ham manfaatlar to‘qnashishi mumkin biri servitut hududini kengaytirishni xohlasa, boshqasi siqilishini istamaydi. Bu ziddiyatli manfaatlarni muvozanatlashtiradigan mexanizm bo‘lmasa, ko‘p maqsadli servitut tizimi doimo nizo xavfi ostida bo‘ladi.

Ko‘p maqsadli servitutlarni yuritishning barcha murakkabliklariga qaramay, to‘g‘ri tashkil etilganda u bir qator muhim afzalliklarni taqdim etadi.

To‘g‘ri tashkil etilgan ko‘p maqsadli servitutni yuritish alohida servitutlar majmuasini yuritishdan sezilarli darajada tejamkor. Tejamkorlik bir necha yo‘nalishda namoyon bo‘ladi.

Ma’muriy xarajatlarning kamayishi birinchi va eng seziluvchi tejamkorlik. Kadastr organida bir marta ro‘yxatdan o‘tkazish, bir marta davlat boji to‘lash, bir marta notarial tasdiqlash bularning barchasi alohida servitutlarga nisbatan ancha arzon. Katta loyihalarda masalan, bir nechta fermer yeri orqali o‘tadigan magistral infratuzilma loyihasida tejamkorlik millionlarga yetishi mumkin.

Yuridik xizmatlar xarajatlari ham kamayadi. Bitta murakkab shartnoma tuzish ko‘pincha bir nechta oddiy shartnoma tuzishdan arzonroq, chunki umumiy shartlar bir marta ishlab chiqilib, turli maqsadlar uchun moslashtiriladi. Shuningdek, kelishuv jarayoni muzokaralar, imzolash, ro‘yxatdan o‘tkazish bir marta o‘tkaziladi.

Texnik xarajatlarning kamayishi ayniqsa infratuzilma loyihalarida muhim. Ko‘p maqsadli servitutda qazish ishlari bir marta amalga oshirilganda bir nechta kommunikatsiya tizimi bir yo‘la o‘tkazilishi mumkin. Bu yer tiklash xarajatlarini, qurilish muddatini va yer egasining bezovtalanishini sezilarli kamaytiradi.

Nizo xarajatlarining kamayishi uzoq muddatda eng katta tejamkorlikni beradi. Puxta tuzilgan ko‘p maqsadli servitut shartnomasi ko‘plab potentsial nizolarni oldindan bartaraf etadi. Har bir nizo esa advokat yollamasdan, sud to‘lovlarisiz ham katta vaqt va resurs talab etadi. Nizolarning oldini olish esa bu xarajatlarni butunlay yo‘q qiladi..

Ko‘p maqsadli servitutda bir nechta taraf o‘rtasidagi koordinatsiyani ta’minlash uchun maxsus onlayn platforma zarur. Bu platforma servitut munosabatlarining barcha jihatlarini hujjatlar, to‘lovlar, muloqot, grafik, monitoring yagona interfeysda birlashtiradi.

Grafik boshqaruv moduli har bir foydalanuvchiga servitut hududiga kirish uchun so‘rov yuborish imkonini beradi. Tizim avtomatik ravishda boshqa so‘rovlar bilan ziddiyat bormi tekshiradi va zarur holda muqobil vaqt taklif qiladi. Barcha tasdiqlar va rad etishlar sabablar bilan birga arxivlanadi.

Onlayn mediatsiya moduli nizo yuzaga kelganda taraflarning yer egasi, turli foydalanuvchilar va mediator bilan bir vaqtning o‘zida muloqot qilishi imkonini beradi. Platforma barcha tomonlarga zarur hujjatlar, tarix va dalillarga bir xil kirish

imkonini beradi. Mediator o‘z xulosasini platformada shakllantiradi va barcha tomonlar uni bir vaqtning o‘zida ko‘radi.

Avtomatlashtirilgan hisobotlar tizimi esa taraflarga belgilangan vaqt oralig‘ida oylik, choraklik, yillik ko‘p maqsadli servitut bo‘yicha to‘liq hisobot taqdim etadi. Bu hisobot har bir maqsad bo‘yicha foydalanish statistikasi, to‘lovlar tarixi, yuzaga kelgan muammolar va ularning yechimi haqida ma’lumotlarni o‘z ichiga oladi.

Ko‘p maqsadli servitutda IoT sensorlari tarmog‘i har bir maqsad bo‘yicha real vaqt ma’lumotlarini yig‘ib, markaziy boshqaruv tizimiga uzatadi. Bu ma’lumotlar asosida tizim holati doimiy kuzatiladi va og‘ishlar darhol aniqlanadi.

Har bir maqsad uchun maxsus sensorlar o‘rnatiladi. O‘tish servitutida harakat hisoblagichlar va vazn sensorlari o‘rnatiladi bu belgilangan yuklardan og‘ir transport o‘tayotganini darhol aniqlaydi. Suv servitutida oqim o‘lchagichlar suv iste’moli miqdorini doimiy kuzatadi. Gaz quvuri servitutida bosim sensorlari va gaz sensori favqulodda holatlarni bosim o‘zgarishi yoki gaz sizishi darhol aniqlaydi. Elektr kabeli servitutida kuchlanish sensorlari muammolarni ilk bosqichida ko‘rsatadi.

Bu sensorlardan keladigan ma’lumotlar birlashtirilgan holda tahlil qilinadi. Masalan, og‘ir transport o‘tishi va gaz quvuridagi bosim o‘zgarishi bir vaqtning o‘zida qayd etilsa, tizim transport o‘tishi quvurga mexanik ta’sir qilyapti degan xulosani chiqarib, texnik ekspertiza zarurligi haqida ogohlantirish yuboradi.

Favqulodda holatlarda multimodal javob tizimi ishga tushadi. Gaz sizishi aniqlanganida nafaqat gaz tashkilotiga, balki elektr tarmog‘iga ham uchqun xavfi sababli va yer egasiga ham darhol signal ketadi. O‘tish servitutidagi harakat ham bir vaqtning o‘zida bloklanadi.

Xulosa. Ko'p maqsadli servitutlarni kadastr tizimi doirasida yuritish O'zbekiston yer huquqining zamonaviy talablarga javob berishi zarur bo'lgan muhim yo'nalishlaridan biri ekanligi tadqiqotda ishonchli asoslab berilgan. Mavjud kadastr tizimining bir vaqtning o'zida bir nechta maqsadni qayd etishga moslashmaganligi va uch o'lchamli kadastr yondashuvining yo'qligi ko'p maqsadli servitutlarni yuritishdagi asosiy tizimli to'siq sifatida namoyon bo'lmoqda. Ushbu muammoni bartaraf etishda blockchain asosidagi yagona kadastr registri, 3D GIS texnologiyalari va aqlli shartnomalarni joriy etish nafaqat yuritish samaradorligini oshiradi, balki kadastr operatsiyalari sonini kamaytirish va shaffoflikni ta'minlash imkonini ham beradi. O'zbekistonda ushbu innovatsiyalarni bosqichma-bosqich amalga oshirish, birinchi navbatda raqamli kadastrga o'tish, so'ngra pilot loyihalar orqali blockchain va sun'iy intellektni sinab ko'rish maqsadga muvofiq yondashuv hisoblanadi. Pirovardida, ko'p maqsadli servitut institutini zamonaviy kadastr tizimlari bilan uyg'unlashtirish yer resurslaridan oqilona foydalanishni ta'minlashning va mamlakatda infratuzilma rivojlanishini huquqiy jihatdan tartibga solishning strategik shartidir.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. O‘zbekiston Respublikasining Konstitutsiyasi. – T.: “O‘zbekiston”, 2023.

2. O‘zbekiston Respublikasining Yer kodeksi // O‘zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari ma’lumotlari milliy bazasi (lex.uz).

3. O‘zbekiston Respublikasining Fuqarolik kodeksi // O‘zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari ma’lumotlari milliy bazasi (lex.uz).
4. O‘zbekiston Respublikasining “Ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish to‘g‘risida”gi Qonuni.
5. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2021-yil 29-dekabrdagi 535-son qarori “Ko‘chmas mulk obyektlariga kadastr pasportini rasmiylashtirish tartibini takomillashtirish to‘g‘risida”.
6. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risidagi Farmoni.
7. Yagona interaktiv davlat xizmatlari portali (my.gov.uz) ma’lumotlari.
8. O‘zbekiston Respublikasi Kadastr agentligi faoliyatiga oid normativ-huquqiy hujjatlar to‘plami.
9. O‘quv adabiyot: “Ko‘chmas mulk kadastri asoslari”, Toshkent, 2022.
10. Mirzaabdullayeva, M. (2025). YER SERVITUTINI RIVOJLANISHI. Ижтимоий-гуманитар фанларнинг долзарб муаммолари Актуальные проблемы социально-гуманитарных наук Actual Problems of Humanities and Social Sciences., 5(S/8), 66–70. https://doi.org/10.47390/SPR1342V5SI8Y2025N10
11. Қ.Рахмонов,Ж.Рахмонов. Рақамли ер кадастри.Ўқув қўлланма.Тошкент. “ТИҚХММИ” МТУ.2014.-146 бет.
12. Чертовицкий А.С.,Рахмонов Қ. Ер ахборот тизими.Ўқув қўлланма.Тошкент. “ТИҚХММИ” МТУ.2023.-145б.
13. Yo‘ldoshev Sh. Fuqarolik huquqida qo‘shnichilik munosabatlari va servitut // Huquq va burch jurnali. – Toshkent, 2024. – №4. – B. 12-18.

Internet manbalari:

14. www.kadastr.uz
15. www.tiiame.uz
16. www.ziyonet.uz
17. www.lex.uz
18. https://uz.wikipedia.org
19. https://kadastr.uz/uz/dkp

UDK: 504.064.36:528.8:004.9:528.9

EKOLOGIK MONITORINGDA MASOFADAN ZONDLASH MA’LUMOTLARI VA GAT ASOSIDA KARTOGRAFIK MODELLASHTIRISH

N.A.Eshmatova *- “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti, tayanch doktorant*
S.N.Abduraxmonov *- “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti, DSc, dotsent.*
M.G‘.Axmedova *- “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti, tayanch doktorant*

Annotatsiya. Mazkur maqolada ekologik monitoring jarayonlarida masofadan zondlash ma’lumotlari va geografik axborot tizimlari (GAT) asosida kartografik modellashtirishning ilmiy-uslubiy asoslari yoritilgan. Tadqiqotda atmosfera tarkibi va ekologik jarayonlarni monitoring qilishda qo‘llaniladigan asosiy sun’iy yo‘ldosh tizimlari, jumladan Aura/OMI, Sentinel-5P/TROPOMI, MODIS,

Landsat, Sentinel-2 hamda MERRA-2 ma’lumotlarining imkoniyatlari tahlil qilingan. Shuningdek, masofadan zondlash ma’lumotlarini qayta ishlash, vaqt bo‘yicha agregatsiyalash, fazoviy interpolyatsiya, GAT muhitida integratsiyalash va kartografik modellashtirish bosqichlari tavsiflangan. Tahlillar natijasida ekologik monitoringda sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari va GAT texnologiyalaridan foydalanish, ekologik jarayonlarning fazoviy-vaqtinchalik o‘zgarishlarini aniqlash, monitoring natijalarining aniqligini oshirish hamda tematik ekologik xaritalarni yaratishda muhim ahamiyat kasb etishi asoslab berilgan.

Kalit so‘zlar: ekologik monitoring, masofadan zondlash, kartografik modellashtirish, Aura/OMI, Sentinel-5P/TROPOMI, MODIS, Landsat, Sentinel-2, MERRA-2

Аннотация. В данной статье освещены научно-методические основы картографического моделирования на базе данных дистанционного зондирования и географических информационных систем (ГИС) в процессах экологического мониторинга. В исследовании проанализированы возможности основных спутниковых систем, применяемых для мониторинга состава атмосферы и экологических процессов, включая данные Aura/OMI, Sentinel-5P/TROPOMI, MODIS, Landsat, Sentinel-2, а также MERRA-2. Кроме того, описаны этапы обработки данных дистанционного зондирования, временной агрегации, пространственной интерполяции, интеграции в среде ГИС и картографического моделирования. В результате анализа обосновано, что использование спутниковых данных и ГИС-технологий в экологическом мониторинге имеет важное значение для выявления пространственно-временных изменений экологических процессов, повышения точности результатов мониторинга и создания тематических экологических карт.

Ключевые слова: экологический мониторинг, дистанционное зондирование, картографическое моделирование, Aura/OMI, Sentinel-5P/TROPOMI, MODIS, Landsat, Sentinel-2, MERRA-2.

Abstract. This article presents the scientific and methodological foundations of cartographic modeling based on remote sensing data and Geographic Information Systems (GIS) in ecological monitoring processes. The study analyzes the capabilities of major satellite systems used for monitoring atmospheric composition and ecological processes, including Aura/OMI, Sentinel-5P/TROPOMI, MODIS, Landsat, Sentinel-2, and MERRA-2 datasets. In addition, the stages of remote sensing data processing, temporal aggregation, spatial interpolation, GIS-based integration, and cartographic modeling are described. The analysis substantiates that the application of satellite data and GIS technologies in ecological monitoring plays a significant role in identifying spatio-temporal changes in ecological processes, improving the accuracy of monitoring results, and developing thematic ecological maps.

Keywords: ecological monitoring, remote sensing, cartographic modeling, Aura/OMI, Sentinel-5P/TROPOMI, MODIS, Landsat, Sentinel-2, MERRA-2.

Kirish. Hozirgi davrda atmosfera havosining ifloslanishi,

iqlim o‘zgarishi, antropogen bosimning ortishi hamda tabiiy resurslardan intensiv foydalanish ekologik monitoring tizimlarini takomillashtirish zaruratini kuchaytirmoqda. Ekologik jarayonlarning fazoviy va vaqt bo‘yicha dinamikasini tezkor hamda yuqori aniqlikda baholashda masofadan zondlash texnologiyalari muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi. Sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari katta hududlarni muntazam kuzatish, atmosfera tarkibini monitoring qilish, yer qoplami o‘zgarishlarini aniqlash hamda ekologik xavf darajasini baholash imkonini beradi.

So‘nggi yillarda NASA va ESA tomonidan ishlab chiqilgan Aura/OMI, Sentinel-5P/TROPOMI, MODIS, Landsat va Sentinel-2 kabi sun’iy yo‘ldosh tizimlari ekologik monitoring sohasida keng qo‘llanilmoqda. Ushbu tizimlar yordamida azot dioksidi (NO_2), oltingugurt dioksidi (SO_2), karbon monoksid (CO), aerozollar va boshqa atmosfera komponentlarining fazoviy taqsimoti yuqori aniqlikda aniqlanmoqda. Shu bilan birga, masofadan zondlash ma’lumotlarini geografik axborot tizimlari bilan integratsiyalash ekologik jarayonlarni kompleks tahlil qilish, fazoviy modellar yaratish va ekologik holatni kartografik jihatdan ifodalash imkoniyatlarini kengaytirmoqda.

Geografik axborot tizimlari ekologik monitoring ma’lumotlarini yig‘ish, saqlash, qayta ishlash va vizualizatsiya qilishning samarali vositasi hisoblanadi. GAT texnologiyalari asosida ko‘p qatlamli tahlil, fazoviy statistika, interpolyatsiya va trend tahlili kabi usullarni qo‘llash ekologik jarayonlarning hududiy xususiyatlarini chuqur tahlil qilish imkonini beradi. Ayniqsa, masofadan zondlash ma’lumotlarini kartografik modellashtirish jarayoniga integratsiyalash ekologik monitoring natijalarining aniqligi va ishonchliligini oshirishda muhim metodologik asos bo‘lib xizmat qiladi.

Ekologik jarayonlarni, xususan atmosfera tarkibini masofadan zondlash maqsadida bir qancha sun’iy yo‘ldosh tizimlari va ularga o‘rnatilgan maxsus sensorlar ishlab chiqilgan.

Aura/OMI (Ozone Monitoring Instrument). NASA tomonidan 2004-yilda orbitaga chiqarilgan. Aura sun’iy yo‘ldoshi tarkibidagi OMI sensori troposferadagi NO_2, SO_2, O_3, HCHO va aerozollarni o‘lchash uchun mo‘ljallangan. OMI ning nadir yaqinidagi fazoviy aniqligi 13×24 km ni tashkil etadi. Levelt P.F. va hamkasblari (2006, 2018) OMI sensorining texnik xususiyatlari va ilmiy imkoniyatlarini batafsil tavsiflashgan [1, 2].

Sentinel-5P/TROPOMI (TROPOspheric Monitoring Instrument). Yevropa Kosmik Agentligi (ESA) tomonidan 2017-yil 13-oktyabrda orbitaga chiqarilgan Sentinel-5P sun’iy yo‘ldoshi tarkibidagi TROPOMI sensori OMI ning davomchisi sifatida yaratilgan bo‘lib, fazoviy aniqligi sezilarli darajada oshirilgan. 2019-yildan boshlab 3.5×5.5 km ga yetkazilgan. Veefkind J.P. va boshqalar (2012) TROPOMI loyihasining ilmiy asoslarini tavsiflashgan [3]. TROPOMI NO_2, SO_2, CO, O_3, HCHO (formaldegid), CH_4 va aerozol indeksini o‘lchash imkoniyatiga ega.

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). NASA ning Terra (1999) va Aqua (2002) sun’iy yo‘ldoshlari tarkibidagi MODIS sensori atmosferadagi aerozol optik qalinligini (AOD) o‘lchashda keng qo‘llaniladi. Boys B.L. va hamkasblari (2014) MODIS AOD ma’lumotlarini PM2.5 konsentratsiyasiga qayta

hisoblash metodologiyasini taklif etishgan [4].

Landsat (Land Satellite). NASA va USGS tomonidan birgalikda amalga oshirilayotgan Landsat dasturi 1972-yildan buyon uzluksiz ravishda Yer yuzasini kuzatib kelmoqda va yer masofadan zondlashning eng uzoq muddatli ma'lumotlar bazasini tashkil etadi. Hozirda faol ishlayotgan Landsat 8 (2013) va Landsat 9 (2021) sun'iy yo'ldoshlari OLI (Operational Land Imager) va TIRS (Thermal Infrared Sensor) sensorlari bilan jihozlangan bo'lib, 30 metrlik fazoviy aniqlikda multispektral tasvirlar oladi. Landsat ma'lumotlari o'simlik qoplami, yer qoplami o'zgarishi, suv resurslari va ekologik monitoring kabi sohalarda keng qo'llaniladi.

Sentinel-2 (ESA). Yevropa Kosmik Agentligining Copernicus dasturi doirasida ishlab chiqilgan Sentinel-2 sun'iy yo'ldoshi 13 spektral bandda tasvirlar oladi: to'rtta bandi 10 metr, oltita bandi 20 metr va uchtasi 60 metr fazoviy aniqlikda ishlaydi. Ushbu ko'p o'lchamli aniqlik tizimi turli masalalar uchun moslashtirilgan ma'lumotlar olish imkonini beradi - yuqori aniqlikdagi bandlar (10 m) yer qoplami va o'simlik holatini, o'rta aniqlikdagi bandlar (20 m) o'simlikning spektral xususiyatlarini, past aniqlikdagi bandlar (60 m) esa atmosfera tuzatishi va bulut aniqlashni ta'minlaydi. Sentinel-2 yer qoplami o'zgarishi, o'simlik holati hamda suv resurslarini kuzatishda keng qo'llaniladi. Ikki sun'iy yo'ldosh (Sentinel-2A va Sentinel-2B) bir xil orbitada 180° fazoviy siljish bilan birgalikda har 5 kunda global qamrovni ta'minlaydi. Drusch M. va boshqalar (2012) Sentinel-2 loyihasining ilmiy asoslarini to'laligicha yoritib berishgan [5].

MERRA-2 (Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2). NASA tomonidan ishlab chiqilgan MERRA-2 atmosferaning retrospektiv reanaliz ma'lumotlar tizimi bo'lib, unda sun'iy yo'ldosh kuzatuvlari, yer usti o'lchov ma'lumotlari va atmosfera modellari birlashtirilgan. Gelaro R. va boshqalar (2017) MERRA-2 tizimining ilmiy asoslarini batafsil tavsiflashgan [6]. Provencal S. va hamkasblari (2017) MERRA-2 aerozol ma'lumotlarini yer usti kuzatuvlari bilan tasdiqlash bo'yicha tadqiqotlar o'tkazishgan [7].

Masofadan zondlash ma'lumotlarini ekologik jarayonlarni kartografik modellashtirish jarayoniga integratsiyalash bir nechta o'zaro bog'liq bosqichlardan iborat bo'lib, ushbu bosqichlarning izchil bajarilishi modellashtirish natijalarining aniqligi va ishonchliligini ta'minlaydi.

Birinchi bosqich - ma'lumotlarni oldindan qayta ishlash bosqichi hisoblanadi. Ushbu bosqichda dastlabki sun'iy yo'ldosh ma'lumotlarining sifatini yaxshilash va ularni tahlilga tayyorlash amalga oshiriladi. Bunda radiometrik kalibrlash orqali sensor signallari fizik kattaliklarga o'tkaziladi, geometrik tuzatish yordamida ma'lumotlarning fazoviy mosligi ta'minlanadi, atmosferik tuzatish orqali atmosfera ta'siri bartaraf etiladi hamda sifat nazorati jarayonida bulutli piksellar va shovqinli ma'lumotlar filtrlanadi.

Ikkinchi bosqich - vaqt bo'yicha agregatsiya jarayoni bo'lib, unda turli vaqt kesimidagi ma'lumotlar umumlashtiriladi. Ushbu bosqichda kunlik ma'lumotlardan oylik o'rtacha qiymatlar, oylik ma'lumotlardan fasliy o'rtacha qiymatlar va fasliy ma'lumotlardan yillik o'rtacha qiymatlar hosil qilinadi. Bu esa ekologik jarayonlarning vaqt bo'yicha dinamikasini aniqlash imkonini beradi.

Uchinchi bosqich - fazoviy interpolyatsiya va qayta ishlash bosqichi hisoblanadi. Mazkur bosqichda nuqtaviy yoki past rezolyutsiyali ma'lumotlar asosida uzluksiz fazoviy yuzalar hosil qilinadi. Bunda kriging, IDW (Inverse Distance Weighting) va spline kabi geostatistik usullar qo'llaniladi. Shuningdek, turli fazoviy aniqlikka ega ma'lumotlarni o'zaro moslashtirish va integratsiyalash ham ushbu bosqichda amalga oshiriladi.

To'rtinchi bosqich - geografik axborot tizimlari asosida integratsiyalash va kartografik modellashtirish jarayonidir. Bu bosqichda turli manbalardan olingan ma'lumotlar yagona GAT muhitida birlashtirilib, ko'p qatlamli tahlil (overlay analysis), fazoviy statistika (zonal statistics) va trend tahlili kabi usullar yordamida ekologik jarayonlarning fazoviy xususiyatlari aniqlanadi.

Beshinchi bosqich - validatsiya va aniqlikni baholash jarayonidir. Ushbu bosqichda modellashtirish natijalari yer usti kuzatuv ma'lumotlari bilan solishtirilib, ularning aniqlik darajasi statistik ko'rsatkichlar asosida baholanadi. Jumladan, determinatsiya koeffitsiyenti (R^2), o'rtacha kvadratik xatolik (RMSE), o'rtacha mutlaq xatolik (MAE), o'rtacha sistematik og'ish (MBE) hamda Willmott d-indeksi kabi mezonlardan foydalaniladi.

Oltinchi bosqich - kartografik vizualizatsiya bosqichi bo'lib, unda olingan natijalar tematik ekologik xaritalar ko'rinishida ifodalanadi. Bu jarayonda rang shkalasi va legenda tizimi ishlab chiqilib, ma'lumotlarning tushunarli va aniq aks ettirilishi ta'minlanadi. Shuningdek, vaqt bo'yicha o'zgarishlarni aks ettiruvchi dinamik vizualizatsiya usullaridan foydalanish ekologik jarayonlarning evolyutsiyasini chuqur tahlil qilish imkonini beradi.

Masofadan zondlash ma'lumotlarini kartografik modellashtirish jarayoniga bosqichma-bosqich integratsiyalash ekologik jarayonlarni kompleks baholash, ularning fazoviy-vaqtinchalik xususiyatlarini aniqlash hamda ilmiy asoslangan natijalarga erishishda muhim metodologik asos bo'lib xizmat qiladi.

Xulosa. Mazkur tadqiqotda ekologik monitoringda masofadan zondlash ma'lumotlari va GAT asosida kartografik modellashtirishning ilmiy-uslubiy jihatlari tahlil qilindi. Tadqiqotda Aura/OMI, Sentinel-5P/TROPOMI, MODIS, Landsat, Sentinel-2 hamda MERRA-2 kabi sun'iy yo'ldosh tizimlarining ekologik monitoringdagi imkoniyatlari yoritildi. Shuningdek, masofadan zondlash ma'lumotlarini qayta ishlash, fazoviy interpolyatsiya, GAT muhitida integratsiyalash, validatsiya va kartografik vizualizatsiya bosqichlari ko'rib chiqildi. Ushbu bosqichlarning izchil amalga oshirilishi ekologik jarayonlarni aniq va ishonchli baholash imkonini berishi aniqlandi. Tadqiqot natijalari masofadan zondlash ma'lumotlari va GAT texnologiyalaridan kompleks foydalanish ekologik monitoring tizimini takomillashtirish, ekologik holatni baholash hamda tematik ekologik xaritalarni yaratishda muhim ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatdi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Levelt, P.F., van den Oord, G.H.J., Dobber, M.R., Mälkki, A., Visser, H., de Vries, J., Stammes, P., Lundell, J.O.V., & Saari, H. (2006). The Ozone Monitoring Instrument. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 44(5), 1093–1101.

https://doi.org/10.1109/TGRS.2006.872333

2. Levelt, P.F., Joiner, J., Tamminen, J., Veefkind, J.P., Bhartia, P.K., Stein Zweers, D.C., Duncan, B.N., Streets, D.G., Eskes, H., van der A, R., McLinden, C., Fioletov, V., Carn, S., de Laat, J., DeLand, M., Marchenko, S., McPeters, R., Ziemke, J., Fu, D., ... Wargan, K. (2018). The Ozone Monitoring Instrument: overview of 14 years in space. Atmospheric Chemistry and Physics, 18(8), 5699–5745. https://doi.org/10.5194/acp-18-5699-2018

3. Veefkind, J.P., Aben, I., McMullan, K., Förster, H., de Vries, J., Otter, G., Claas, J., Eskes, H.J., de Haan, J.F., Kleipool, Q., van Weele, M., Hasekamp, O., Hoogeveen, R., Landgraf, J., Snel, R., Tol, P., Ingmann, P., Voors, R., Kruizinga, B., ... Levelt, P.F. (2012). TROPOMI on the ESA Sentinel-5 Precursor: A GMES mission for global observations of the atmospheric composition for climate, air quality and ozone layer applications. Remote Sensing of Environment, 120, 70–83. https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.09.027

4. Boys, B.L., Martin, R.V., van Donkelaar, A., MacDonell, R.J., Hsu, N.C., Cooper, M.J., Yantosca, R.M., Lu, Z., Streets, D.G., Zhang, Q., & Wang, S.W. (2014). Fifteen-year global time series of satellite-derived fine particulate matter. Environmental Science & Technology, 48(19), 11109–11118. https://doi.org/10.1021/es502113p

5. Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., Hoersch, B., Isola, C., Laberinti, P., Martimort, P., Meygret, A., Spoto, F., Sy, O., Marchese, F., & Bargellini, P. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. Remote Sensing of Environment, 120, 25–36. https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026

6. Gelaro, R., McCarty, W., Suárez, M.J., Todling, R., Molod, A., Takacs, L., Randles, C.A., Darmenov, A., Bosilovich, M.G., Reichle, R., Wargan, K., Coy, L., Cullather, R., Draper, C., Akella, S., Buchard, V., Conaty, A., da Silva, A.M., Gu, W., ... Zhao, B. (2017). The Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2). Journal of Climate, 30(14), 5419–5454. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0758.1

7. Provencal, S., Buchard, V., da Silva, A.M., Leduc, R., & Barrette, N. (2017). Evaluation of PM surface concentrations simulated by Version 1 of NASA's MERRA Aerosol Reanalysis over Europe. Atmospheric Pollution Research, 8(2), 374–382. https://doi.org/10.1016/j.apr.2016.10.009

8. Singh, A., & Bhadauria, S.S. (2024). Integration of remote sensing and GIS for environmental assessment. *Environmental Reports: An International Journal*, 6(1), 35–40. https://doi.org/10.51470/ER.2024.6.1.35

9. Kofidou, M. (2024). Involvement of remote sensing and GIS in sustainable groundwater monitoring: An overview. *JSM Environmental Science & Ecology*, 12(2), 1097. https://www.jscimedcentral.com/journal-article-info/JSM-Environmental-Science-and-Ecology

10. Dashti Latif, S., Sherif, M., & Ewea, H. (2024). Recent developments in satellite remote sensing for air pollution surveillance in support of sustainable development goals. *Remote Sensing*, 16(16), 2932. https://doi.org/10.3390/rs16162932

*UDK: 504.73:630*116.14:004(575.123)*

ANALYSIS OF THE IMPACT OF VEGETATION DYNAMICS AND PRECIPITATION VARIABILITY USING NDVI IN THE POP DISTRICT OF UZBEKISTAN (2020–2024)

Khakimov Alyorbek *– "TIIAME" NRU, 1st year master's student*

Abstract *This study uses precipitation data from the CHIRPS dataset with Sentinel-2 MSI images to examine vegetation dynamics and precipitation variations in Pop district from 2020 to 2024. The study's objective is to evaluate the effects of precipitation variability on vegetation conditions in a semi-arid agricultural setting as well as changes in plant cover across time and space. The Google Earth Engine platform was used to analyze surface reflectance images (Level-2A). Using Sentinel-2 data, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was computed to track vegetation conditions during the growth season (May–August). For the years 2020–2024, annual NDVI composites, vegetation area estimate, and NDVI change detection studies were carried out. CHIRPS rainfall data was used to investigate precipitation variability. The findings showed that vegetation conditions varied significantly over time. Over the course of the investigation, the average NDVI values varied from around 0.219 to 0.258. 2023 had the lowest levels of vegetation activity and extent, while 2024 had the greatest levels of vegetation covering due to higher precipitation levels. The area covered by vegetation changed from around 111,557 hectares in 2023 to 164,431 ha in 2024. According to spatial analysis, deterioration took place in semi-arid and poorly vegetated areas, whereas vegetation restoration was mostly centered in irrigated agricultural lands. The results show that the study area's vegetation dynamics and precipitation variability are strongly positively correlated. The usefulness of Sentinel-2 images and cloud-based geospatial analysis for tracking vegetation changes in semi-arid agricultural settings is demonstrated in this work. The findings can help with agricultural planning under shifting climate circumstances, drought assessment, and sustainable land management.*

Keywords: *NDVI, Sentinel-2, vegetation dynamics, precipitation variability, Google Earth Engine, remote sensing, Pop District, CHIRPS.*

Аннотация. *В данном исследовании используются данные об осадках из набора данных CHIRPS в сочетании с изображениями Sentinel-2 MSI для изучения динамики растительности и изменений осадков в районе Поп в период с 2020 по 2024 год. Цель исследования — оценить влияние изменчивости осадков на состояние растительности в полузасушливой сельскохозяйственной местности, а также изменения растительного покрова во времени и пространстве. Для анализа изображений поверхностного отражения (уровень 2A) использовалась платформа Google Earth Engine. С помощью данных*

Sentinel-2 был рассчитан нормализованный разностный индекс растительности (NDVI) для отслеживания состояния растительности в течение вегетационного периода (май–август). За 2020–2024 годы были проведены исследования по построению годовых композитов NDVI, оценке площади растительности и выявлению изменений NDVI. Данные об осадках CHIRPS использовались для исследования изменчивости осадков. Результаты показали, что состояние растительности значительно менялось со временем. В ходе исследования средние значения NDVI варьировались от примерно 0,219 до 0,258. В 2023 году наблюдался самый низкий уровень активности и площади растительности, в то время как в 2024 году — самый высокий уровень растительного покрова благодаря более высоким уровням осадков. Площадь, покрытая растительностью, изменилась с примерно 111 557 гектаров в 2023 году до 164 431 га в 2024 году. Согласно пространственному анализу, деградация происходила в полузасушливых и слабо заросших растительностью районах, тогда как восстановление растительности было в основном сосредоточено на орошаемых сельскохозяйственных землях. Результаты показывают, что динамика растительности и изменчивость осадков в исследуемой области сильно положительно коррелируют. В данной работе демонстрируется полезность изображений Sentinel-2 и облачного геопространственного анализа для отслеживания изменений растительности в полузасушливых сельскохозяйственных районах. Полученные результаты могут помочь в планировании сельского хозяйства в условиях меняющегося климата, оценке засухи и устойчивом управлении земельными ресурсами.

Ключевые слова: *NDVI, Sentinel-2, динамика растительности, изменчивость осадков, Google Earth Engine, дистанционное зондирование, Pop District, CHIRPS.*

Introduction Drought is a major threat to agricultural production, particularly in rainfed agriculture[1]. Plants are essential for water and carbon storage and are essential for the functioning of ecosystems. However, these ecosystems are being negatively affected by human activities and climate change, leading to ecological impacts and plant declines[2]. As a result, plant dynamics require knowledge of human-induced changes in the environment and climate. Developing methods for restoring vegetation and conserving soil and water requires an understanding of plant cover dynamics and their determinants[3]. Satellite remote sensing allows for the observation of the spatial and temporal distribution and changes of plant cover regions on a large scale and over long time scales, due to the rapid development of various remote sensing data[4]. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), which measures the difference between near-infrared (NIR) and red (Red) light to determine plant growth, is one of these indices that is widely used to quantitatively study plant cover[5]. High-resolution monitoring of plant dynamics has become possible thanks to recent advances in satellite technology, especially Sentinel-2. Sentinel-2

provides extensive data with spatial resolutions of up to 10 m, suitable for a variety of agricultural landscapes. In addition, large-scale satellite data can be efficiently processed thanks to cloud-based systems such as Google Earth Engine. Despite the many studies on plant monitoring, there is little research on the combined study of NDVI and precipitation variability in the Pop district. Therefore, the aim of this study is to use Sentinel-2 NDVI data to study vegetation dynamics and assess how precipitation variability will affect vegetation change between 2020 and 2024.

Study Area Pop district is located in the eastern part of Uzbekistan, in the Fergana Valley, and is administratively part of Namangan region. The district represents an important agricultural area characterized by high population density and intensive land use. The relief of the study area is diverse. The northern part is influenced by the foothills of the Chatkal mountain range, while the southern part consists mainly of flat irrigated agricultural lands. This variation in topography is associated with the distribution of vegetation and land use patterns. The region has a sharply continental climate, with hot and dry summers and relatively cold winters. The average annual precipitation is from 250 to 350 mm, most of which falls in the winter and spring seasons. Such climatic conditions have a significant impact on plant growth and agricultural productivity.

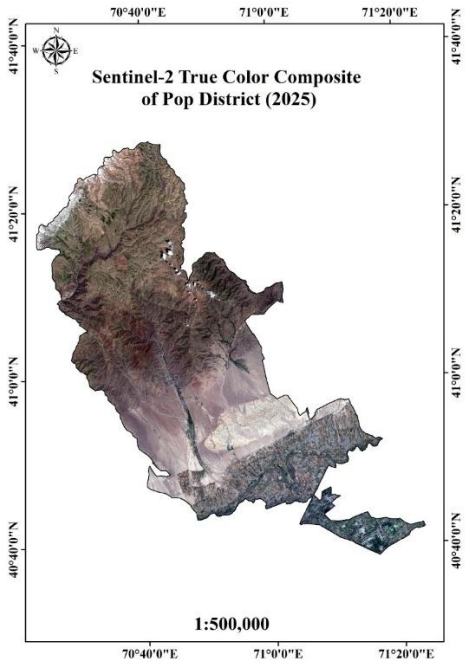


Figure 1. Study area map of Pop District derived from Sentinel-2 true color composite imagery (RGB: Band 4, 3, 2).

The natural vegetation of the region is dominated by steppe and semi-arid vegetation, including shrubs and foothills. The soils are mainly fertile gray soils, which provide favorable conditions for agricultural activities. According to official land use statistics (as of January 1, 2025), the total area of the district is approximately 290,968 hectares. Agricultural land occupies approximately 150,824 hectares, and forest land approximately 16,524 hectares. Other land categories, such as industry, transportation, and unused land, make up a large part of the area. A large part of the district is used for irrigated agriculture, with the main crops being cotton, wheat, and horticultural products. This land use structure highlights the strong dependence of vegetation dynamics on irrigation practices, climate variability, and land management strategies. This is because most of the region is mountainous and precipitation affects vegetation cover.

Data This study uses multispectral satellite imagery from Sentinel-2 MSI to analyze vegetation dynamics in Pop district. Sentinel-2 provides high-resolution optical data with spatial resolution up to 10 m in the visible and near-infrared bands, making it suitable for detailed vegetation monitoring. Surface reflectance data (Level 2A) were accessed and processed using the Google Earth Engine environment. The images were filtered based on cloud cover (<10%) and composited by growing season (May–August) to minimize atmospheric effects and ensure consistency in vegetation analysis. In addition to satellite imagery, precipitation data were obtained from the CHIRPS dataset, which provides high-resolution gridded precipitation data. These data were used to assess the relationship between vegetation dynamics and precipitation variability over the study period (2020–2024). Administrative boundary data for the study area were extracted from open source geospatial datasets and used to define a region of interest (ROI). All datasets were processed in the WGS 84 coordinate system (UTM Zone 42N) with a spatial resolution of 10 m for satellite images and 5 km for precipitation data.

Method. The purpose of this study is to examine Pop District's vegetation dynamics and how they relate to precipitation variability between 2020 and 2024. Preprocessing satellite data, NDVI computation, temporal analysis, vegetation change detection, and precipitation evaluation comprise the procedure.

Vegetation indices were derived from Sentinel-2 MSI multispectral data. Google Earth Engine was used to obtain and process Level-2A surface reflectance data.

Pictures were filtered using:Research region (ROI)

Time frame: 2020–2024

May through August is the vegetation season.

Cloud coverage: less than 10%

For every year, median composites were created to guarantee temporal consistency and minimize atmospheric noise. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was used to assess the state of the vegetation:

$$NDVI \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad [6]$$

where: Band 8 is NIR; Band 4 is RED.

Pixel values were converted to reflectance using a scaling factor of 0.0001. Denser vegetation is indicated by higher NDVI values, which range from −1 to 1.

For every year from 2020 to 2024, annual NDVI composites were produced. Spatial reduction techniques were used to get mean NDVI values for the research region. To find vegetation patterns, a time-series analysis was carried out, and line charts were used to display the findings.

NDVI differencing was used to quantify the change in vegetation:

NDVIchange=NDVI2024−NDVI2020

The resulting change map was classified into three categories:

Degradation (NDVI < −0.1) Stable (−0.1 to 0.1) Improvement (NDVI > 0.1)

This method made it possible to identify vegetation dynamics spatially.

Precipitation data were obtained from the CHIRPS dataset.

Daily rainfall data were: Filtered for the study area Aggregated for May–August Summed annually (2020–2024) Precipitation trends were analyzed and compared with NDVI time-series data.

Vegetation extent was calculated using a threshold-based method:

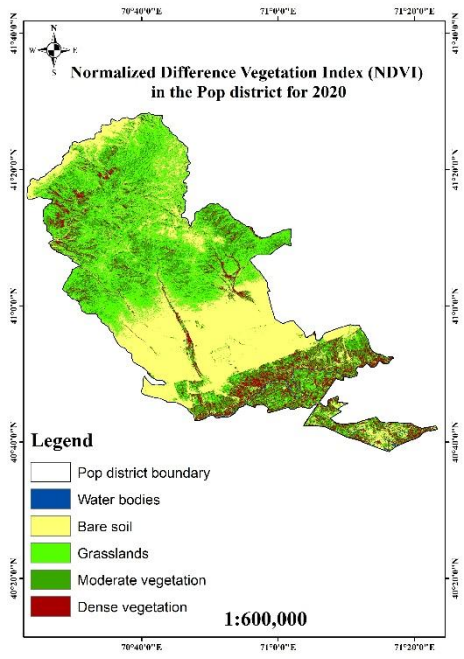
NDVI > 0.2 → Vegetation Binary masks were created, and total vegetation area was computed using pixel area statistics. Results were converted into square kilometers (km^2).

Final maps were prepared using ArcGIS version 10.8. The processed raster datasets, including NDVI maps, vegetation change maps, and precipitation layers exported from Google Earth Engine, were imported into the GIS environment for cartographic visualization.

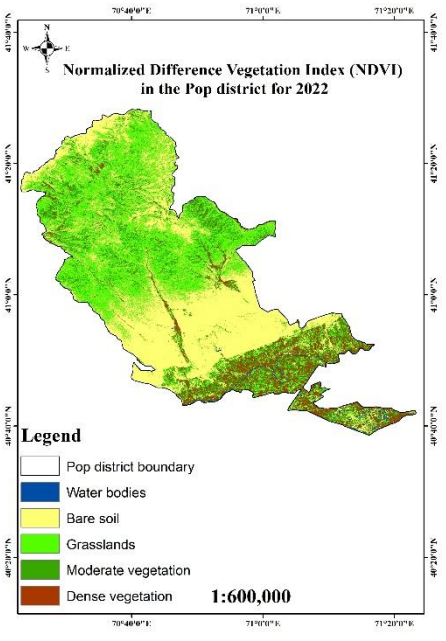
Results. A temporal analysis of the Normalized Difference Vegetation Index showed significant annual variability in vegetation conditions across Pop district during 2020–2024. The mean NDVI values ranged between 0.219 and 0.258, indicating changes in vegetation density and productivity over time.

The NDVI value decreased slightly from 0.236 in 2020 to 0.227 in 2021. A moderate increase was observed in 2022 (0.241), while the lowest vegetation condition was recorded in 2023, with a mean NDVI value of approximately 0.219. Conversely, the highest NDVI value was recorded in 2024 (0.258), reflecting improved vegetation conditions and denser vegetation cover.

These temporal fluctuations indicate that vegetation dynamics in the study area are strongly influenced by climatic conditions, particularly precipitation variability and the availability of irrigation.



a)



b)

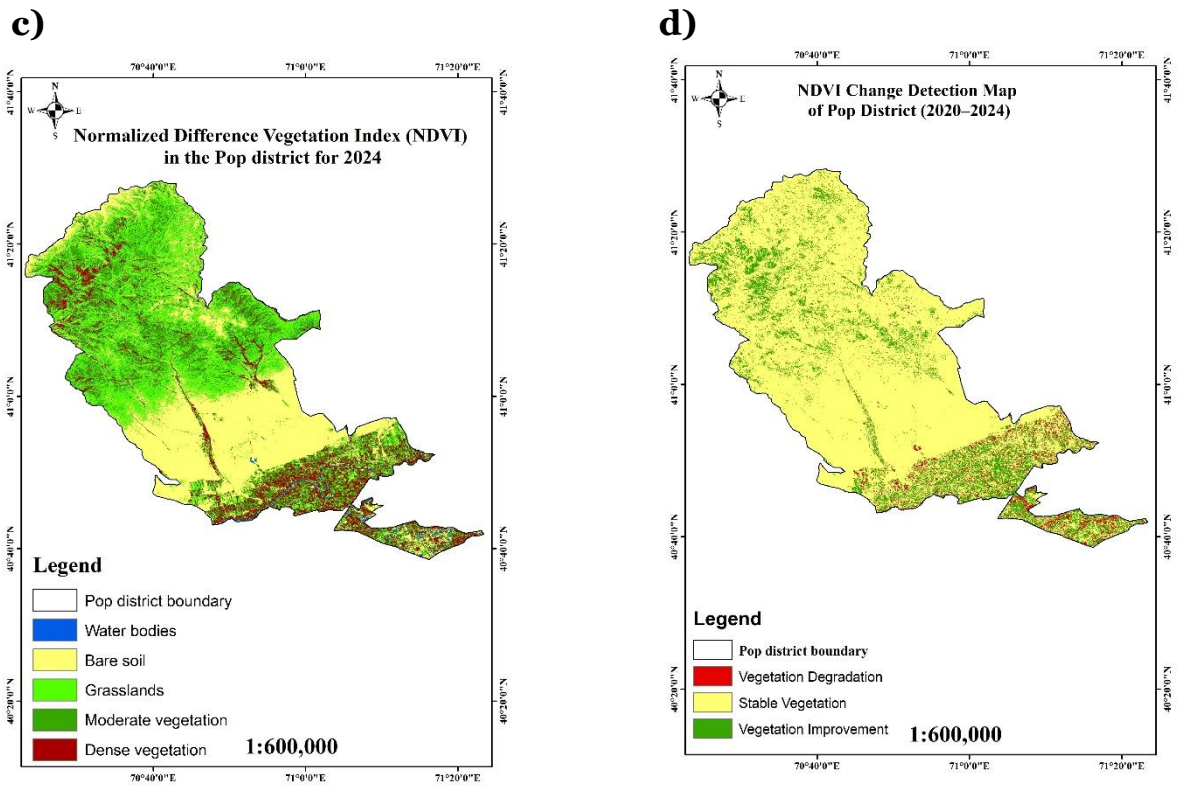
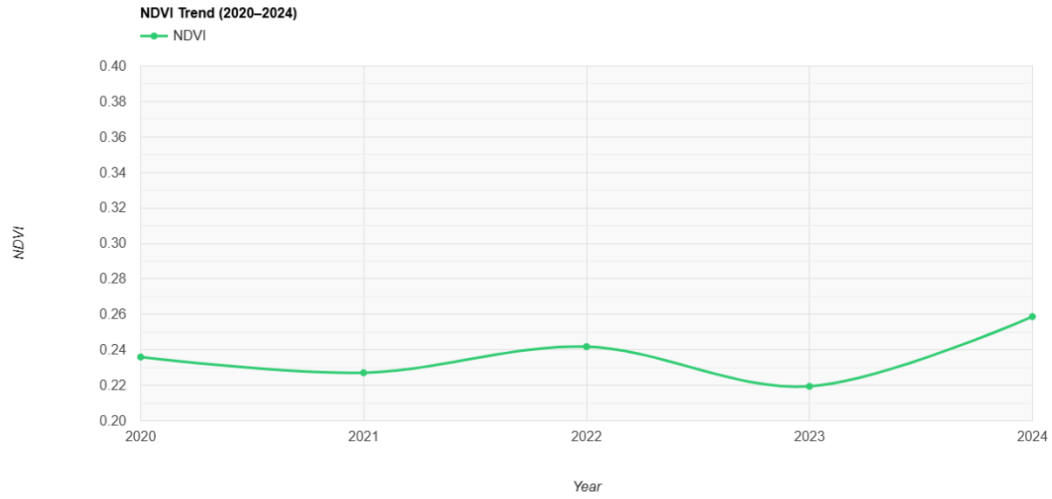


Figure 2. Spatial distribution of Normalized Difference Vegetation Index in Pop District for (a) 2020, (b) 2022, and (c) 2024, derived from Sentinel-2 MSI imagery. (d) NDVI change detection map between 2020 and 2024 showing vegetation degradation, stable vegetation, and vegetation improvement.

The estimated vegetation area in Pop District varied considerably during the study period. The vegetation extent was approximately 155,838 ha in 2020, decreasing to 141,367 ha in 2021 and 111,557 ha in 2023. In contrast, the maximum vegetation coverage was observed in 2024, reaching approximately 164,431 ha.Precipitation analysis based on the CHIRPS dataset revealed significant annual fluctuations between 2020 and 2024.The highest precipitation amount was recorded in 2024 (approximately 66 mm), while the lowest precipitation occurred in 2023 (approximately 46 mm). Moderate precipitation levels were observed during 2020 and 2022, whereas precipitation slightly decreased in 2021.The temporal pattern of precipitation closely matched NDVI variability, suggesting a strong relationship between rainfall conditions and vegetation productivity.Comparative analysis demonstrated a positive relationship between precipitation variability and vegetation dynamics in the study area.

a)



b)

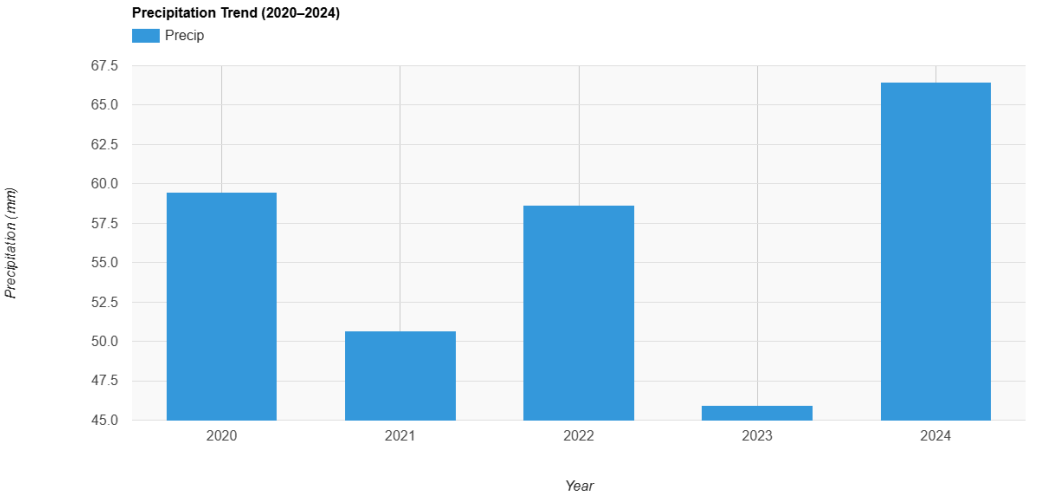


Figure 3. Temporal trends of vegetation dynamics and precipitation variability in Pop District during 2020–2024: (a) annual mean NDVI values derived from Sentinel-2 MSI imagery and (b) annual precipitation variability based on the CHIRPS dataset.

Years with higher precipitation generally corresponded to increased NDVI values and larger vegetation extent.For example, the low precipitation conditions observed in 2023 were associated with reduced NDVI values and the minimum vegetation area during the study period. In contrast, increased rainfall in 2024 resulted in improved vegetation density and expanded vegetation cover.These findings indicate that precipitation is one of the dominant environmental factors controlling vegetation dynamics in semi-arid agricultural landscapes such as Pop District.

Discussion The strong correlation observed between rainfall variability and NDVI dynamics indicates that vegetation in the study area is dependent on water availability and seasonal climatic conditions. In semi-arid and mountainous regions such as Pop district, reduced rainfall can lead to soil moisture stress, reduced photosynthetic activity, and vegetation degradation. Similar findings have been reported in previous remote sensing studies in arid

and semi-arid agricultural environments, where NDVI is strongly correlated with rainfall variability and irrigation conditions.

Furthermore, the observed increase in vegetation cover in 2024 suggests that improved rainfall conditions and irrigation availability can significantly increase crop productivity. These results demonstrate the importance of continuous satellite-based environmental monitoring for drought assessment, sustainable agricultural management, and climate adaptation planning.

Conclusion This study analyzed vegetation dynamics and precipitation variability in Pop district from 2020 to 2024 using Sentinel-2 MSI imagery and precipitation data from the CHIRPS dataset. The integration of satellite remote sensing and cloud-based geospatial analysis using Google Earth Engine enabled effective monitoring of temporal and spatial vegetation changes at high spatial resolution. The results showed significant fluctuations in Normalized Difference Vegetation Index values and vegetation extent during the study period. The lowest vegetation condition was observed in 2023, corresponding to a decrease in precipitation levels, while the highest vegetation activity and vegetation cover were recorded in 2024, when precipitation conditions improved. These findings indicate a strong positive relationship between precipitation variability and vegetation dynamics in the study area. Spatial analysis showed that vegetation improvement occurred mainly in irrigated agricultural lands, while vegetation degradation occurred mainly in semi-arid and sparsely vegetated areas. NDVI change detection analysis confirmed the patterns of vegetation improvement and degradation across the district between 2020 and 2024. The study highlights the effectiveness of Sentinel-2 imagery in monitoring vegetation dynamics in agricultural and semi-arid environments. The findings provide valuable information for drought assessment, irrigation management, sustainable agricultural planning, and environmental monitoring under a changing climate. While the study successfully identified vegetation trends, future studies should include additional environmental variables such as temperature, soil moisture, and land use change to improve understanding of ecosystem dynamics in the region. Overall, the integration of remote sensing techniques and geospatial analysis provides an effective approach for long-term vegetation monitoring and supports sustainable land management strategies in the Pop district.

Reference

[1] A. Al Bitar, S. Najem, L. Jarlan, M. Zribi, and G. Faour, “Precipitation and Soil Moisture Datasets Show Severe Droughts in the MENA Region,” Jan. 2021, doi: 10.21203/RS.3.RS-141859/V1.

[2] L. Li *et al.*, “Integrating landsat NDVI data with climate and anthropogenic factors reveals drivers of vegetation dynamics in the semi-arid Basin of Western China,” *Sci. Rep.*, vol. 15, no. 1, pp. 18831-, Dec. 2025, doi: 10.1038/S41598-025-02360-W;SUBJMETA.

[3] S. Piao, X. Wang, P. Ciais, B. Zhu, T. Wang, and J. Liu, “Changes in satellite-derived vegetation growth trend in temperate and boreal Eurasia from 1982 to 2006,” *Wiley Online LibraryS Piao, X Wang, P Ciais, B Zhu, TAO Wang, JIE LiuGlobal change*

biology, 2011•Wiley Online Library, vol. 17, no. 10, pp. 3228–3239, Oct. 2011, doi: 10.1111/J.1365-2486.2011.02419.X.

[4] S. G.-T. SENSING and undefined 1993, "NDVI—crop monitoring and early yield assessment of Burkina Faso," *Taylor & FrancisSME GrotenTitleREMOTE SENSING, 1993•Taylor & Francis*, vol. 14, no. 8, pp. 1495–1515, 1993, doi: 10.1080/01431169308953983.

[5] W. Liao, J. Guo, Q. Hasi, Y. Xu, J. Wang, and su Nari, "Analysis of Spatial and Temporal Variations of NDVI and its Influencing Factors During the Vegetation Growing Season from 1999 to 2019 in Inner Mongolia," *Pol. J. Environ. Stud*, vol. 35, no. 1, pp. 1229–1243, 2026, doi: 10.15244/pjoes/197459.

[6] C. Sáenz *et al.*, "New Insights on the Information Content of the Normalized Difference Vegetation Index Sentinel-2 Time Series for Assessing Vegetation Dynamics," *Remote Sens. (Basel).*, vol. 16, no. 16, p. 2980, Aug. 2024, doi: 10.3390/RS16162980/S1.

UDK. 528.8:633.2:581.5(575.1)

AMUDARYO DELTASINING QUYI QISMIDA YAYLOV VEGETATSIYASINI BAHOLASHDA NDVI–NDMI METODIKASINI TANLASH VA QO'LLASH NATIJALARI

Orazbayev Azizbek Rustem uli *- "TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti, Davlat kadastrlari kafedrasi assistenti*

Reymov Polat Rasbergenovich *- Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti, Geodeziya, kartografiya va tabiiy resurslar kafedrasi professori, g.f.d*

Oralbayev Baxitjan Orintayevich *- "TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti, Geodeziya va geoinformatika kafedrasi doktoranti*

Annotatsiya. *Maqolada Amudaryo deltasining quyi qismida yaylov vegetatsiyasi va namlik holatini baholash uchun masofadan zondlash hamda GISga asoslangan metodik yondashuv tanlandi va sinovdan o'tkazildi. NDVI o'simlik qoplami zichligini, NDMI esa namlik stressini aniqlovchi indikator sifatida qo'llanildi. Sentinel-2 ma'lumotlari asosida 2018, 2021 va 2024-yillar bo'yicha vegetatsiya sinflari ajratilib, ularning maydon o'zgarishlari tahlil qilindi. Natijalar 2021-yilda vegetatsiya holati zaiflashganini, 2024-yilda esa ayrim sinflarda qisman tiklanish kuzatilganini ko'rsatdi. Tanlangan metodika yaylov monitoringi va degradatsiya xavfi yuqori hududlarni aniqlashda amaliy ahamiyatga ega.*

Kalit so'zlar: *Amudaryo deltasi, yaylov, NDVI, NDMI, Sentinel-2, GIS, masofadan zondlash, namlik stressi.*

Аннотация. *В статье апробирована методика оценки пастбищной растительности и влажностного состояния нижней части дельты Амударьи на основе данных дистанционного зондирования и ГИС. Индекс NDVI использован для оценки плотности растительного покрова, NDMI — для определения влажностного стресса. По данным Sentinel-2 за 2018, 2021 и 2024 годы выделены классы растительности и проанализированы изменения их*

площадей. Результаты показали ухудшение состояния растительности в 2021 году и частичное восстановление отдельных классов в 2024 году.

Ключевые слова: *дельта Амударьи, пастбища, NDVI, NDMI, Sentinel-2, ГИС, дистанционное зондирование, влажностный стресс.*

Abstract. *The article tests a remote sensing and GIS-based methodology for assessing pasture vegetation and moisture conditions in the lower Amu Darya Delta. NDVI was used to assess vegetation density, while NDMI was applied to identify moisture stress. Based on Sentinel-2 data for 2018, 2021, and 2024, vegetation classes were mapped and their area changes were analyzed. The results indicate vegetation degradation in 2021 and partial recovery of some classes in 2024.*

Keywords: *Amu Darya Delta, pasture, NDVI, NDMI, Sentinel-2, GIS, remote sensing, moisture stress.*

Kirish. Qurg‘oqchil va yarim qurg‘oqchil hududlarda yaylov vegetatsiyasi tabiiy resurslardan oqilona foydalanish, ekologik monitoring va kadastr baholashning muhim indikatori hisoblanadi. Amudaryo deltasining quyi qismi Orolbo‘yi hududining ekologik jihatdan eng sezgir qismlaridan biri bo‘lib, bu yerda suv taqsimoti, tuproq sho‘rlanishi, deflyatsiya, quruq iqlim va antropogen bosim yaylov qoplamining holatiga bevosita ta’sir qiladi. Orol dengizi havzasi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar vegetatsiya dinamikasi iqlimiy omillar va inson faoliyatining birgalikdagi ta’siri ostida shakllanishini ko‘rsatadi [7], [8].

Masofadan zondlash ma’lumotlari katta hududlarda vegetatsiya holatini takroriy, solishtirma va fazoviy jihatdan aniq baholash imkonini beradi. NDVI qizil va yaqin infraqizil diapazonlar farqi asosida o‘simliklarning yashil biomassa va fotosintetik faolligini ifodalaydi [1], [2]. Biroq Amudaryo deltasining quyi qismida o‘simlik qoplami siyrak, tuproq fonining ta’siri kuchli va namlik tanqisligi yuqori bo‘lganligi sababli faqat NDVI bilan cheklanish ilmiy talqinda yetarli emas. Shu sababli NDMI ham qo‘llanib, vegetatsiya va yer yuzasining namlikka bog‘liq signali baholandi [3].

Mazkur maqolaning maqsadi Amudaryo deltasining quyi qismida yaylov vegetatsiyasi holatini baholash uchun mos metodikani tanlash, uni GIS muhitida qo‘llash va natijaviy sinfiy maydonlar orqali yaylov holatining o‘zgarishini ilmiy asoslashdan iborat. Asosiy e’tibor “metodika tanlash — metodikani qo‘llash — natijaga erishish” mantiqiy ketma-ketligiga qaratildi.

Materiallar va metodika. Tadqiqot hududi sifatida Amudaryo deltasining quyi qismi tanlandi. Hududning umumiy maydoni mualliflik GIS-chegarasi asosida 2 458 080,22 ga deb qabul qilindi. Bu chegaraviy qatlam tarixiy delta tushunchasi bilan birga hozirgi monitoring maqsadlariga moslashtirilgan bo‘lib, yaylov, yalang‘och va sho‘rlangan yerlar, namlikka bog‘liq landshaftlar hamda o‘simlik qoplami siyrak hududlarni qamrab oladi.

Metodika tanlashda uchta mezon asos qilindi. Birinchidan, tadqiqot hududi katta bo‘lgani uchun

keng qamrovli va takroriy kuzatuv beradigan Sentinel-2 MSI ma'lumotlari tanlandi; Sentinel-2 missiyasi ko'p spektrli kuzatuvlar orqali yer qoplami va vegetatsiya monitoringi uchun yuqori fazoviy imkoniyatga ega [5]. Ikkinchidan, vegetatsiya zichligini baholash uchun NDVI tanlandi, chunki u yaylov vegetatsiyasi holatini tezkor aniqlashda keng qo'llanadi [2], [9]. Uchinchidan, qurg'oqchil delta sharoitida namlik tanqisligi muhim omil bo'lgani sababli NDMI qo'shimcha indikator sifatida qo'llanildi [3].

1-jadval. Tadqiqotda metodika tanlash mantiqi

Muammo	Tanlangan metod	Ilmiy asos	Kutilgan natija
Vegetatsiya qoplami siyrak va notekis	NDVI	Yashil biomassa va fotosintetik faollikni ifodalaydi	Vegetatsiya sinflarini ajratish
Namlik stressi kuchli	NDMI	NIR va SWIR signali orqali namlik holatini ko'rsatadi	Quruqlik/namsizlik xavfini talqin qilish
Hudud juda katta	Sentinel-2 va GIS	10 m fazoviy aniqlik va fazoviy hisoblash imkoniyati	Maydon va ulushlarni hisoblash
Kadastr monitoringi uchun sonli natija zarur	Piksel maydoni bo'yicha hisob	1 piksel = 100 m² = 0,01 ga	Sinf maydoni va foizini aniqlash

NDVI quyidagi formula bo'yicha hisoblandi:

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red).$$

Sentinel-2 ma'lumotlarida NIR sifatida B8, Red sifatida B4 kanali ishlatildi.

NDMI esa

$$NDMI=(NIR-SWIR)/(NIR+SWIR)$$

formulasi asosida hisoblandi;

bunda SWIR sifatida B11 kanali tanlandi. NDVI qiymatlari <0,00; 0,00–0,10; 0,10–0,20; 0,20–0,35 va >0,35 sinflarga ajratildi. Ushbu oraliqlar quyi delta sharoitidagi suv/vegetatsiyasiz maydon, yalang'och-sho'rlangan yer, juda siyrak, siyrak va o'rtacha vegetatsiya holatlarini farqlash imkonini berdi.

Sinf maydoni

$$A = N \times S$$

formulasi orqali hisoblandi. Bu yerda A — sinf maydoni, N — sinfga kiruvchi piksellar soni, S — bitta piksel maydoni. Sentinel-2 10 m tasvirlari uchun S = 0,01 ga deb qabul qilindi. Ulush esa U = A / Aumumiy × 100 formula orqali aniqlanib, umumiy maydon 2 458 080,22 ga ga nisbatan hisoblandi. Hisoblash va vizualizatsiya ishlari Google Earth Engine hamda ArcGIS Pro muhitida bajarildi [6].

Natijalar va muhokama. Tanlangan metodika qo'llanganda quyi Amudaryo deltasi yaylovlarida vegetatsiya holati barcha kuzatuv bosqichlarida bir xil emasligi aniqlandi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, hududning katta qismi yalang'och yoki sho'rlangan yerlar hamda juda siyrak vegetatsiya sinflari bilan ifodalangan.

Bu holat Orolbo‘yi mintaqasi uchun xos bo‘lgan suv tanqisligi, tuproq sho‘rlanishi va arid iqlim sharoitlari bilan mos keladi [7], [8], [12].

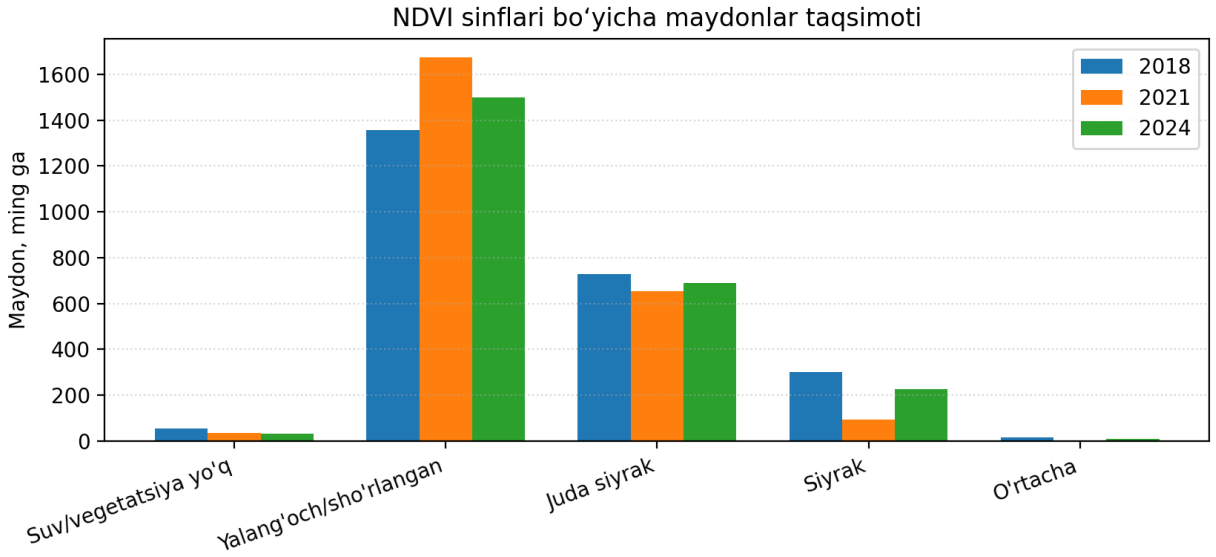
2-jadval. NDVI sinflari bo‘yicha maydon va ulushlarning taqsimlanishi

NDVI sinfi	Talqin	2018, ga	2018, %	2021, ga	2021, %	2024, ga	2024, %
< 0,00	Suv/vegetatsiya yo‘q	56 096.59	2.28	35 632.39	1.45	31 377.82	1.28
0,00–0,10	Yalang‘och tuproq, sho‘rxok, qum	1 357 879.54	55.24	1 672 030.03	68.02	1 499 869.48	61.02
0,10–0,20	Juda siyrak o‘simlik	729 085.54	29.66	654 669.49	26.63	689 314.00	28.04
0,20–0,35	Siyrak vegetatsiya	299 962.75	12.20	94 358.02	3.84	227 702.92	9.26
> 0,35	O‘rtacha vegetatsiya	15 055.78	0.61	1 390.27	0.06	9 815.98	0.40
Jami	—	**2 458 080.22**	**100,00**	**2 458 080.22**	**100,00**	**2 458 080.22**	**100,00**

2018-yilda yalang‘och tuproq, sho‘rxok va qum sinfi 1 357 879,54 ga yoki 55,24 % ni tashkil etdi. Juda siyrak vegetatsiya maydoni 729 085,54 ga (29,66 %), siyrak vegetatsiya esa 299 962,75 ga (12,20 %) bo‘ldi. Bu natija vegetatsiya qoplami mavjud bo‘lsa-da, uning asosiy qismi past biomassa va siyrak tuzilishga ega ekanini ko‘rsatadi.

2021-yil natijalari metodikaning diagnostik imkoniyatini aniq ko‘rsatdi: yalang‘och va sho‘rlangan yerlar maydoni 1 672 030,03 ga yoki 68,02 % gacha oshdi. Ayni paytda siyrak vegetatsiya 94 358,02 ga (3,84 %) gacha, o‘rtacha vegetatsiya esa 1 390,27 ga (0,06 %) gacha kamaydi. Demak, ushbu bosqichda yaylov qoplami zaiflashgan, vegetatsiya zichligi pasaygan va degradatsiya xavfi yuqori zonalar kengaygan. Bu holat suv ta’minoti beqarorligi va qurg‘oqchil fon sharoitida vegetatsiyaning sezgirligini tasdiqlaydi [7], [11].

2024-yilda qisman ijobiy o‘zgarish kuzatildi: yalang‘och/sho‘rlangan yerlar 1 499 869,48 ga (61,02 %) gacha kamaydi, siyrak vegetatsiya 227 702,92 ga (9,26 %) gacha, o‘rtacha vegetatsiya esa 9 815,98 ga (0,40 %) gacha oshdi. Biroq bu tiklanish umumiy hudud bo‘yicha to‘liq barqarorlashuvni anglatmaydi, chunki yalang‘och va juda siyrak sinflar hanuz ustunligicha qolmoqda. Shuning uchun natija “qisman tiklanish” sifatida talqin qilindi.



2-rasm. *NDVI sinflari bo‘yicha maydonlarning solishtirma diagrammasi*

Ko‘p yillik indeks qatorlari ham xuddi shu yo‘nalishni tasdiqlaydi. 2014–2024-yillar bo‘yicha hisoblangan trend koeffitsiyentlari NDVI uchun −0,00125 yil^{-1}, MSAVI uchun −0,00147 yil^{-1} va NDMI uchun −0,00164 yil^{-1} bo‘ldi. Trendlar statistik jihatdan kuchli ishonchli deb talqin qilinmasa-da, ularning manfiy yo‘nalishi vegetatsiya va namlik holatida uzoq muddatli susayish xavfi mavjudligini ko‘rsatadi. NDVI va NDMI o‘rtasidagi bog‘liqlik juda kuchli bo‘lib, Pearson r = 0,979, Spearman ρ = 0,973 va R^2 = 0,959 natijalari namlik sharoiti yaylov vegetatsiyasi signali bilan deyarli sinxron o‘zgarishini ko‘rsatdi.

Shunday qilib, tanlangan metodika faqat kartografik tasvir yaratish bilan cheklanmaydi, balki boshqaruv qaroriga xizmat qiladigan sonli natijani beradi. NDVI vegetatsiya zichligini, NDMI namlik stressini, sinf maydonlari esa degradatsiya yoki tiklanishning fazoviy ko‘lamini ko‘rsatdi. Bu OAK maqolasi uchun asosiy ilmiy natija sifatida muhim: metodika tanlandi, hudud sharoitiga moslashtirildi va konkret maydon ko‘rsatkichlari orqali natijaga erishildi.

Quyi Amudaryo deltasi sharoitida yaylov vegetatsiyasini baholash uchun NDVI va NDMI indekslarini alohida natija sifatida emas, balki bir-birini to‘ldiruvchi metodik blok sifatida qo‘llashdan iborat. Birinchi blok vegetatsiya zichligini aniqlaydi, ikkinchi blok namlik stressini tushuntiradi, uchinchi blok esa GIS asosida sinflarning maydon va ulushini hisoblab, natijani kadastr monitoringi uchun sonli ko‘rinishga keltiradi. Ushbu yondashuv yalang‘och/sho‘rlangan yerlar, juda siyrak vegetatsiya va qisman tiklanayotgan hududlarni ajratishda amaliy ahamiyatga ega.

Xulosa. Amudaryo deltasining quyi qismida yaylov vegetatsiyasi holatini baholash uchun NDVI–NDMI va GIS asosidagi metodik yondashuv maqbul deb topildi. NDVI vegetatsiya zichligi va yashil biomassani, NDMI esa namlikka bog‘liq stressni aniqlashga xizmat qildi. Sentinel-2 ma’lumotlaridan foydalanish sinflar bo‘yicha maydonlarni 10 m fazoviy aniqlikda hisoblash imkonini berdi.

Natijalar 2021-yilda vegetatsiya holati eng zaif bosqichga tushganini ko‘rsatdi: yalang‘och/sho‘rlangan yerlar 68,02 % ga yetdi, siyrak vegetatsiya 3,84 % gacha kamaydi. 2024-yilda ayrim sinflarda qisman tiklanish kuzatilib, siyrak vegetatsiya 9,26 % gacha oshdi. Shunga qaramay, yalang‘och va juda siyrak sinflarning ustunligi yaylovlarning geoekologik holati hanuz zaifligini bildiradi.

Mazkur natijalar yaylov monitoringi, kadastr baholash, degradatsiya xavfi yuqori hududlarni ajratish va suv-iqlim omillarini hisobga olgan holda boshqaruv qarorlarini qabul qilish uchun ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi. Keyingi tadqiqotlarda NDVI–NDMI natijalarini dala geobotanik kuzatuvlari, tuproq sho‘rlanishi ma’lumotlari va suv ta’minoti ko‘rsatkichlari bilan chuqurroq integratsiya qilish maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Third Earth Resources Technology Satellite Symposium, NASA SP-351, 1974, pp. 309–317.

[2] Tucker, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment, 1979, 8(2), 127–150. https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0

[3] Gao, B. C. NDWI — A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote Sensing of Environment, 1996, 58(3), 257–266. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3

[4] Huete, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment, 1988, 25(3), 295–309. https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-X

[5] Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., et al. Sentinel-2: ESA’s Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. Remote Sensing of Environment, 2012, 120, 25–36. https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026

[6] Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment, 2017, 202, 18–27. https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031

[7] Berdimbetov, T., Ilyas, S., Ma, Z., Bilal, M., & Nietullaeva, S. Climatic Change and Human Activities Link to Vegetation Dynamics in the Aral Sea Basin Using NDVI. Earth Systems and Environment, 2021. https://doi.org/10.1007/s41748-021-00224-7

[8] Cui, M., et al. Analysis of NDVI Trends and Driving Factors in the Buffer Zone of the Aral Sea. Water, 2023, 15(13), 2473. https://doi.org/10.3390/w15132473

[9] Xue, J., & Su, B. Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. Journal of Sensors, 2017, Article ID 1353691. https://doi.org/10.1155/2017/1353691

[10] Retallack, A., Finlayson, G., Ostendorf, B., Clarke, K., & Lewis, M. Remote sensing for monitoring

rangeland condition: Current status and development of methods. Environmental and Sustainability Indicators, 2023, 19, 100285. https://doi.org/10.1016/j.indic.2023.100285

[11] Schlüter, M., & Rüger, N. Application of a GIS-based simulation tool to analyze and communicate uncertainties in future water availability in the Amudarya River Delta. Environmental Modelling & Software, 2007, 22(2), 158–166.

[12] Micklin, P. The Aral Sea Disaster. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 2007, 35, 47–72. https://doi.org/10.1146/annurev.earth.35.031306.140120

UDK. 528.8:631.4:504.064

QORAKO‘L TUMANI QISHLOQ XO‘JALIGI YERLARIDA DEGRADATSIYA JARAYONLARINI NDVI VA NDWI INDEKSLARI ASOSIDA BAHOLASH

M.E.Yusupov *- Buxoro davlat texnika universiteti, “Yer resurslarni boshqarish va foydalanish” ta’lim yo‘nalishi magistranti, muxammadyusupov69@gmail.com*

F.Sh.Xudoyberdiyev *- Buxoro davlat texnika universiteti “Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari” kafedrasi professori, t.f.f.d., (PhD).*

Annotatsiya*. Mazkur maqolada Buxoro viloyati Qorako‘l tumani qishloq xo‘jaligi yerlarida degradatsiya jarayonlarini masofadan zondlash va GIS texnologiyalari asosida baholash masalasi yoritilgan. Landsat 8 kosmik tasvirlari asosida NDVI va NDWI indekslari hisoblanib, vegetatsiya qoplami, namlik holati hamda degradatsiya xavfi yuqori bo‘lgan hududlar tahlil qilindi. Natijalar qishloq xo‘jaligi yerlarida namlik tanqisligi, vegetatsiya siyraklashuvi va meliorativ muammolar degradatsiyani kuchaytiruvchi asosiy omillar ekanligini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari yer monitoringini takomillashtirish va meliorativ tadbirlarni manzilli rejalashtirishda amaliy ahamiyatga ega.*

Kalit so‘zlar: *qishloq xo‘jaligi yerlari, yer degradatsiyasi, masofadan zondlash, Landsat 8, NDVI, NDWI, geoaxborot tizimi, Qorako‘l tumani, namlik tanqisligi, vegetatsiya stressi, meliorativ monitoring.*

Аннотация. *В данной статье рассматривается оценка процессов деградации сельскохозяйственных земель Каракульского района Бухарской области на основе технологий дистанционного зондирования и ГИС. На основе космических снимков Landsat 8 были рассчитаны индексы NDVI и NDWI, проанализированы состояние растительного покрова, уровень увлажненности и территории с высоким риском деградации. Результаты показали, что дефицит влаги, разреженность растительного покрова и мелиоративные проблемы являются основными факторами, усиливающими деградацию*

сельскохозяйственных земель. Полученные результаты имеют практическое значение для совершенствования мониторинга земель и адресного планирования мелиоративных мероприятий.

Ключевые слова: *сельскохозяйственные земли, деградация земель, дистанционное зондирование, Landsat 8, NDVI, NDWI, геоинформационная система, Каракульский район, дефицит влаги, стресс растительности, мелиоративный мониторинг.*

Abstract. *This article examines the assessment of degradation processes in agricultural lands of Karakul district, Bukhara region, using remote sensing and GIS technologies. Based on Landsat 8 satellite images, NDVI and NDWI indices were calculated, and vegetation cover, moisture conditions, and areas with a high risk of degradation were analyzed. The results show that moisture deficiency, sparse vegetation cover, and land reclamation problems are the main factors intensifying agricultural land degradation. The research findings are of practical importance for improving land monitoring and targeted planning of reclamation measures.*

Keywords: *agricultural lands, land degradation, remote sensing, Landsat 8, NDVI, NDWI, geographic information system, Karakul district, moisture deficiency, vegetation stress, reclamation monitoring.*

Kirish. Bugungi kunda qishloq xo‘jaligi yerlarining ekologik holatini saqlash, ularning unumdorligini ta’minlash va degradatsiya jarayonlarining oldini olish yer resurslarini boshqarish tizimidagi eng dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biri hisoblanadi. Yer resurslari qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishining asosiy tabiiy bazasi bo‘lib, ularning sifat jihatdan yomonlashuvi oziq-ovqat xavfsizligi, ekologik barqarorlik va hududlarning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi [1; 2].

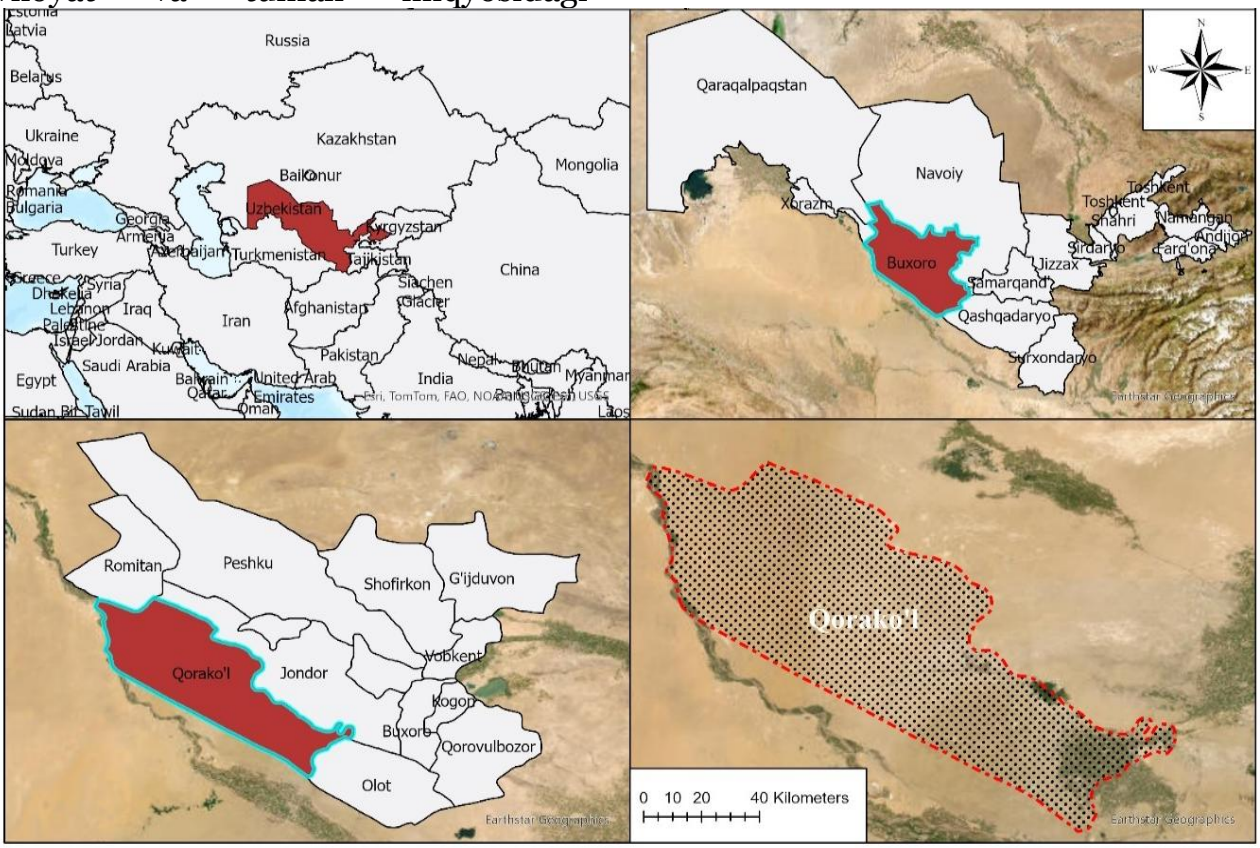
Qishloq xo‘jaligi yerlarining degradatsiyasi ko‘p omilli jarayon bo‘lib, u o‘simlik qoplamining siyraklashuvi, tuproq namligining kamayishi, sho‘rlanish, shamol va suv eroziyasi, cho‘llanish hamda tuproq biologik faolligining pasayishi orqali namoyon bo‘ladi. Ayniqsa, qurg‘oqchil va yarim qurg‘oqchil hududlarda bu jarayonlar yanada tezlashadi. Qorako‘l tumani ham ana shunday tabiiy-iqlimiy sharoitga ega bo‘lib, suv resurslarining cheklanganligi, cho‘l landshaftlarining keng tarqalganligi va sug‘orish tizimlaridagi mavjud muammolar yer degradatsiyasini kuchaytiruvchi omillar sifatida namoyon bo‘ladi.

An’anaviy dala kuzatuvlari va statistik ma’lumotlarga asoslangan baholash usullari katta hududlarda degradatsiya jarayonlarini tezkor, obyektiv va makoniy jihatdan to‘liq aniqlash imkonini har doim ham bermaydi. Shu sababli zamonaviy sharoitda masofadan zondlash va geoaxborot texnologiyalariga asoslangan monitoring usullarini joriy etish muhim ahamiyat kasb etadi. Tadiqotda ham NDVI va NDWI indekslari vegetatsiya holati hamda namlik rejimini baholashda asosiy spektral indikatorlar sifatida tanlangan[3; 4] .

Tadqiqotning dolzarbligi. Qorako‘l tumani sharoitida qishloq xo‘jaligi yerlarining degradatsiyasini baholash bir necha jihatdan dolzarbdir. Tadqiqot hududining geografik joylashuvi, tabiiy-iqlimiy sharoiti va ma’muriy-hududiy o‘rni ushbu

jarayonlarni chuqur o‘rganishni talab etadi. Qorako‘l tumani Buxoro viloyatining janubi-g‘arbiy qismida joylashgan bo‘lib, cho‘l va yarim cho‘l landshaftlariga yaqinligi, suv resurslarining cheklanganligi hamda qurg‘oqchil iqlim sharoiti bilan ajralib turadi. Mazkur omillar qishloq xo‘jaligi yerlarida namlik tanqisligi, vegetatsiya qoplamining siyraklashuvi, sho‘rlanish va degradatsiya jarayonlarining shakllanishiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi.

Tadqiqot hududining respublika, viloyat va tuman miqyosidagi joylashuvini aniqlash yer degradatsiyasini baholashda muhim ahamiyatga ega. Chunki degradatsiya jarayonlari faqat alohida yer uchastkalari holati bilan emas, balki hududning tabiiy-geografik o‘rni, suv ta’minoti, ma’muriy chegaralari, qo‘shni hududlar bilan aloqadorligi va qishloq xo‘jaligi yerlarining fazoviy joylashuvi bilan ham uzviy bog‘liqdir. Shu sababli maqolada dastlab Qorako‘l tumanining geografik joylashuvi va ma’muriy hududiy chegarasi xarita asosida ko‘rsatildi(1-rasm).



1-rasm. Qorako‘l tumanining sxematik xaritasi

1-rasmda Qorako‘l tumanining O‘zbekiston Respublikasi, Buxoro viloyati va tumanlar tizimidagi geografik joylashuvi aks ettirilgan. Xarita orqali tadqiqot hududining Buxoro viloyatining boshqa tumanlariga nisbatan o‘rni, uning ma’muriy chegarasi va tabiiy landshaft sharoiti ko‘rinadi. Rasmda Qorako‘l tumani alohida ajratib ko‘rsatilgani tadqiqot obyekti chegaralarini aniqlashtirish, masofadan zondlash materiallarini to‘g‘ri chegaralash va keyingi NDVI hamda NDWI indekslari asosidagi tahlillarni aniq hududiy doirada olib borish imkonini beradi.

Shuningdek, xaritadan ko‘rinadiki, Qorako‘l tumani tabiiy-geografik jihatdan qurg‘oqchil hududlar ta’sirida joylashgan bo‘lib, bu yerda qishloq xo‘jaligi yerlarining ekologik holatini doimiy monitoring

qilish zarurati yuqori. Ayniqsa, tuman hududining cho‘l landshaftlariga tutash joylashuvi, suv manbalariga bo‘lgan ehtiyojning yuqoriligi va sug‘oriladigan yerlarning ekologik barqarorligini saqlash masalasi tadqiqot mavzusining ilmiy-amaliy ahamiyatini kuchaytiradi.

Shu nuqtayi nazardan, Qorako‘l tumani qishloq xo‘jaligi yerlarida degradatsiya jarayonlarini masofadan zondlash ma’lumotlari asosida baholash quyidagi jihatlar bilan dolzarb hisoblanadi.

Birinchidan, tumanning tabiiy-iqlimiy sharoiti qurg‘oqchil bo‘lib, yog‘in miqdorining kamligi va bug‘lanishning yuqoriligi tuproq namligi balansiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Natijada qishloq xo‘jaligi ekinlarining vegetatsiya davrida suvga bo‘lgan ehtiyoji ortadi, suv ta’minotidagi uzilishlar esa o‘simlik stressini kuchaytiradi.

Ikkinchidan, sug‘oriladigan yerlarda suvdan foydalanish samaradorligining pastligi, drenaj tizimlarining yetarli darajada ishlamasligi va ayrim hududlarda sho‘rlanish jarayonlarining kuchayishi yerlarning meliorativ holatini yomonlashtiradi. Bu esa tuproq unumdorligining pasayishiga, hosildorlikning kamayishiga va ishlab chiqarish xarajatlarining ortishiga olib keladi.

Uchinchidan, qishloq xo‘jaligi yerlarida degradatsiya jarayonlari ko‘pincha sekin va yashirin tarzda rivojlanadi. Dastlab o‘simlik qoplamining biroz siyraklashuvi yoki tuproq namligining pasayishi katta muammo sifatida ko‘rinmasligi mumkin. Biroq ushbu jarayonlar muntazam monitoring qilinmasa, keyinchalik kuchli degradatsiya, sho‘rlanish yoki yerning ishlab chiqarishdan chiqib qolishiga sabab bo‘lishi mumkin.

To‘rtinchidan, hududiy boshqaruv qarorlarini qabul qilishda yerlarning ekologik holati, vegetatsiya qoplami, namlik darajasi va degradatsiya xavfini fazoviy jihatdan aniqlash muhimdir. NDVI va NDWI indekslari asosida tuzilgan xaritalar muammoli hududlarni tezkor aniqlash va ularga nisbatan manzilli choralar ishlab chiqishga xizmat qiladi[6; 7].

Tadqiqotning maqsadi va vazifalari. Tadqiqotning asosiy maqsadi Qorako‘l tumani qishloq xo‘jaligi yerlarida degradatsiya jarayonlarini Landsat 8 kosmik tasvirlari asosida NDVI va NDWI indekslari yordamida baholash, degradatsiya darajalarining hududiy taqsimotini aniqlash hamda yer resurslaridan oqilona foydalanishga qaratilgan ilmiy-amaliy taklif va tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

1. Qorako‘l tumani qishloq xo‘jaligi yerlarida degradatsiyani yuzaga keltiruvchi asosiy tabiiy va antropogen omillarni tahlil qilish.
2. Landsat 8 kosmik tasvirlari asosida tadqiqot hududi bo‘yicha ma’lumotlar bazasini shakllantirish.
3. NDVI indeksi orqali vegetatsiya qoplami holatini aniqlash.
4. NDWI indeksi orqali tuproq va o‘simlik namligi bilan bog‘liq holatlarni baholash.
5. NDVI va NDWI indekslari asosida degradatsiya darajalarini tasniflash.
6. Degradatsiya xavfi yuqori bo‘lgan hududlarni GIS muhitida xaritalash.
7. Muammoli hududlar bo‘yicha amaliy taklif va tavsiyalar ishlab chiqish.

Tadqiqot materiallari va metodlari. Tadqiqotda asosiy ma’lumot manbai sifatida Landsat 8 kosmik tasvirlaridan foydalanildi.

Kosmik tasvirlar vegetatsiya faol bo‘lgan davr bo‘yicha tanlandi, chunki aynan shu davrda o‘simlik qoplamining holati, biomassa darajasi va namlik rejimidagi hududiy farqlar aniqroq namoyon bo‘ladi.

Tasvirlar dastlab radiometrik va geometrik jihatdan tekshirildi, yagona koordinata tizimiga moslashtirildi va Qorako‘l tumani chegaralari bo‘yicha kesib olindi. Shundan so‘ng Red, NIR va Green spektral kanallari asosida NDVI hamda NDWI indekslari hisoblandi. Tadqiqotda NDVI past qiymatlari vegetatsiya degradatsiyasi, NDWI past qiymatlari esa namlik bilan bog‘liq degradatsiya jarayonlarini ifodalovchi indikator sifatida qabul qilingan (1-jadval).

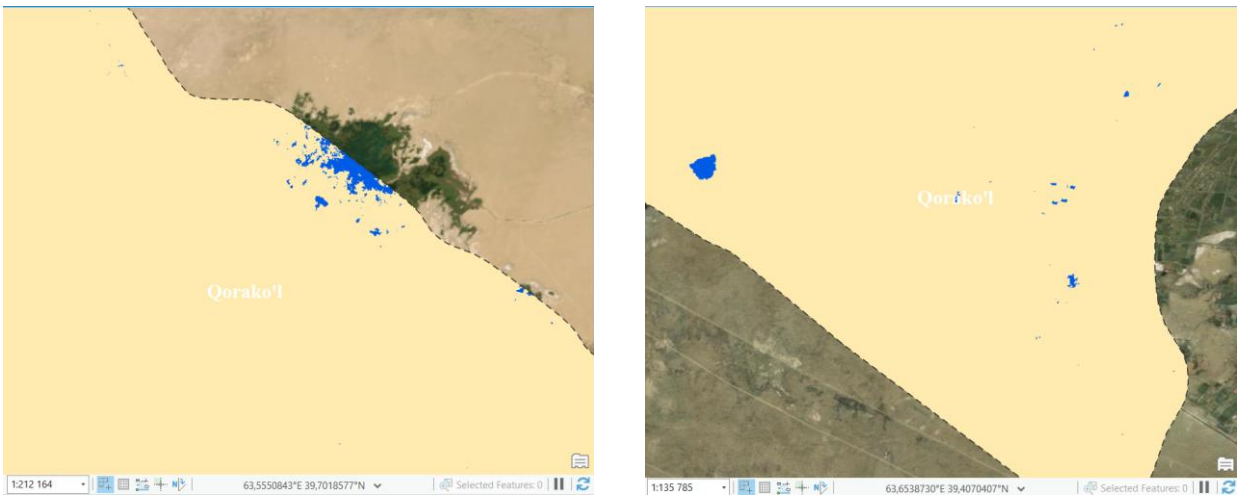
1-jadval

Tadqiqot bosqichlari

Bosqich	Amalga oshirilgan ishlar	Kutilgan natija
1-bosqich	Landsat 8 tasvirlarini tanlash	Tadqiqot hududi bo‘yicha masofadan zondlash ma’lumotlari shakllantirildi
2-bosqich	Tasvirlarni dastlabki qayta ishlash	Fazoviy aniqlik va tahlilga yaroqlilik ta’minlandi
3-bosqich	NDVI indeksini hisoblash	Vegetatsiya qoplami holati baholandi
4-bosqich	NDWI indeksini hisoblash	Tuproq va o‘simlik namligi holati aniqlandi
5-bosqich	Indekslarni tasniflash	Degradatsiya darajalari ajratildi
6-bosqich	Overlay tahlil	NDVI va NDWI o‘zaro bog‘liq holda baholandi
7-bosqich	GIS xaritalash	Muammoli hududlar fazoviy aniqlashtirildi
8-bosqich	Taklif va tavsiyalar ishlab chiqish	Yer resurslarini boshqarish bo‘yicha amaliy yo‘nalishlar belgilandi

Namlik tanqisligi muammosi. Qorako‘l tumani qurg‘oqchil hududda joylashgani sababli namlik tanqisligi qishloq xo‘jaligi yerlarining ekologik holatiga kuchli ta’sir ko‘rsatadi. NDWI indeksining pasayishi tuproq va o‘simlik namligining yetishmasligini bildiradi. Namlik tanqisligi vegetatsiya rivojlanishini cheklaydi, ekinlarning stress holatini kuchaytiradi va hosildorlikka salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Tadqiqot natijalarida ham namlik tanqisligi qishloq xo‘jaligi yerlarida degradatsiyani kuchaytiruvchi asosiy omillardan biri sifatida qayd etilgan.

Mazkur holatni fazoviy jihatdan aniqlash maqsadida Qorako‘l tumani hududi bo‘yicha NDWI indeksi asosida namlik taqsimoti tahlil qilindi. Ushbu indeks yordamida namlik nisbatan yuqori bo‘lgan maydonlar, suvga yaqin yoki vegetatsiya faolroq rivojlangan hududlar hamda namlik darajasi past bo‘lgan qurg‘oqchil zonalar ajratildi. Natijada namlik tanqisligi kuzatiladigan maydonlar degradatsiya xavfi yuqori bo‘lgan hududlar sifatida baholandi (2-rasm).



2-rasm. Qorakoʻl tumani hududida NDWI indeksi asosida namlik taqsimotining fazoviy koʻrinishi

2-rasmda Qorakoʻl tumani hududida NDWI indeksi asosida aniqlangan namlik holati aks ettirilgan. Rasmda koʻk rang bilan ifodalangan maydonlar namlik nisbatan yuqori boʻlgan hududlarni bildiradi. Bunday maydonlar, odatda, suv manbalari, sugʻoriladigan yerlar yoki vegetatsiya qoplami faolroq rivojlangan zonalar bilan bogʻliq boʻlishi mumkin. Och sariq va quruq fonli hududlar esa namlik darajasi past boʻlgan qurgʻoqchil maydonlarni ifodalaydi [9].

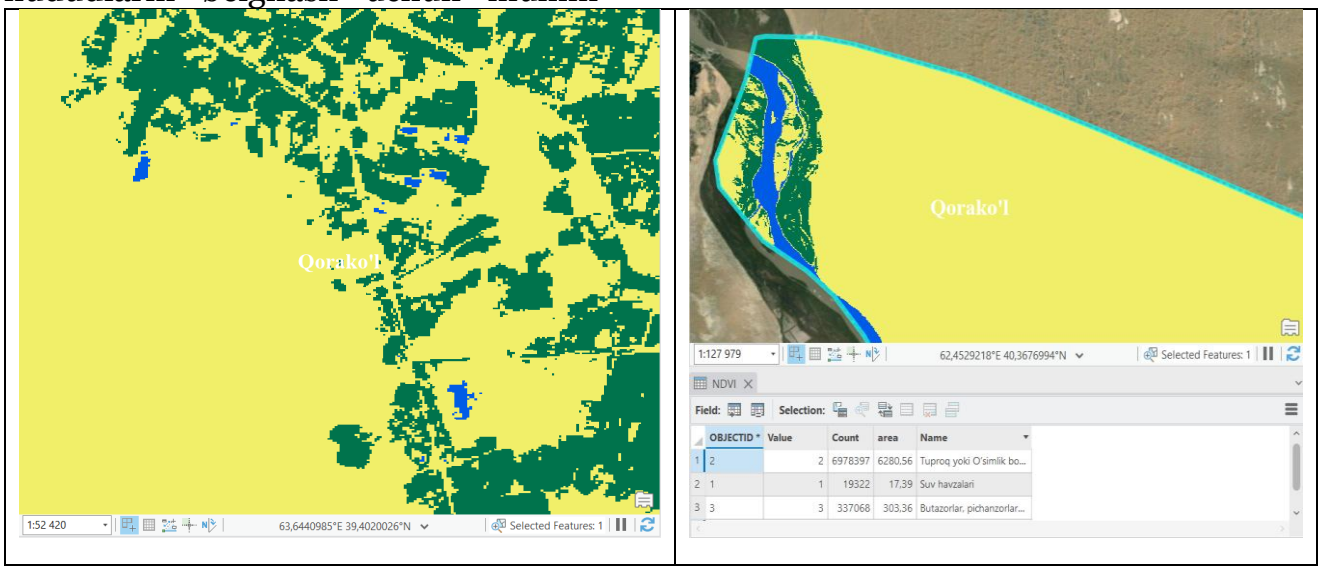
Rasm tahlili shuni koʻrsatadiki, Qorakoʻl tumani hududida namlik bir tekis taqsimlanmagan. Namlik yuqori boʻlgan maydonlar asosan cheklangan hududlarda jamlangan boʻlib, katta maydonlarda qurgʻoqchil fon ustunlik qiladi. Bu esa tumanda suv resurslarining cheklanganligi, sugʻorish sharoitlarining hududiy farqlanishi va namlik tanqisligi qishloq xoʻjaligi yerlarining ekologik holatiga sezilarli ta'sir koʻrsatayotganini koʻrsatadi.

Shu sababli NDWI indeksi asosida aniqlangan past namlik zonalari keyingi bosqichda degradatsiya xavfi yuqori boʻlgan hududlar sifatida baholanishi lozim. Bunday maydonlarda sugʻorish rejimini takomillashtirish, drenaj tizimlarini yaxshilash, suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish va tuproq namligini saqlovchi agrotexnik tadbirlarni amalga oshirish muhim ahamiyat kasb etadi.

Vegetatsiya qoplamining siyraklashuvi. NDVI indeksining past qiymatlari oʻsimlik qoplami siyraklashgan yoki vegetatsiya rivojlanishi sust boʻlgan hududlarni aniqlash imkonini beradi. Bunday hududlarda tuproq yuzasi ochiq qoladi, natijada shamol eroziyasi, namlikning tez bugʻlanishi va tuproq strukturasining buzilishi kuchayadi. Vegetatsiya qoplamining zaiflashuvi faqat biologik muammo emas, balki yerning ishlab chiqarish salohiyati pasayishining ham muhim belgisi hisoblanadi. Shu sababli past NDVI qiymatlariga ega hududlar alohida monitoring obyektlari sifatida qaralishi lozim[10; 11].

Mazkur holatni hududiy jihatdan baholash maqsadida Qorakoʻl tumani boʻyicha NDVI indeksi asosida vegetatsiya qoplamining fazoviy taqsimoti tahlil qilindi. Ushbu indeks yordamida oʻsimlik qoplami yaxshi rivojlangan, oʻrtacha holatdagi hamda vegetatsiya siyraklashgan hududlarni bir-biridan ajratish imkoniyati yaratildi. Natijada qishloq xoʻjaligi yerlarining ekologik holatini tezkor baholash, vegetatsiya stressi

kuzatilayotgan maydonlarni aniqlash va degradatsiya xavfi mavjud hududlarni belgilash uchun muhim kartografik asos shakllantirildi (3-rasm).



3-rasm. Qorakoʻl tumani hududida NDVI indeksi asosida vegetatsiya qoplamining fazoviy taqsimoti

3-rasmda Qorakoʻl tumani hududida NDVI indeksi boʻyicha vegetatsiya qoplamining hududiy farqlanishi aks ettirilgan. Rasmda yashil ranglar bilan ifodalangan maydonlar vegetatsiya nisbatan yaxshi rivojlangan hududlarni, och sariq rangdagi zonalar esa oʻsimlik qoplami sust rivojlangan yoki siyraklashgan maydonlarni bildiradi. Koʻk rangda ajralib turgan kichik uchastkalar esa suv obyektlari yoki namligi nisbatan yuqori boʻlgan hududlar bilan bogʻliq boʻlishi mumkin.

Rasm tahlili shuni koʻrsatadiki, Qorakoʻl tumani hududida vegetatsiya qoplami bir tekis taqsimlanmagan. Ayrim maydonlarda oʻsimlik qoplami nisbatan yaxshi rivojlangan boʻlsa, katta hududlarda vegetatsiya sust yoki siyrak holatda kuzatiladi. Bu esa tabiiy-iqlimiy qurgʻoqchilik, sugʻorish sharoitlarining farqlanishi, namlik tanqisligi hamda yer resurslaridan foydalanish xususiyatlari bilan izohlanadi.

Shuningdek, NDVI qiymatlarining past boʻlishi kuzatilgan hududlar ekologik jihatdan noqulay maydonlar sifatida baholanishi mumkin. Chunki bunday zonalarda tuproq yuzasi koʻproq ochilib qoladi, namlikning yoʻqolishi tezlashadi va shamol eroziyasi xavfi ortadi. Shu bois NDVI xaritalari qishloq xoʻjaligi yerlarida degradatsiya jarayonlarining dastlabki belgilarini aniqlash, monitoring olib borish va muammoli hududlar boʻyicha manzilli agrotexnik hamda meliorativ choralarni belgilashda muhim amaliy ahamiyatga ega [13; 14].

3. Sugʻorish va drenaj tizimlaridagi muammolar. Qorakoʻl tumani sharoitida notoʻgʻri sugʻorish yoki drenaj tizimlarining yetarli ishlamasligi ikkilamchi shoʻrlanish, botqoqlanish yoki tuproq namligi rejimining buzilishiga olib kelishi mumkin. Tadqiqotda notoʻgʻri sugʻorish NDVI va NDWI indekslarining bir vaqtda past qiymatlari orqali namoyon boʻlishi mumkin boʻlgan degradatsiya belgisi sifatida koʻrsatilgan .

4. Shoʻrlanish va meliorativ holatning yomonlashuvi. Sugʻoriladigan hududlarda shoʻrlanish

yer degradatsiyasining eng xavfli ko‘rinishlaridan biri hisoblanadi. Sho‘rlanish natijasida tuproq eritmasidagi tuzlar miqdori ortib, o‘simliklarning suv va oziqa moddalarini o‘zlashtirishi qiyinlashadi. Natijada ekinlar rivojlanishi sustlashadi, biomassa kamayadi va NDVI qiymatlari pasayadi.

NDWI pasayishi bilan birgalikda NDVI pasayishi kuzatilgan hududlarda degradatsiya jarayoni kompleks xarakterga ega bo‘ladi. Bunday maydonlarda faqat agrotexnik emas, balki meliorativ, gidrotexnik va ekologik choralarni birgalikda amalga oshirish zarur.

5. An’anaviy monitoringning cheklanganligi. An’anaviy dala kuzatuvlari ayrim yer uchastkalari bo‘yicha aniq ma’lumot bersa-da, katta hududlarda degradatsiyaning hududiy taqsimotini tezkor aniqlashda cheklangan imkoniyatga ega. Masofadan zondlash esa bir vaqtning o‘zida keng hududni qamrab oladi, natijalarni xarita shaklida ko‘rsatadi va muammoli zonalarni tez aniqlash imkonini beradi.

Natijalar va muhokama. NDVI va NDWI indekslarini birgalikda tahlil qilish Qorako‘l tumani qishloq xo‘jaligi yerlarida degradatsiya jarayonlari bir xil darajada tarqalmaganligini ko‘rsatadi. Vegetatsiya qoplami yaxshi rivojlangan va namlik yetarli bo‘lgan maydonlar nisbatan barqaror agroekologik hududlar sifatida baholanishi mumkin. Aksincha, NDVI va NDWI qiymatlari bir vaqtda past bo‘lgan hududlar ekologik jihatdan eng muammoli zonalar sifatida ajratiladi.

Tadqiqotda NDVI va NDWI xaritalarini birgalikda tahlil qilish orqali kompleks degradatsiya hududlari aniqlangani, ayniqsa ikkala indeks qiymatlari past bo‘lgan maydonlarda vegetatsiya siyraklashuvi va tuproq namligi yetishmovchiligi kuzatilgani ta’kidlangan (2-jadval).

2-jadval

NDVI va NDWI asosida degradatsiya darajalarining talqini

Degradatsiya darajasi	NDVI holati	NDWI holati	Ekologik tavsif
Past	O‘rtacha–yuqori	O‘rtacha	Vegetatsiya barqaror, namlik yetarli
O‘rtacha	Pasaygan	Pasaygan	Vegetatsiya stressi va namlik tanqisligi mavjud
Yuqori	Juda past	Juda past	O‘simlik qoplami siyrak, tuproq namligi yetishmaydi
Juda yuqori	Minimal	Minimal	Ochiq tuproq ustun, kuchli degradatsiya kuzatiladi

Ushbu tasnif qishloq xo‘jaligi yerlarining ekologik holatini faqat bitta indikator asosida emas, balki vegetatsiya va namlik ko‘rsatkichlarini birgalikda hisobga olgan holda baholash imkonini beradi. Bu esa degradatsiya sabablarini chuqurroq aniqlash va amaliy chora-tadbirlarni aniq belgilash uchun muhimdir.

Takliflar. Tadqiqot natijalaridan kelib chiqib, Qorako‘l tumani qishloq xo‘jaligi yerlarida degradatsiya jarayonlarini kamaytirish va yer monitoringini takomillashtirish bo‘yicha quyidagi takliflar ishlab chiqildi.

1. NDVI va NDWI asosida doimiy monitoring tizimini joriy etish.

Qorakoʻl tumani qishloq xoʻjaligi yerlarida vegetatsiya va namlik holatini har vegetatsiya mavsumida kamida 2–3 marta masofadan zondlash asosida baholab borish maqsadga muvofiq. Bu yer degradatsiyasining dastlabki belgilarini erta aniqlash imkonini beradi.

2. Degradatsiya xavfi yuqori hududlar boʻyicha alohida elektron xarita yaratish. Past NDVI va past NDWI qiymatlariga ega maydonlar alohida “xavf zonalari” sifatida GIS bazasiga kiritilishi zarur. Ushbu xaritada har bir hudud boʻyicha vegetatsiya holati, namlik darajasi, shoʻrlanish ehtimoli, sugʻorish tarmogʻiga yaqinlik va meliorativ holat koʻrsatkichlari aks ettirilishi kerak.

3. Meliorativ tadbirlarni manzilli rejalashtirish. Degradatsiya yuqori boʻlgan hududlarda umumiy yondashuv emas, balki manzilli meliorativ choralar qoʻllanishi lozim. Jumladan, drenaj tarmoqlarini tozalash, kollektor-zovur tizimlarini tiklash, shoʻrlangan maydonlarni yuvish, suv tejovchi sugʻorish texnologiyalarini joriy etish va tuproq namligini saqlovchi agrotexnik tadbirlarni kuchaytirish zarur.

4. Suvdan foydalanish samaradorligini oshirish. NDWI qiymatlari past boʻlgan hududlarda suv ta’minoti muammolari chuqur oʻrganilishi kerak. Bunda tomchilatib sugʻorish, lazerli yer tekislash, sugʻorish grafigini optimallashtirish va suv yoʻqotishlarini kamaytirish boʻyicha chora-tadbirlar ishlab chiqilishi maqsadga muvofiq.

5. Tuproq va vegetatsiya holatini birgalikda baholash. Amaliyotda faqat hosildorlik yoki tuproq boniteti bilan cheklanib qolmasdan, NDVI va NDWI kabi tezkor indikatorlarni ham yer monitoringi tizimiga kiritish lozim. Bu qishloq xoʻjaligi yerlarining real ekologik holatini muntazam baholash imkonini beradi.

Amaliy tavsiyalar

1. Qorakoʻl tumani qishloq xoʻjaligi yerlarida NDVI va NDWI indekslarini majmuaviy qoʻllash amaliyotini joriy etish zarur, chunki bu yondashuv vegetatsiya holati va namlik rejimini bir vaqtda baholash imkonini beradi. Tadqiqotda ham past NDVI va past NDWI qiymatlariga ega hududlarni degradatsiya xavfi yuqori zonalar sifatida belgilash tavsiya etilgan.

2. Past NDVI qiymatlari aniqlangan hududlarda oʻsimlik qoplamini tiklashga qaratilgan agrotexnik tadbirlar kuchaytirilishi lozim. Bunda almashlab ekish, tuproqni organik oʻgʻitlar bilan boyitish, himoya daraxtzorlari tashkil etish va shamol eroziyasiga qarshi tadbirlar muhim ahamiyatga ega.

3. Past NDWI qiymatlari aniqlangan maydonlarda suv ta’minoti, sugʻorish me’yori, drenaj holati va tuproq namligi alohida oʻrganilishi kerak. Bunday hududlarda suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish ustuvor vazifa boʻlishi lozim.

4. NDVI va NDWI indekslari asosida tuzilgan xaritalar yer kadastri, yer monitoringi va meliorativ xizmatlar faoliyatiga integratsiya qilinishi kerak. Bu boshqaruv qarorlarini aniq ma’lumotlar asosida qabul qilish imkonini beradi.

5. Qishloq xoʻjaligi yerlarining degradatsiya holati boʻyicha tuman darajasida yillik monitoring hisoboti shakllantirilishi maqsadga muvofiq. Hisobotda vegetatsiya holati, namlik darajasi, degradatsiya zonalari va ularning oʻzgarish dinamikasi aks ettirilishi kerak.

6. Kuchli degradatsiyaga uchragan hududlarda qisqa muddatli hosildorlikni oshirishga emas, balki yerning ekologik holatini tiklashga

qaratilgan kompleks reabilitatsiya dasturlari ishlab chiqilishi lozim.

7. Masofadan zondlash natijalari dala kuzatuvlari bilan tekshirib borilishi zarur. Chunki spektral indekslar muammoli hududlarni tez aniqlaydi, dala tadqiqotlari esa ushbu muammolarning aniq sabablarini tasdiqlash imkonini beradi.

Xulosa. Qorakoʻl tumani qishloq xoʻjaligi yerlarida degradatsiya jarayonlarini NDVI va NDWI indekslari asosida baholash masofadan zondlash texnologiyalarining yuqori ilmiy-amaliy imkoniyatga ega ekanligini koʻrsatadi. NDVI indeksi vegetatsiya qoplami holatini, NDWI indeksi esa namlik rejimini aniqlashda muhim indikator sifatida namoyon boʻladi. Ushbu ikki indeksni integratsiyalashgan holda qoʻllash orqali degradatsiyaning faqat tashqi belgilarini emas, balki uning ekologik asoslarini ham aniqlash mumkin.

Tadqiqot natijalariga koʻra, Qorakoʻl tumani sharoitida yer degradatsiyasining asosiy muammolari namlik tanqisligi, vegetatsiya qoplamining siyraklashuvi, sugʻorish-drenaj tizimlaridagi kamchiliklar va shoʻrlanish xavfi bilan bogʻliqdir. Ayniqsa, NDVI va NDWI qiymatlari bir vaqtda past boʻlgan hududlar ekologik jihatdan eng muammoli maydonlar sifatida baholanishi lozim.

Maqolada taklif etilgan yondashuv qishloq xoʻjaligi yerlaridan oqilona foydalanish, degradatsiyaga uchragan hududlarni aniqlash, meliorativ tadbirlarni manzilli rejalashtirish va yer monitoringi tizimini takomillashtirish uchun muhim metodik asos boʻlib xizmat qiladi. Shu sababli Qorakoʻl tumani misolida ishlab chiqilgan NDVI–NDWI asosidagi baholash metodikasini Buxoro viloyatining boshqa qurgʻoqchil hududlarida ham qoʻllash maqsadga muvofiqdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Oʻzbekiston Respublikasining Yer kodeksi. 30.04.1998. Lex.uz.
2. Oʻzbekiston Respublikasining “Atrof-muhitni muhofaza qilish toʻgʻrisida”gi Qonuni. 09.12.1992. Lex.uz.
3. Tucker C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment.
4. Gao B.C. NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote Sensing of Environment.
5. Pettorelli, N., Vik, J.O., Mysterud, A., Gaillard, J.M., Tucker, C.J., & Stenseth, N.C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. Trends in Ecology & Evolution, 20(9), 503-510.
6. Wessels, K.J., Prince, S.D., Frost, P.E., & Van Zyl, D. (2004). Assessing the effects of human-induced land degradation in the former homelands of northern South Africa with a 1 km AVHRR NDVI time-series. Remote Sensing of Environment, 91(1), 47-67.
7. Verbesselt, J., Hyndman, R., Newnham, G., & Culvenor, D. (2010). Detecting trend and seasonal changes in satellite image time series. Remote Sensing of Environment, 114(1), 106-115.
8. U.S. Geological Survey. (n.d.). EarthExplorer: Landsat 8 satellite imagery database. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey.
9. MODIS. MODIS Vegetation Indices Product User Guide. – NASA Land Processes Distributed Active Archive Center, 2020.
10. www.ziyonet.uz
11. www.google.com.ru
12. www.lex.uz
13. www.wikipedia.com
14. http://stat.uz

UDC: 551.4:631.459:004.9

O‘SIMLIK DUNYOSI OBYEKTLARINI MASOFADAN ZONDLASH ORQALI MONITORINGI QILISH

Jaloliddin Burxonov *– “TIQXMMI” MTU magistranti*

Abstract. In the modern era, it is crucial to analyze mountain and foothill soils and study degradation processes using remote sensing and geographic information system (GIS) data. These methods are effective tools for planning purposes, including land use analysis, forestry, and water studies. This study examines land use change and degradation processes in the mountain and foothill regions of Tashkent region, located in the western part of the eastern Tien Shan Mountains. Due to its climate, this region receives significant amounts of precipitation. However, human encroachment has led to unsustainable pasture management, resulting in changes in land use and land management. In the study area, vacant lands and open forests have been converted into open spaces, leading to increased soil degradation due to rainfall. GIS technologies help monitor such changes and develop effective solutions.

Keywords: Mountains and foothills, GIS, degradation, pastures, monitoring.

Introduction Various researchers have studied the dynamics of land cover changes in mountain and sub-mountain regions of Uzbekistan[1]. These regions have been heavily impacted by inefficient land use pressures from both human and animal activities, as well as the ineffective use of pastures. To address this issue GIS, and remote sensing analysis can be used to enhance machine learning capabilities and provide effective monitoring of land use and land cover change[2]. These technologies have also advanced new measurement and interactive approaches to mapping and analysis of recent changes in natural resources such as rangeland and forest in the mountain and sub-mountain regions[3]. In the Parkent area, the land cover has undergone significant changes over the past twenty years[6]. This provides an opportunity to study these changes using data from space images such as Landsat 8OLI[7]. The land cover of the area is classified into separate classes based on the amount and type of surface vegetation, water, and soil cover, allowing for the identification of areas that are degraded or at risk of degradation[8]. The development of a map based on data from 2002 to 2022 can provide a basis for monitoring and evaluating vacant land and agricultural areas in the region, as well as enhancing the understanding and interpretation of land degradation impacts in remote sensing analysis[9,10]. Studying changes in land use is crucial for proper planning and management of land resources. The creation of monitoring maps using remote sensing data analysis and GIS technology can quickly and easily generate and store

time and location data for large areas[11]. This technology is also predictive and provides managers with important data to analyse machine learning[12,13]. Thus, information on land use and monitoring of land resources is of great importance in making necessary decisions to reduce the intensity of land degradation[14].

Study area: The Parkent district is located on the Northern slopes of the Eastern Tien-Shan mountain range, forming the eastern region of Tashkent. This study involved preparing remotely sensed land cover images for ten years (2012-2022) to suggest possible measures for the area's improvement based on land cover change. The region extends from latitudes 41° 00' N to 41° 30' N and longitudes 69° 51' E to 71° 23' E, with the Ugam-Chotkal Biosphere Reserve covering a large part of the area. The reserve is a mountain range with well-defined zonation at an altitude of 550-3500m above sea level, occupying the steep slopes of the Chotkal ridge, cut by deep gorges[15]. The area has three types of firs: spruce, hemispherical, and kurman, forming mixed plantations. The understory vegetation comprises shrubs, including common hawthorn, Fedchenko's rose, Korolkov's annali, oblong zirk, many-flowered green, and Tien-Shan mountain ash. Over 700 species of vascular plants belonging to 70 families and 280 genera have been identified in the reserve, including 13 species listed in the red book of Uzbekistan, and 48 species endemic to the western region of the Turkistan ridge. Additionally, 216 species of capped fungi were recorded and studied, along with more than 20 types of medicinal plants, such as aconite, colchicum, immortelle, valerian, zizyphora, and snake's head, and over 15 decorative species, including veronica, carnations, primrose, tulips, eremurus, crocuses, iris, delphinium, and others[16].

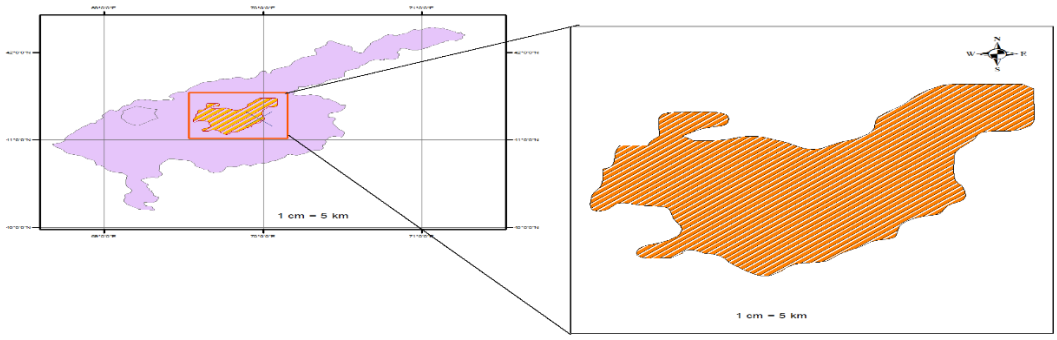


Fig. 1. *Study area Parkent districts, Tashkent region*

The presence of many rare plants in the study area, coupled with land degradation, suggests that this ecosystem is undergoing significant transformation. Monitoring land cover change is a key criterion for assessing degradation[17]. This involves the correct application of remote sensing, which produces additional analysis by modelling remote sensing data indices, specifically targeted to certain areas of interest[18]. This technology has facilitated the development of GIS, which in turn has led to the automation of land cover studies, the creation of measurement systems to collect

information on land use, and the ability to understand changes in land cover. Proper analysis of land cover change is essential for assessing and monitoring the consequences of future land use change.

Materials and methods: For the current research data periods of 2012, 2022 (Landsat 5 TM thematic mapper and Landsat 8 OLI operational land imager) provided by the USGS (United States Geological Survey) Earth Explorer database system. The spatial resolution of Landsat imageries is the equals 30 m. To analysing of the study area is mountainous and ground data reference for visual interpretation the classification of images used Google Earth Pro. Processing classification steps were completed using the software packages and tools ArcGIS 10.6. The data reprocessing steps included the assignment of the borders, coordinate system, and sub-setting the images based on the polygon of the research area. For Land classification were used supervised classification methods and maximum likelihood algorithm of ArcGIS. Fig.3. Land Cover Changes Index (LCCI) algorithms are most used and well-known in assessing Landsat satellite imageries. Land classification classes were identified in the study area: bare land cover, forest, waterbodies, agriculture area and built-up areas. For obtaining more accurate land cover classification maps, for every land classes 20 training samples were selected from study area. Fig. 2.

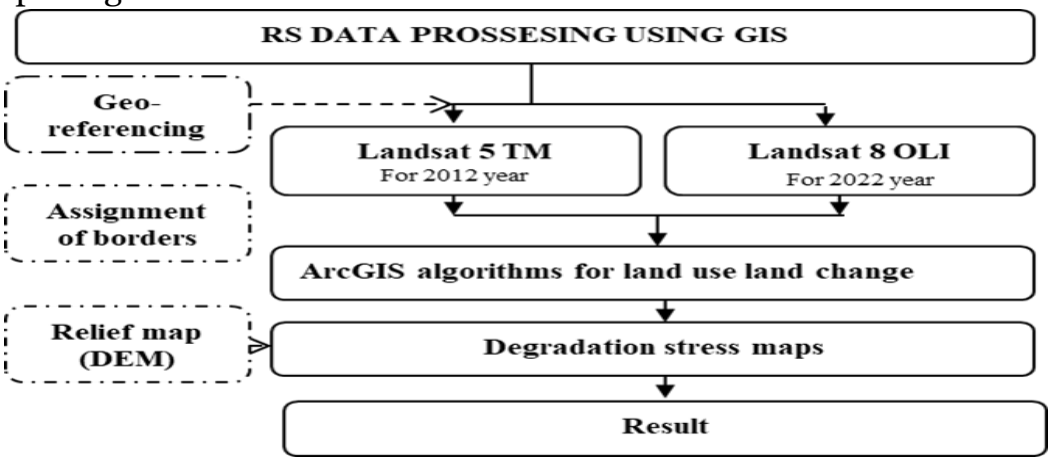


Fig. 2. *Flow chart for adopted using ArcGIS methods*

Resuts: A land use land cover index study was conducted using remote sensing data to map foothill areas and open lands. The index was able to differentiate between foothill areas and open land using ArcGIS software, and the classification performance was effective due to the significant spectral responses of both land types in all Landsat 5 TM+ bands and Landsat8 OLI. The land cover change map for 2012-2022 revealed a mixture of forest and bare land change classes. While there were significant land cover changes in some areas during this period, extensive forest and wasteland were not converted to other land uses. Some apparent land cover changes were due to agricultural activities. Deforested areas were included in the land cover change map to show the anthropogenic factors driving land cover change in the region over the observed 10-year period (Fig.

4). The relief map of the study area was generated from a DEM file obtained from earthdata.nasa.gov. Elevation zones were identified to determine changes in the surface classification based on elevation. Analysis showed that forests in the study area mainly decreased and turned into open lands between 1000 m to 2500 m elevation during the period of 2012-2022 (Fig. 3).

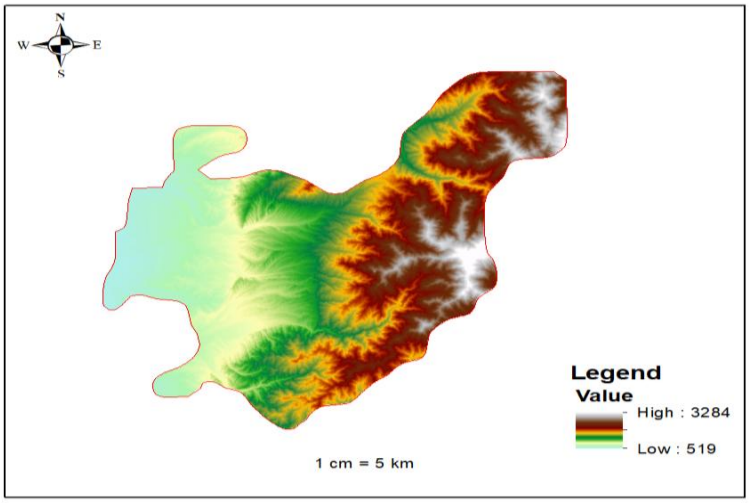


Fig. 3. Relief map research area using DEM file. (Source: earthdata.nasa.gov)

Conclusions In conclusion, this study demonstrates significant land cover changes in the study area over the past decade. The use of remote sensing techniques and accurate Landsat data proves to be valuable in monitoring these changes and assessing their impacts. From the results, it is evident that remote sensing data and monitoring results can help to evaluate the changing behavior of land cover. The 10-year study of the Mountains and Highlands shows a considerable decrease in forests and an increase in open land areas, which raises the risk of degradation in the study area. The complex terrain in mountainous and sub-mountainous regions accelerates this process. Inefficient use of open lands may lead to the degradation of these lands, causing the burning of the fertile layer of the soil. This indicates that land changes may lead to future soil erosion, flooding, and landslides, which may become a recurring hazard permanently. Therefore, the land cover change maps obtained in this study can be used in subsequent landslide susceptibility mapping of this area. The deforested areas included in the land cover change map indicate the impact of dynamic anthropogenic factors on land cover change in the region over the observed 10-year period. These maps can assist public authorities and stakeholders in natural hazard warning and land use planning for the local government. Furthermore, the maps can aid in landslide susceptibility mapping and help government agencies and stakeholders in land use planning to prevent natural hazard losses. Overall, the results of this study demonstrate the importance of remote sensing methods and accurate Landsat data in assessing and monitoring land cover changes and their impacts, especially in mountainous and sub-

mountainous regions where land cover changes may cause significant hazards.

References

[1] Musaev I, Bokiev A and Botirova M 2021 The Value of the Cards in Water Basins with the Installation of Solar Power Plants in Yangiyul District of Tashkent Province of Uzbekistan ed L Foldvary and I Abdurahmanov *E3S Web Conf.* **227** 05004

[2] Oymatov R K, Mamatkulov Z J, Reimov M P, Makhsudov R I and Jaksibaev R N 2021 Methodology development for creating agricultural interactive maps *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **868**

[3] Inamov A, Avilova N, Norbaeva D, Mukhammadayubova S, Idirova M and Vakhobov J 2021 Application of GIS technologies in quality management of land accounting in Uzbekistan ed V Kankhva *E3S Web Conf.* **258** 03014

[4] Jansen V S, Kolden C A, Schmalz H J, Karl J W and Taylor R V. 2021 Using Satellite-Based Vegetation Data for Short-Term Grazing Monitoring to Inform Adaptive Management *Rangel. Ecol. Manag.* **76** 30–42

[5] Michez A, Lejeune P, Bauwens S, Lalaina Herinaina A A, Blaise Y, Muñoz E C, Lebeau F and Bindelle J 2019 Mapping and monitoring of biomass and grazing in pasture with an unmanned aerial system *Remote Sens.* **11**

[6] Théau J, Lauzier-Hudon É, Aubé L and Devillers N 2021 Estimation of forage biomass and vegetation cover in grasslands using UAV imagery *PLoS One* **16** 1–18

[7] Nguy-Robertson A, Gitelson A, Peng Y, Viña A, Arkebauer T and Rundquist D 2012 Green leaf area index estimation in maize and soybean: Combining vegetation indices to achieve maximal sensitivity *Agron. J.* **104** 1336–47

[8] Aslanov I, Khasanov S, Khudaybergenov Y, Groll M, Opp Ch C, Li F and Del-Valle E R 2021 Land cover-adjusted index for the former Aral Sea using Landsat images ed L Foldvary and I Abdurahmanov *E3S Web Conf.* **227** 02005

[9] Khasanov S, Kulmatov R, Li F, van Amstel A, Bartholomeus H, Aslanov I, Sultonov K, Kholov N, Liu H and Chen G 2023 Impact assessment of soil salinity on crop production in Uzbekistan and its global significance *Agric. Ecosyst. Environ.* **342** 108262

[10] Aslanov I, Jumaniyazov I and Embergenov N 2023 Remote Sensing for Land Use Monitoring in the Suburban Areas of Tashkent, Uzbekistan ed A Beskopylny, M Shamtsyan and V Artiukh *Springer Int. Publ.* **575** 1899–907

[11] Fadhillah M F, Hakim W L, Panahi M, Rezaie F, Lee C W and Lee S 2022 Mapping of landslide potential in Pyeongchang-gun, South Korea, using machine learning meta-based optimization algorithms *Egypt. J. Remote Sens. Sp. Sci.* **25** 463–72

[12] Ngandam Mfondoum A H, Hakdaoui S and Batcha R 2022 Landsat 8Bands' 1 to 7 spectral vectors plus machine learning to improve land use/cover classification using Google Earth Engine *Ann. GIS* **00** 1–24

[13] Mohammad P, Goswami A, Chauhan S and Nayak S 2022 Machine learning algorithm based prediction of land use land cover and land surface temperature changes to characterize the surface urban heat island phenomena over Ahmedabad

city , India *Urban Clim.* **42** 101116

[14] Farmanov N, Amankulova K, Szatmari J, Sharifi A, Abbasi-Moghadam D, Mirhossein-Nejad M and Mucsi L 2023 Crop Type Classification by DESIS Hyperspectral Imagery and Machine Learning Algorithms *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* **16** 1–17

[15] Babajanov A R and Inamov B N 2020 Issues of involvement in circulation of unused agricultural lands in Uzbekistan *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **614** 012131

[16] Nilufarbegim K, Kizi N, Mukhriddin K, Ugli K and Temirkulovich U J 2020 Ecotourism-an important factor in sustainable development and environmental protection: the experience of Uzbekistan *Int. J. Adv. Sci. Technol.* **29** 1845–51

[17] Zhang X, Lei J, Wu S, Li S, Liu L, Wang Z, Huang S, Guo Y, Wang Y, Tang X and Zhou J 2023 Spatiotemporal evolution of aeolian dust in China: An insight into the synoptic records of 1984–2020 and nationwide practices to combat desertification *L. Degrad. Dev.* 1–19

[18] Yang Y and United Nations Convention to Combat Desertification (Secretariat) 2011 *Combating desertification and land degradation : proven practices from Asia and the Pacific* (Korea Forest Service)

UDK: 630:528.2/5:004(575.111)

ECOLOGICAL MONITORING OF THE BOSTANLYK FOREST FUND: THE ROLE AND IMPORTANCE OF GIS TECHNOLOGIES

Lobar Primova *– Master student at the Faculty of Land Resources and Cadastre, National Research University "TIIAME"*

Abstract. *This study focuses on analyzing the ecological state and vegetation dynamics of the forest fund lands in the Bostanlyk district during the period of 2018–2024. Using Sentinel-2 satellite imagery and GIS technologies, the NDVI index was calculated to examine forest growth processes and qualitative changes. The results demonstrated a positive dynamic in vegetation cover and confirmed the high efficiency of remote sensing methods in monitoring forest resources and ensuring ecological sustainability.*

Keywords: *Bostanlyk district, Forest fund, NDVI, Remote sensing, GIS, monitoring, ecological state analysis, cartographic analysis.*

Introduction. Forests, in a broad sense, serve as vital resources that preserve clean water, regulate soil and air humidity, and provide timber, secondary products, fruits, medicinal plants, and fodder. As highlighted by Suraj Mane in his scientific article "*Power of GIS in Forest Management and Conservation*" (2024),[1] "Forests, often called the lungs of the Earth, play a critical role in maintaining ecological balance, supporting biodiversity, and combating climate change".

In Uzbekistan, the monitoring and analysis of the state of the forest fund have become matters of significant

importance. This article identifies changes in the forest fund lands of the Bostanlyk district in recent years, evaluates ecological indicators, pinpointing emerging challenges, and discusses strategic proposals for the sector.

The Bostanlyk district is situated on the slopes of the Tien Shan mountain range, covering a total area of 479.000 hectares, of which 23.100 hectares are designated as forest fund lands. The region receives an average annual precipitation of 600-700 mm, creating favorable natural conditions for the development of various plant species. The primary objective of this study is to analyze the vegetation dynamics of the region between 2018 and 2024 using GIS technologies.[2]

Materials and methods. In this study, multispectral imagery from the **Sentinel-2** satellite, featuring a spatial resolution of 10 meters, was utilized to determine the vegetation state of the forest fund [3]. The **Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)** from remote sensing was applied to analyze the vegetation status. This index enables the determination of plant health and coverage levels based on their spectral characteristics.

NDVI Calculation:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

In this study, the following spectral components were utilized for index calculation:

NIR (Near Infrared): The near-infrared spectrum image, corresponding to Sentinel-2 Band 8.

RED: The red spectrum image, corresponding to Sentinel-2 Band 4.

During the analysis process, the vegetation and growth status of the forest fund were studied based on imagery acquired in 2018, 2021, and 2024. The variation in the NDVI index over time reflects changes in vegetation health and assists in determining the overall vitality of the forest fund. This data enables the long-term monitoring of forest coverage, quality, and growth processes.

For the technical execution of the research, the **'Raster Calculator'** tool within the **ArcGIS** software was employed to analyze the Sentinel-2 imagery and generate visual cartographic maps.

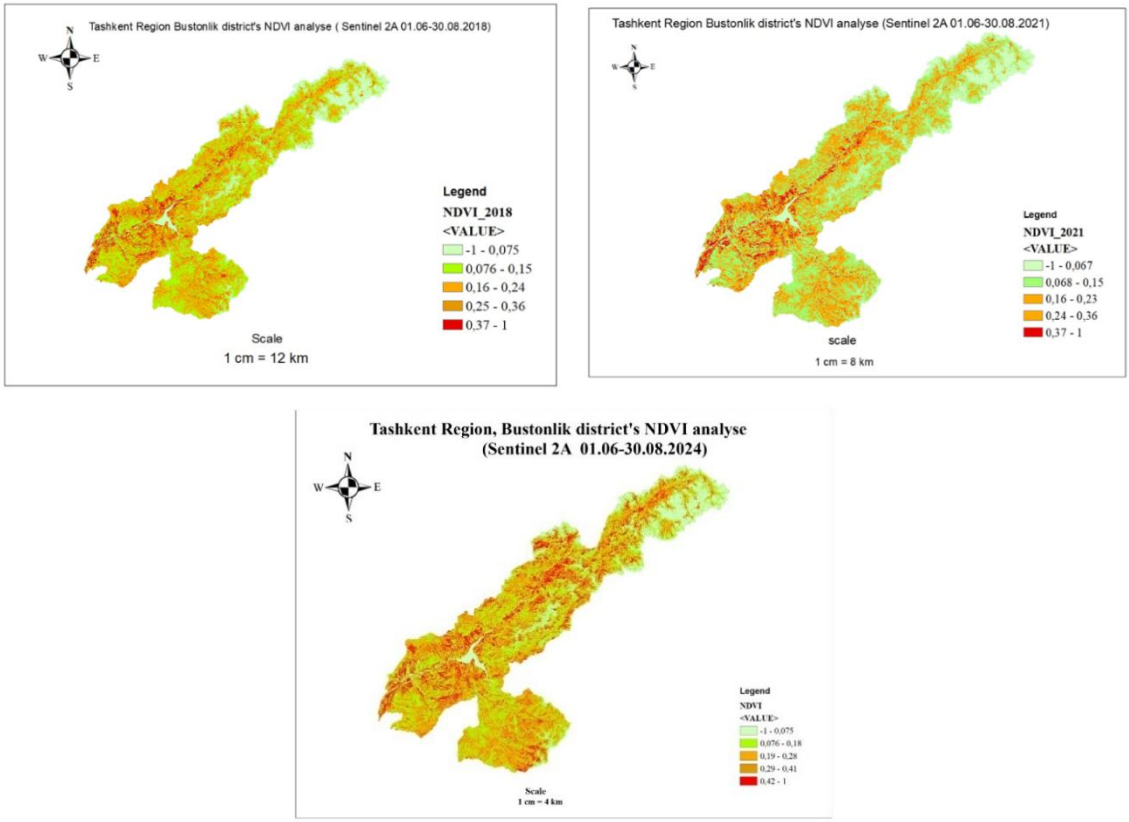


Figure 1. NDVI Analysis of the Bostanlyk District Forest Fund Lands (Sentinel-2A, 01.06–30.08) for the period 2018–2024

Results and discussion. During the research, the status of the forest fund lands in the Bostanlyk district for the years 2018, 2021, and 2024 was analyzed using the NDVI index based on Sentinel-2A imagery. The results demonstrated a positive dynamic in the vegetation cover within the region:

- **Status in 2018:** The majority of the vegetation fell within the low (0.076–0.15) and medium (0.16–0.24) density ranges, with high values (0.37–1.0) observed only in certain remote mountain foothills. This indicates that the plant cover was naturally limited or thinned out due to human activities such as grazing and construction.
- **Status in 2021:** Although no drastic changes were observed compared to 2018, positive shifts were recorded. Areas with values ranging from 0.16 to 0.36 expanded, indicating a stabilization of medium and well-developed vegetation cover, while areas with low indicators decreased.
- **Status in 2024:** The vegetation level significantly improved, with values between 0.19 and 0.41 occupying the main areas. In particular, an expansion of dense vegetation zones was observed in the southwestern and northeastern parts of the district.

Regional climatic shifts and an increase in precipitation levels are identified as the primary factors driving this positive growth. Specifically, CHIRPS data confirmed that precipitation in certain areas has increased significantly compared to 2018.[4]

Table 1. Difference in precipitation at each point (2018 vs 2024) based on CHIRPS (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data)

Longitude	2018 June	2024 June	Difference (mm)	2018 August	2024 August	Difference (mm)
70.0	32.00	35.16	+3.16	20.35	55.23	+34.88
70.1	38.00	25.47	-12.53	45.38	36.86	-8.52
70.2	34.89	28.53	-6.36	29.79	38.04	+8.25
70.3	32.04	48.97	+16.93	42.25	45.16	+2.91
70.4	29.65	53.75	+24.10	18.14	55.71	+37.57
70.5	36.76	38.21	+1.45	47.70	37.50	-10.20
70.6	30.20	41.14	+10.94	37.71	49.63	+11.92
70.7	46.80	33.61	-13.19	34.43	41.20	+6.77
70.8	48.68	46.73	-1.95	56.89	41.85	-15.04
70.9	28.49	29.78	+1.29	19.84	42.99	+23.15
71.0	30.34	48.21	+17.87	47.21	41.56	-5.65

Analysis of CHIRPS data revealed that precipitation levels in the region increased significantly between 2018 and 2024. The most substantial positive change was observed at the 70.4°E point, where an additional 24.10 mm of rainfall was recorded in June and 37.57 mm in August. Although a decrease was noted in certain areas (70.1°E and 70.8°E), the overall trend remained positive for vegetation development (***Table 1***). The results obtained are fully consistent with the conclusions of international scientists (Lechner, Kushwaha, and others) who have confirmed the high efficiency of the NDVI index in forest monitoring [5-9].

Conclusion. The research results demonstrate a positive dynamic in the vegetation cover of the Bostanlyk district, proving that GIS and NDVI technologies are reliable tools for monitoring the forest fund. These findings serve as a foundation for ensuring the ecological sustainability of the region and developing its tourism potential on a scientific basis within the framework of Decree No. PF-6053 of the President of the Republic of Uzbekistan.[10]

The results obtained during the study ensure the efficiency of GIS technologies in the future improvement of the forest fund in the Bostanlyk district, the maintenance of ecological stability, and the creation of new economic opportunities. This, in turn, contributes to protecting the long-term ecological and economic interests of the country in the preservation and development of the forest fund.

References

1. Mane, S. (2024). *Power of GIS in Forest Management and Conservation*. [1].

2. Cadastre Agency under the Ministry of Economy and Finance of the Republic of Uzbekistan. (2024). *Land Fund Data of the Republic of Uzbekistan*.[2]

3. European Space Agency (ESA). *Copernicus Data Space Ecosystem. Sentinel-2 Satellite Imagery Database*. Available at: https://dataspace.copernicus.eu/.[3]

4. CHIRPS. *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data*. Available at: https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps.[4]

5. Venanzi, R., et al. (2023). *Recent Applications of Smart Technologies for Monitoring the Sustainability of Forest Operations*.[5]

6. Henry, M., et al. (2015). *An Overview of Existing and Promising Technologies for National Forest Monitoring*.[6]

7. Lechner, A. M., et al. (2020). *Applications in Remote Sensing to Forest Ecology and Management*.[7]

8. Kushwaha, S. P. S. (2005). *Geospatial Technology for Forest Resources Management*.[8]

9. *Pasco, et al. (2021). Analysis of Land Management of the Forest Fund.*

10.*LexUZ Online Portal. Decree of the President of the Republic of Uzbekistan No. PF-6053. Available at: https://lex.uz/uz/docs/-4971096.[10]*

UDK: 504.064:556.5

ENVIRONMENTAL DYNAMICS AND SOCIO-ECOLOGICAL CHALLENGES OF THE AYDAR-ARNASAY LAKE SYSTEM AND THE SYR DARYA BASIN: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW (1978–2026)

Buriev Salimjon Sametjanvich *- Deputy Director for Scientific Affairs of the Research Institute of Environmental and Nature Protection Technologies under the Central Asian University for Environmental and Climate Change Studies (Green University)*

G'aybulloyev Oybek Ahat o'g'li *- PhD student at the Research Institute of Environmental and Nature Protection Technologies under the Central Asian University for Environmental and Climate Change Studies (Green University)*

Abstract. This systematic review synthesizes 114 Scopus-indexed publications (1978-2026) to evaluate the environmental evolution, hydrological flux, and ecological integrity of the Aydar-Arnasay Lake System (AALS) within the Syr Darya Basin, Uzbekistan. Formed anthropogenically in the Kyzylkum Desert, the AALS has evolved into a critical limnological asset and fishery hub, yet it remains ecologically precarious. Synthesis of the extant literature identifies escalating water mineralization, progressive soil salinization, deteriorating fishery yields, and persistent organic contamination as primary systemic threats. Bibliometric analysis indicates a significant surge in research output since 2020, characterized by the dominance of national institutions alongside expanding international research consortia. Critical knowledge gaps are identified in multi-decadal monitoring, transboundary data harmonization, and the operationalization of the Water-Energy-Food-Ecology (WEFE) nexus. This review offers evidence-based strategic frameworks for sustainable terminal lake management amidst climate-induced volatility and upstream anthropogenic regulation.

Keywords: Aydar-Arnasay Lake System (AALS); Syr Darya Basin; Water resources management; Soil salinity; Anthropogenic ecosystems; Bibliometric analysis; Central Asia.

Introduction. The hydrological crisis in Central Asia, epitomized by the Aral Sea desiccation, remains a focal point of regional

environmental discourse. Within this landscape, the Aydar-Arnasay Lake System (AALS) represents a unique socio-ecological phenomenon - an "accidental" ecosystem resulting from the 1969 catastrophic flood releases from the Shardara Reservoir. Encompassing the Aydarkul, Arnasay, and Tuzkan lakes, the system currently spans 4,000-5,500 km², functioning as a vital regional fishery, a biodiversity hotspot, and a key hydrogeological recharge zone.

The AALS hydrologic budget is inherently dependent on collector-drainage water (CDW) from irrigated landscapes and regulated discharges from the Syr Darya River. This artificial genesis renders the system exceptionally sensitive to upstream hydro-policy, including irrigation demands and hydropower optimization. Over the past five decades, the AALS has exhibited significant fluctuations in hydro-morphological parameters and water quality, directly impacting regional biodiversity and the livelihoods of local communities. Despite the escalating volume of scientific inquiries, a comprehensive synthesis of the AALS ecological trajectory has been absent. This study addresses this gap by: (1) quantifying evolutionary trends in research; (2) synthesizing cross-thematic scientific knowledge; (3) identifying critical research lacunae; and (4) proposing policy-oriented management frameworks.

Materials and Methods. A systematic literature search was executed in the Scopus database (updated April 28, 2026) employing a multi-string query related to the Aydar-Arnasay complex and Syr Darya environmental dynamics. Strict inclusion criteria were applied to select peer-reviewed works focusing on hydrology, hydrochemistry, soil science, and aquatic ecology. After rigorous screening and deduplication, a final corpus of 114 unique publications was established. Data extraction focused on longitudinal publication trends, thematic clustering, and citation impact, with bibliometric synthesis performed using Python-based analytical tools (e.g., Pandas, Matplotlib).

Bibliometric Analysis and Research Trends.

The evolution of scientific discourse regarding the Aydar-Arnasay Lake System (AALS) exhibits a non-linear trajectory. Research remained sporadic until 2019, primarily focusing on fundamental Soviet-era hydrological baselines. However, a significant paradigm shift occurred in 2020, marked by an exponential increase in publication volume. This "scholarly surge" peaked in 2021 with 30 indexed publications, maintaining a high plateau through 2024-2026.Analysis of document types reveals a heavy reliance on proceedings (56%), notably the E3S Web of Conferences, which suggests a rapid dissemination of preliminary findings. Nevertheless, the 38% share of high-impact peer-reviewed articles indicates a maturing field moving toward rigorous validation. The geographical distribution of authorship underscores Uzbekistan's central role (172 affiliations), but the increasing involvement of institutions from China (CAS), Germany, and Kazakhstan signifies the internationalization of the AALS as a global case study for terminal lake desiccation and anthropogenic resilience.

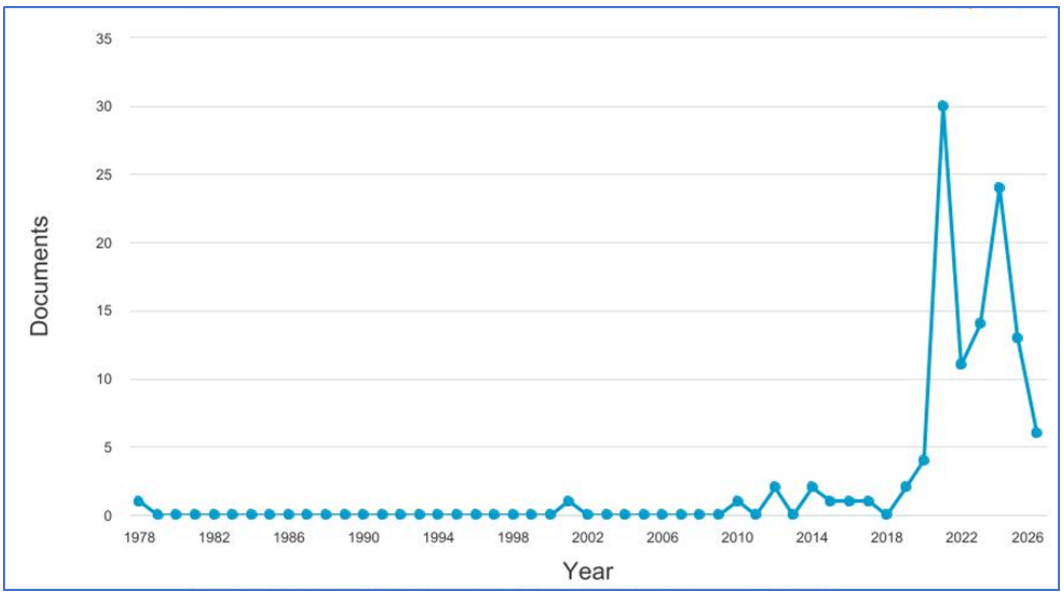


Figure 1: Annual publication counts.

Year	No. of Publications	Cumulative Total	Key Topics
Before 2019	4	4	Historical baseline, water law, remote sensing
2019	2	6	Biodiversity scenarios, dust characterization
2020	4	10	Water management, salinization, groundwater
2021	30	40	GIS, ecology, fisheries, soil salinity, agronomy
2022	11	51	Groundwater, vegetation, fish biology, remote sensing
2023	14	65	Water quality, pollutants, zooplankton, basalt studies
2024	24	89	GIS, hydrochemistry, fisheries, wastewater, governance
2025	13	102	Bacteria, NDVI-LST, wildlife ecology, flocculants
2026	6	108	Lake storage, Syrdarya flow, landscape dynamics, microbiology

Table 1. Annual distribution of publications by year and thematic focus

Thematic Synthesis

Research Theme	No. of Studies	% of Total	Representative References
Hydrology & Water Resources	22	19.3%	Kulmatov et al. (2021, 2022, 2024); Touge et al. (2024)
GIS & Remote Sensing	18	15.8%	Saipova et al. (2022); Sabirova et al. (2023); Barnokhon et al. (2024)
Soil Salinity & Groundwater	14	12.3%	Khasanov et al. (2022); Kulmatov et al. (2020); Duan et al. (2022)
Fisheries & Aquatic Biology	12	10.5%	Groll et al. (2016); Graham et al. (2017); Dekhkonova et al. (2022)
Water Quality & Pollution	10	8.8%	Amirgaliyev et al. (2023); Kulmatov et al. (2024)
Environmental & Ecosystem	9	7.9%	Harrison et al. (2019); Mueller et al. (2014)
Wastewater Treatment	7	6.1%	Malika et al. (2025); Adizova et al. (2025)
Geology & Mineralogy	7	6.1%	Nazarov et al. (2023); Kurbonov et al. (2023)
Agriculture & Agronomy	8	7.0%	Tukhtashev et al. (2021); Tellyaev et al. (2021)
Microbiology & Biotechnology	4	3.5%	Yakimov et al. (2025); Umruzokov et al. (2026)
Other/Multidisciplinary	3	2.6%	Various

Table 2. Distribution of publications by research theme.

4. Results and Discussion: A Multi-disciplinary Synthesis

4.1. Hydrology and Water Budget Dynamics

The Aydar-Arnasay Lake System (AALS), established in 1969, operates as an anthropogenic sink primarily sustained by agricultural collector-drainage water (CDW) and episodic flood releases from the Shardara Reservoir. Over the study period, the system's hydrologic volume has exhibited substantial volatility, fluctuating between 8 and 44 km^3, with corresponding surface area variations ranging from 2,000 to 5,500 km^2 [20]. A critical finding in recent literature is the dominance of evaporative loss and groundwater infiltration, which together account for over 60% of the total water budget. Advanced satellite-based modeling confirms that the AALS's long-term viability is critically contingent upon upstream hydro-regulation and is increasingly

vulnerable to reduced transboundary inflows [3, 17, 37].

4.2. Spatio-temporal Monitoring via GIS and Remote Sensing

Remote sensing (RS) has emerged as the quintessential tool for monitoring the AALS's environmental evolution. Integrated analyses using Landsat, Sentinel, and MODIS time-series data reveal a concerning 30% reduction in surface area during specific decadal intervals (2000-2020). Beyond mere mapping, GIS applications have been instrumental in quantifying desertification rates, shifts in halophytic vegetation, and the spatial gradients of groundwater mineralization [4, 15, 47, 48].

4.3. Soil Salinization and Hydrogeological Constraints

Pedogenic salinization constitutes the most pervasive threat to the region's ecological and agricultural stability. Evidence indicates that soil electrical conductivity (EC) in the Syrdarya Province surged by 15-40% between 2005 and 2020. Simultaneously, groundwater mineralization in affected zones has escalated to 3.5 g/l, driven by suboptimal irrigation practices and accelerated by climate-induced evapotranspiration [29, 35, 48]. Current research highlights the potential of native halophytes as a biological mitigation strategy for soil remediation.

4.4. Anthropogenic Impact on Fisheries and Aquatic Biodiversity

Historically, the AALS was a premier inland fishery, with peak annual yields exceeding 20,000 tonnes in the early 1990s. However, contemporary data indicate a precipitous decline in productivity. This "trophic shift" is attributed to escalating hypersalinization (>3 g/L), habitat fragmentation, and chronic overexploitation [38]. Key commercial species, such as *Sander lucioperca* (pikeperch) and *Rutilus rutilus* (roach), exhibit stunted growth rates and diminished fecundity. Without immediate conservation interventions, the fishery faces an imminent risk of socio-economic collapse [30, 40].

4.5. Water Quality and Environmental Toxicology

The AALS acts as a terminal reservoir for CDW, which transports a complex mixture of salts, nitrogenous nutrients, heavy metals, and persistent organic pollutants (POPs), including legacy pesticides like DDT and PCBs. Spatial analysis demonstrates a distinct mineralization gradient, with salinity increasing significantly from the inflow points toward the terminal basins [10, 23, 39]. Furthermore, the bioaccumulation of toxins in aquatic food webs presents a potential, yet under-researched, risk to public health.

5. Synthesis: Governance, Gaps, and Future Outlook

The AALS exemplifies the inherent paradox of human-engineered ecosystems in arid regions. While its ecological and economic value is undisputed, its future is dictated by upstream hydro-political decisions and climate change, which exacerbates stress through altered snowmelt patterns and increased thermal forcing.

Critical Research Gaps:

Monitoring. Absence of a standardized, long-term automated monitoring framework.

Valuation. Lack of quantitative economic valuation of ecosystem services (ESV).

Modeling. Insufficient transboundary hydrological models that integrate climate scenarios.

Public Health. Limited longitudinal studies on the

toxicological impact of dust and water pollutants on local communities.

6. Policy Recommendations

1. Establish a transboundary, real-time monitoring network for the Syrdarya-AALS continuum.

2. Implement precision drainage management and promote the cultivation of salt-tolerant, high-value crops.

3.Enforce science-based harvest quotas and initiate wetland habitat restoration programs.

4. Legally define and mandate "minimum ecological flow" requirements from the Shardara Reservoir.

5. Scale up the application of locally adapted microbial consortia for in-situ bioremediation of saline soils.

Conclusions

The Aydar-Arnasay Lake System is an ecologically significant yet inherently unstable artificial ecosystem. Scientific literature since 1978, particularly the post-2020 surge, clearly documents both its value and vulnerabilities. Controlling salinization, ensuring ecological flows, and strengthening monitoring are urgent priorities. Sustained Uzbek-international collaboration, supported by integrated nexus policies, offers the best path toward long-term sustainability of this unique desert lake system.

References

[1] Bhargavi, K., Krishnan, P., Anand, A., Kantharajan, G., Landge, A.T., Nayak, B.B. (2022). A remote sensing approach to explore the available water spread for fisheries development in the reservoirs of Godavari River Basin, Telangana, India. Indian Journal of Fisheries, 69(4), 14–27. https://doi.org/10.21077/ijf.2022.69.4.123322-02

[2] Erkabaev, F., Madrimov, R., Nurmatova, V. (2024). Status quo analysis of the Aidar-Arnasay Lake System. E3S Web of Conferences, 497. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202449702025

[3] Huang, S., Chen, X., Yang, L., Liu, T., Li, L., Ma, X., et al. (2026). Reconstructing Lake Storage for the Major Water Bodies in the Aral Sea Basin Using Multi-DEM Hypsometry. Remote Sensing, 18(5). https://doi.org/10.3390/rs18050763

[4] Barnokhon, S., Gulnoza, K., Alyona, V., Vohidjon, N., Ulugbek, R., Dildora, D. (2024). Advantages of determining the area of natural water bodies based on remote sensing and GIS technologies. E3S Web of Conferences, 590. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202459002006

[5] Nomozov, S., Jumaboev, B., Abralov, O., Kamilov, B. (2021). Population-ecological analysis of Rutilus Rutilus Aralensis Berg in Tuzkan lake, Uzbekistan. E3S Web of Conferences, 244. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124402043

[6] Duan, Z., Wang, X., Shakhimardan, S., Sun, L., Liu, W., Luo, Y. (2022). Impacts of lake water change on vegetation development in the retreat area of the Aral Sea. Journal of Hydrology, 613. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128416

[7] Abdimuminov, B., Mamatkulov, Z., Allanov, K., Abdunazarav, H., Umarova, M., Choriev, A. (2024). Monitoring and mapping of desertification process using geospatial data and GIS technologies in Mirzachul area. E3S Web of Conferences, 590. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202459003008

[8] Harrison, P.A., Harmáčková, Z.V., Karabulut, A.A., et al. (2019). Synthesizing plausible futures for biodiversity and ecosystem services in

Europe and Central Asia using scenario archetypes. Ecology and Society, 24(2). https://doi.org/10.5751/ES-10818-240227
[9] Sharipov, S.M., Gudalov, M.R., Shomurodova, S.G. (2020). Geoecological situation in the Aydar-Arnasay colony and its atrophy. Journal of Critical Reviews, 7(3), 461–468. https://doi.org/10.31838/jcr.07.03.85
[10] Azimov, D., Turabdjanov, S., Egamberdiyev, E., Azimova, S., Nazirova, R., Dautov, B., et al. (2023). Investigation of the water of Aydarkul Lake into components and the scope of their application. E3S Web of Conferences, 421. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342105004
[11] Jones, M., Steblaj, V., Schang, K., Ross, M., Markle, C. (2025). Water, Wildlife and the World: A Global Synthesis of Trends in Wildlife Ecohydrology Research. Ecohydrology, 18(7). https://doi.org/10.1002/eco.70122
[12] Kulmatov, R., Mirzaev, J., Taylakov, A., Abuduwaili, J., Karimov, B. (2021). Quantitative and qualitative assessment of collector-drainage waters in Aral Sea Basin: trends in Jizzakh region. Environmental Earth Sciences, 80(3). https://doi.org/10.1007/s12665-021-09406-y
[13] Tukhtashev, B., Norkulov, U., Izbosarov, B. (2021). Technology of proper use of saline soils in the conditions of Uzbekistan. E3S Web of Conferences, 258. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125803027
[14] Sumarokova, V.V., Tsytsenko, K.V. (1978). Decrease of river runoff in the Aral Sea basin (Syr-Dar'ya, Arnasay depression, Kara-Kum canal). Soviet Hydrology: Selected Papers, 17(4), 323–328.
[15] Sabirova, N., Groll, M., Abbasov, S. (2023). Use of remote sensing Landsat-EVI in the assessment of landscape degradation (On the example of the Aydar-Arnasay lake systems). E3S Web of Conferences, 386. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338605014
[16] Nasirova, M. (2024). Bibliometric analyses of climate change study in Central Asia between 1990–2022. International Journal of Global Warming, 32(1), 29–53. https://doi.org/10.1504/IJGW.2024.135357
[17] Kulmatov, R., Ruzikulova, O., Taylakov, A. (2022). Determination and assessment of water resources balance of Aydar-Arnasay Lake System in Uzbekistan. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1068(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/1068/1/012045
[18] Ziganshina, D. (2012). International water law in Central Asia: The nature of substantive norms and what flows from it. Asian Journal of International Law, 2(1), 169–192. https://doi.org/10.1017/S2044251311000087
[19] Rakhimova, T., Komilova, N., Allaberdiev, R., Kamalova, M., Kuchkarov, N., Sherimbetov, V., et al. (2023). Salt balance of promising halophytes Climacoptera lanata L. and Tamarix hispida L. in the Kyzylkum Desert. Innovaciencia, 11(1). https://doi.org/10.15649/2346075X.3604
[20] Kulmatov, R., Taylakov, A., & Khasanov, S. (2021). Investigating and evaluating the dynamics of change in water resources of the Aydar-Arnasay Lake system in Uzbekistan. Environmental Science and Pollution Research, 28(10), 12245–12255. https://doi.org/10.1007/s11356-020-11959-7

[21] Avezov, S., Rakhimbabaeva, M., Ibraimova, A., Maksumkhanova, A., Rasulov, A. (2025). Temporal analysis of NDVI-LST relationship using MODIS data: A case study of the Bukhara region. AIP Conference Proceedings, 3286(1). https://doi.org/10.1063/5.0281725
[22] Tolesh, A.B., Mamitova, A.D., Karlykhanov, O.K., Tazhieva, T.Ch., Kalmakhanova, M.S. (2026). Flow regulation of the Syrdarya River at Shardara under energy releases. News of the National Academy of Sciences, Republic of Kazakhstan, Geology and Technical Sciences, 2026(1), 345–361. https://doi.org/10.32014/2026.2518-170X.608
[23] Kulmatov, R., Taylakov, A., Khasanov, S. (2024). GIS approach for the evaluation of water resources quality indicators of the Aydar-Arnasay Lakes System in Uzbekistan. Sustainable Water Resources Management, 10(1). https://doi.org/10.1007/s40899-023-01007-w
[24] Namozov, S., Sobirov, J., Kamilov, B., Sobirov, B., Atamuratova, M., Dekhkonova, D. (2025). Length-weight relationship and condition factor of roach Rutilus rutilus in lentic waterbodies of Uzbekistan. Biosystems Diversity, 33(3). https://doi.org/10.15421/012547
[25] Duan, Y., Ma, L., Abuduwaili, J., Liu, W., Saparov, G., Smanov, Z. (2022). Driving Factor Identification for the Spatial Distribution of Soil Salinity in the Irrigation Area of the Syr Darya River, Kazakhstan. Agronomy, 12(8). https://doi.org/10.3390/agronomy12081912
[26] Kurbonov, A., Sattorov, L., Kamolov, B., Rakhimov, O. (2023). Chemical and mineralogical studies of basalt Aydarkul. BIO Web of Conferences, 71. https://doi.org/10.1051/bioconf/20237102040
[27] Karimov, A., Mavlonov, A., Miryusupov, F., Gracheva, I., Borisov, V., Abdurahmonov, B. (2012). Modelling policy alternatives toward managed aquifer recharge in the Fergana Valley, Central Asia. Water International, 37(4), 380–394. https://doi.org/10.1080/02508060.2012.706432
[28] Dehkonova, D., Kanatbaeva, T., Ummatova, M., Yuldashov, M. (2021). Analysis of age and growth indicators of white pikeperch (Sander lucioperca) in Tuzkon lake (Aydar-Arnasay Lake System), Uzbekistan. E3S Web of Conferences, 244. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124402015
[29] Kulmatov, R.A., Adilov, S.A., Khasanov, S. (2020). Evaluation of the spatial and temporal changes in groundwater level and mineralization in agricultural lands under climate change in the Syrdarya province, Uzbekistan. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 614(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/614/1/012149
[30] Graham, N.A., Pueppke, S.G., Uderbayev, T. (2017). The current status and future of Central Asia's fish and fisheries: Confronting a wicked problem. Water (Switzerland), 9(9). https://doi.org/10.3390/w9090701
[31] Guillaume, J.H.A., Kummu, M., Eisner, S., Varis, O. (2015). Transferable principles for managing the nexus: Lessons from historical global water modelling of Central Asia. Water (Switzerland), 7(8), 4200–4231. https://doi.org/10.3390/w7084200
[32] Schmidt, S., Hamidov, A., Kasymov, U. (2024). Analysing Groundwater Governance in Uzbekistan through the Lenses of Social-Ecological Systems and Informational Governance.

International Journal of the Commons, 18(1), 203–217. https://doi.org/10.5334/ijc.1322
[33] Mueller, L., Suleimenov, M., Karimov, A., Qadir, M., Saparov, A., Balgabayev, N., ... & Helming, K. (2014). Land and water resources of Central Asia, their utilisation and ecological status. In Novel Measurement and Assessment Tools for Monitoring and Management of Land and Water Resources in Agricultural Landscapes of Central Asia (pp. 3–59). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-01017-5_1
[34] Wang, X., Pan, Z., Zhao, Y. (2025). From primary to secondary invasions: Strategies to mitigate the invasion risk of pikeperch. Water Biology and Security, 4(4). https://doi.org/10.1016/j.watbs.2025.100380
[35] Kulmatov, R., Mirzaev, J., Abuduwaili, J., Karimov, B. (2020). Challenges for the sustainable use of water and land resources under a changing climate and increasing salinization in the Jizzakh irrigation zone of Uzbekistan. Journal of Arid Land, 12(1), 90–103. https://doi.org/10.1007/s40333-020-0092-8
[36] Crétaux, J.-F., Bergé-Nguyen, M. (2014). Aral Sea hydrology from satellite remote sensing. In The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great Lake, 273–299. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02356-9_11
[37] Touge, Y., Kobayashi, G., Khujanazarov, T., & Tanaka, K. (2024). Reproduction of historical water balance in the Aral Sea Basin: The physically-based framework to quantify water consumption components in endorheic lake. Journal of Hydrology, 640, 131711. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.131711
[38] Groll, M., Kulmatov, R., Mullabaev, N., Opp, C., Kulmatova, D. (2016). Rise and decline of the fishery industry in the Aydarkul–Arnasay Lake System (Uzbekistan): effects of reservoir management, irrigation farming and climate change on an unstable ecosystem. Environmental Earth Sciences, 75(10). https://doi.org/10.1007/s12665-016-5691-5
[39] Amirgaliyev, N., Opp, C., Askarova, M., Ismukhanova, L., Madibekov, A., Zhadi, A. (2023). Long-Term Dynamics of Persistent Organic Pollutants in Water Bodies of the Aral Sea–Syrdarya Basin. Applied Sciences (Switzerland), 13(20). https://doi.org/10.3390/app132011453
[40] Dekhkonova, D., Sobirov, J., Yuldashov, M., Kamilov, B. (2022). Biological characteristics of the Pike perch (Sander lucioperca) from Aydar-Arnasay Lake system in the middle Stream of the Syrdarya River in Uzbekistan. Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries, 26(6), 1187–1197. https://doi.org/10.21608/ejabf.2022.280348
[41] Artikov, K., Wiehle, M., Schlecht, E., Buerkert, A., Nguyen, T.T. (2026). Time series analysis of CORONA and Landsat data reveals agro-pastoral landscape dynamics in Nurota, Uzbekistan (1968–2023). Environmental Challenges, 23. https://doi.org/10.1016/j.envc.2026.101482
[42] Umruzokov, A.A., Kondrasheva, K.V., Davranov, K.D., Gavrilov, S.N., et al. (2026). Genomic Insights into the Polysaccharide-Degrading Potential of Rhizosphere-Associated Niallia sp. M35 Isolated from Saline Soils in the Aydarkul Lake Region. Microbiology

(Russian Federation), 95(2), 232–242. https://doi.org/10.1134/S0026261725603112
[43] Peña-Ramos, J.A., Bagus, P., Fursova, D. (2021). Water conflicts in Central Asia: Some recommendations on the non-conflictual use of water. Sustainability (Switzerland), 13(6). https://doi.org/10.3390/su13063479
[44] Nazarov, S., Razzokov, K., Shirinov, G., Niyozov, E., Rashidova, R., Rasulov, M., Ganiev, B. (2023). Investigation of thermal properties and composition on basalts of the Aydarkul deposit by methods DTA/DTG and X-ray diffraction. E3S Web of Conferences, 389. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338901023
[45] Yakimov, M.M., Marturano, L., Kondrasheva, K.V., Gavrilov, S.N., et al. (2025). Diversity and Bioprospecting of Culturable Plant-Associated Bacteria from Saline Soils in the Aydarkul Lake Region, Uzbekistan. Eurasian Soil Science, 58(13). https://doi.org/10.1134/S1064229325603361
[46] Shi, H., Luo, G., Zheng, H., Chen, C., Hellwich, O., Bai, J., ... & Voigt, C. (2021). A novel causal structure-based framework for comparing a basin-wide water-energy-food-ecology nexus applied to the data-limited Amu Darya and Syr Darya river basins. Hydrology and Earth System Sciences, 25(2), 901–925. https://doi.org/10.5194/hess-25-901-2021
[47] Saipova, B., Ruzikulova, O., Djuraeva, D., Altiev, A. (2022). Application of remote sensing and GIS integration for analysing of water zone: a case study from the Aydarkul-Arnasay-Tuzkon lake system (AATLS), Uzbekistan. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1068(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/1068/1/012046
[48] Khasanov, S., Li, F., Kulmatov, R., Zhang, Q., Qiao, Y., Odilov, S., et al. (2022). Evaluation of the perennial spatio-temporal changes in the groundwater level and mineralization, and soil salinity in irrigated lands of arid zone: as an example of Syrdarya Province, Uzbekistan. Agricultural Water Management, 263. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107444
[49] Quvatov, A.Q., Atamuratova, M.Sh. (2024). Some Ecological Features of Fish Species Common in the Aidar-Arnasay Lakes System in Uzbekistan. Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries, 28(5), 1595–1610. https://doi.org/10.21608/ejabf.2024.384778

UDK: 528.8:631.4

G‘ALLAOROL TUMANI QISHLOQ XO‘JALIGI YERLARINI GAT VA MASOFADAN ZONDLASH TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA MONITORING QILISH VA SIFAT JIHATDAN BAHOLASH

Negboyeva Dilnura *- ”TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti Yer resurslari va kadastr fakulteti Yerni masofaviy zondlashda innovatsion texnologiyalar yo‘nalishi talabasi*
Abdurahmonov S.N *– “TIQXMMI” MTU, “GGI” kafedrasi dotsenti*
Maxsudov R.I *- “TIQXMMI” MTU, “GGI” kafedrasi assistenti*

Annotatsiya. Ushbu maqolada G‘allaorol tumani qishloq xo‘jaligi yerlarining hozirgi holati Google Earth Engine (GEE) va ArcGIS platformalari

yordamida kompleks tahlil qilingan. Tadqiqot davomida Sentinel-2 va Landsat 8 sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari asosida hududning vegetatsiya indeksi (NDVI), yer sirt harorati (LST) va tuproq sho'rlanish darajasi (SI) ko'rsatkichlari fazoviy modellashtirildi. Tahlillar natijasida ekin maydonlaridagi termal stress va sho'rlanish o'choqlari aniqlandi. Xususan, NDVI koeffitsienti past bo'lgan zonalarda sirt haroratining **62.3°C** ga ko'tarilishi va bu jarayonning sho'rlanish indeksi bilan to'g'ridan-to'g'ri bog'liqligi ilmiy isbotlandi. Tadqiqot natijalari qishloq xo'jaligida resurslarni tejaydigan intellektual monitoring tizimini joriy etish va hosildorlikni bashorat qilish uchun amaliy asos bo'lib xizmat qiladi.

Tayanch so'zlar: GAT, Google Earth Engine, ArcGIS, Sentinel-2, Landsat 8, NDVI, LST, sho'rlanish, G'allaorol tumani, masofadan zondlash, raqamli qishloq xo'jaligi.

Аннотация. В данной статье представлен комплексный анализ текущего состояния сельскохозяйственных земель Галляаральского района с использованием платформ Google Earth Engine (GEE) и ArcGIS. В ходе исследования на основе спутниковых данных Sentinel-2 и Landsat 8 было проведено пространственное моделирование вегетационного индекса (NDVI), температуры земной поверхности (LST) и индекса засоления почв (SI). Результаты анализа позволили выявить очаги термического стресса и засоления на посевных площадях. В частности, научно обосновано, что повышение температуры поверхности до **62,3°C** в зонах с низким коэффициентом NDVI имеет прямую корреляционную связь с индексом засоления. Результаты исследования служат практической основой для внедрения интеллектуальных систем мониторинга, направленных на ресурсосбережение и прогнозирование урожайности в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: ГИС, Google Earth Engine, ArcGIS, Sentinel-2, Landsat 8, NDVI, LST, засоление, Галляаральский район, дистанционное зондирование, цифровое сельское хозяйство.

Abstract: This paper analyzes the current state of agricultural lands in the Gallaorol district using GIS and remote sensing technologies integrated through Google Earth Engine (GEE) and ArcGIS platforms. During the research, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Land Surface Temperature (LST), and Soil Salinity Index (SI) were spatially modeled based on Sentinel-2 and Landsat 8 satellite data. The analysis identified thermal stress zones and salinity hotspots within crop areas. Specifically, it was scientifically proven that a rise in surface temperature to **62.3°C** in low-NDVI zones is directly correlated with the salinity index. The findings provide a practical basis for implementing resource-saving intelligent monitoring systems and yield forecasting in agriculture.

Keywords: GIS, Google Earth Engine, ArcGIS, Sentinel-2, Landsat 8, NDVI, LST, Salinity, Gallaorol district, Remote Sensing, Digital Agriculture. tuman sharoitini yaxshi tushunishingiz haqida ijobiy tasavvur uyg'otadi.

Kirish. *O'zbekiston Respublikasining agrar sektori iqlim o'zgarishi va suv resurslari taqchilligi sharoitida yangi texnologik yechimlarni talab etmoqda. Mamlakatimiz taraqqiyot strategiyasida belgilangan qishloq xo'jaligini raqamlashtirish vazifasi yerlarning unumdorligini masofadan*

turib monitoring qilish va har bir kontur bo‘yicha aniq ma’lumotlar bazasini shakllantirishni nazarda tutadi. Bu borada Geografik Axborot Tizimlari (GAT) va masofadan zondlash (Remote Sensing) texnologiyalari eng samarali vosita bo‘lib xizmat qilmoqda.

Jizzax viloyatining G‘allaorol tumani o‘zining o‘ziga xos tabiiy-iqlimiy sharoiti, ya’ni ham sug‘oriladigan, ham keng lalmikor maydonlarga ega ekanligi bilan ajralib turadi. Tuman viloyatning markaziy qismida joylashgan bo‘lib, murakkab relyef tuzilishi va arid iqlim sharoitiga ega. So‘nggi yillarda mintaqada kuzatilayotgan o‘rtacha yillik haroratning ko‘tarilishi va yog‘ingarchilik miqdorining kamayishi, tuman qishloq xo‘jaligi yerlarida tuproq degradatsiyasi hamda ikkilamchi sho‘rlanish jarayonlarining jadallashishiga sabab bo‘lmoqda.
G‘allaorol tumanida tuproq unumdorligini saqlash va ekinlar holatini nazorat qilishda an’anaviy usullar (bevosita dala kuzatuvlari) katta vaqt va resurs talab etadi. Shu sababli, tadqiqotda **Google Earth Engine (GEE)** kabi bulutli platformalar yordamida Sentinel-2 va Landsat 8 sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlarini tahlil qilish asosiy maqsad qilib olindi. Bu usul tumandagi vegetatsiya indekslari (NDVI) pasayishi va yer sirt harorati (LST) ko‘tarilishi o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlash orqali sho‘rlanish o‘choqlarini masofadan turib identifikatsiya qilish imkonini beradi.

Mazkur tadqiqotning dolzarbligi G‘allaorol tumani qishloq xo‘jaligi yerlari uchun ilk bor multispektral indekslar asosida "raqamli portret" yaratish va hududning iqlimiy stressga chidamliligini baholashdan iboratdir. Olingan natijalar tumanda "aqlli dehqonchilik" (smart farming) tamoyillarini joriy etish uchun ilmiy-amaliy dasturulamal bo‘lib xizmat qiladi.

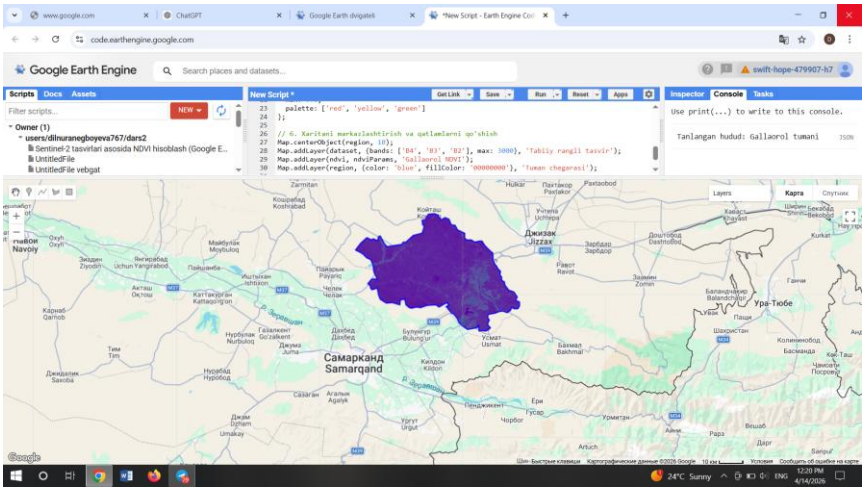
Metodologiya. Tadqiqot ishini amalga oshirishda masofadan zondlash (RS) ma’lumotlari va Geografik Axborot Tizimlari (GAT) usullari integratsiyalashgan holda qo‘llanildi. G‘allaorol tumanining sug‘oriladigan va lalmikor yerlari holatini baholash uchun quyidagi bosqichma-bosqich metodika amalga oshirildi:

1. Ma’lumotlar manbasi va dasturiy ta’minot: Tadqiqotda **Sentinel-2** va **Landsat 8 (OLI/TIRS)** sun’iy yo‘ldoshlarining 2023-yilgi multispektral tasvirlaridan foydalanildi.

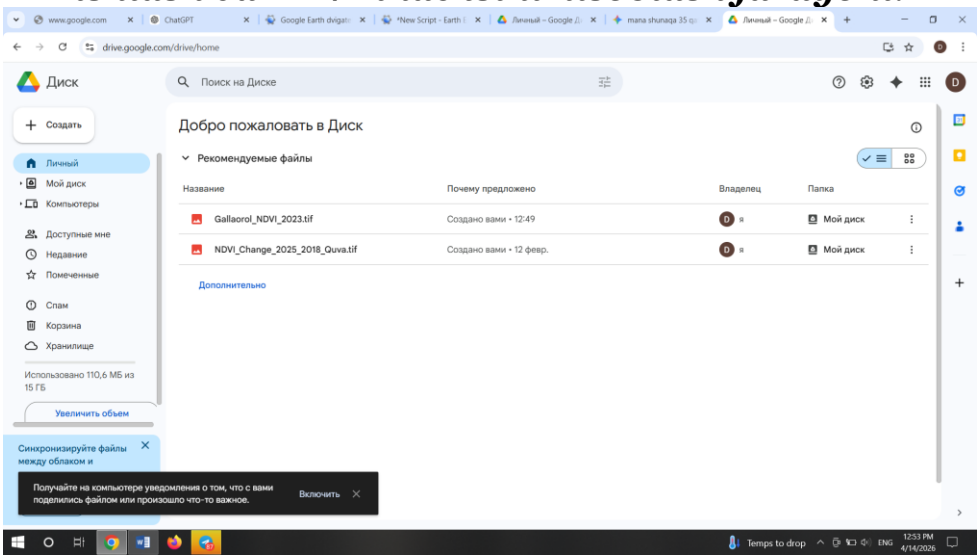
JavaScript

```
// Sentinel-2 ma’lumotlaridan NDVI indeksini hisoblash kodi
var dataset = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
  .filterBounds(region)
  .filterDate('2025-04-01', '2025-09-30')

.filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 10));
var addNDVI = function(image) {
  var ndvi = image.normalizedDifference(['B8', 'B4']).rename('NDVI');
            return image.addBands(ndvi);
};
var medianNDVI = dataset.map(addNDVI).select('NDVI').median().clip(re
```



1-rasm. Google Earth Engine muhitida Sentinel-2 tasvirlarini qayta ishlash va NDVI indeksini hisoblash jarayoni.



2-rasm. Google Earth Engine platformasida hisoblangan geofazoviy ma'lumotlarni (GeoTIFF) bulutli xotiraga eksport qilish va tizimlashtirish jarayoni.

Barcha geofazoviy tahlillar, xaritalarni vizuallashtirish va geostatistik hisob-kitoblar **ArcGIS (10.8)** dasturiy ta'minotlari muhitida bajarildi.

2. Vegetatsiya holatini aniqlash (NDVI):
O‘simlik qoplamining biomassasi va salomatligini baholash uchun Normalizatsiyalangan farqli vegetatsiya indeksi (NDVI) hisoblab chiqildi. Bunda o‘simlikning qizil (Red) va yaqin infraqizil (NIR) spektral kanallari nisbatidan foydalanildi:
NDVI = {NIR - Red}/{NIR + Red}
Olingan natijalar o‘simliklarning fotosintetik faolligini va hosildorlik salohiyatini aniqlash imkonini berdi.

3. Tuproq sho‘rlanishini modellashtirish (Salinity Index):
Tuproq tarkibidagi tuzlarning to‘planish darajasini masofadan aniqlashda sho‘rlanish indeksi (SI) qo‘llanildi. Bunda Landsat 8 sun’iy yo‘ldoshining ko‘rinadigan va qisqa to‘lqinli infraqizil kanallari yordamida tuproqning spektral qaytaruvchanligi tahlil qilindi. Bu usul tuproqning sho‘rlanish darajasini to'rt guruhga (sho‘rlanmagan, kam, o‘rta va kuchli sho‘rlangan) bo‘lib o‘rganish imkonini berdi.

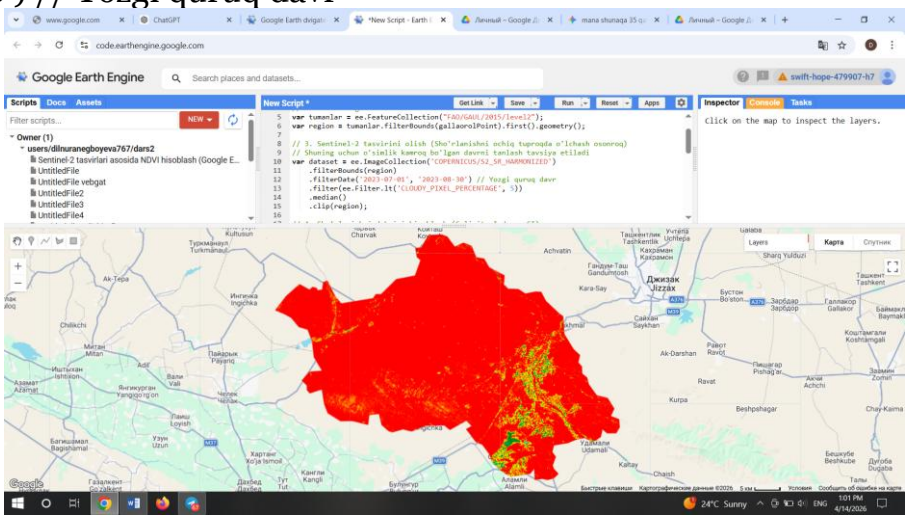
```
// 1. G'allaorol tumani koordinatalari
var gallaorolPoint = ee.Geometry.Point([67.58, 40.01]);
```

```
// 2. Tuman chegarasini olish
var tumanlar = ee.FeatureCollection("FAO/GAUL/2015/level2");
var region = tumanlar.filterBounds(gallaorolPoint).first().geometry();

// 3. Sentinel-2 tasvirini olish (Sho'rlanishni ochiq tuproqda o'lchash osonroq)
// Shuning uchun o'simlik kamroq bo'lgan davrni tanlash tavsiya etiladi
var dataset = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED')
    .filterBounds(region)
    .filterDate('2023-07-01', '2023-08-30') // Yozgi quruq davr
    .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 5))
    .median()
    .clip(region);

// 4. Sho'rlanish indeksini hisoblash (Salinity Index - SI)
// Formula: SI = sqrt(Blue * Red)
var salinityIndex = dataset.expression(
    'sqrt(B2 * B4)', {
      'B2': dataset.select('B2'), // Blue band
      'B4': dataset.select('B4') // Red band
    }).rename('Salinity_Index');
```

Ushbu kod yordamida analiz ishlari olib borildi.



3-rasm. Google Earth Engine muhitida Sentinel-2 multispektral tasvirlari asosida shoʻrlanish indekslarini (SI) hisoblash uchun maʼlumotlarni qurgʻoqchilik davriga koʻra filtrlash jarayoni.

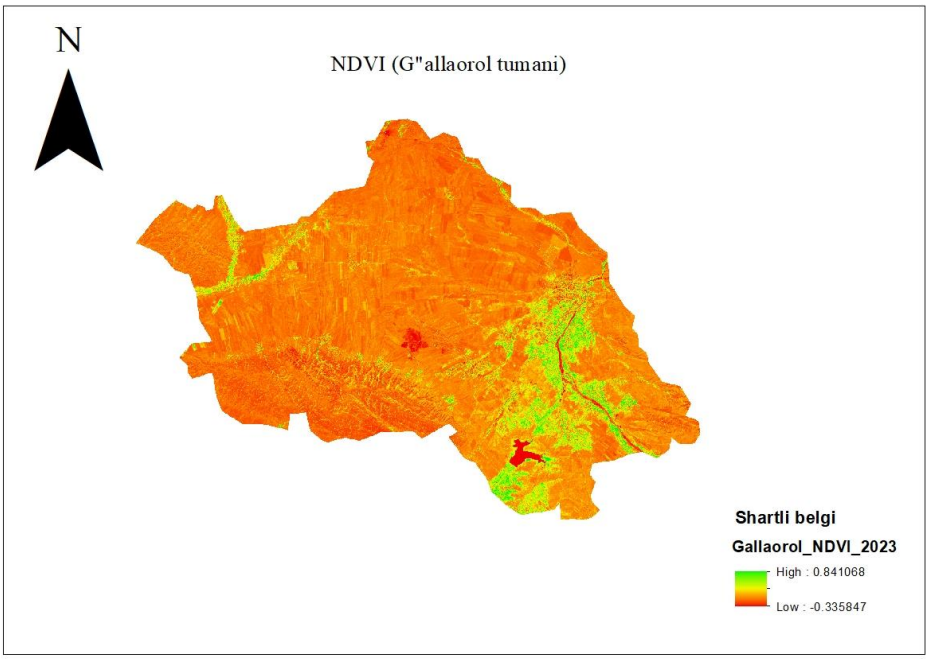
4. Yer sirt haroratini (LST) hisoblash: Ekin maydonlaridagi termal stressni aniqlash uchun Landsat 8 ning termal (TIRS) kanallari yordamida Yer sirt harorati (Land Surface Temperature) modellashtirildi. Haroratning yuqori qiymatlari va oʻsimlik degradatsiyasi oʻrtasidagi bogʻliqlikni aniqlashda oʻrtacha yillik va vegetatsiya davridagi koʻrsatkichlar inobatga olindi.

5. Geostatistik tahlil va interpolyatsiya: Hudud boʻyicha nuqtali maʼlumotlarni (meteostansiyalar va namuna nuqtalari) maydon boʻylab taqsimlashda **Kriging interpolyatsiya** algoritmidan foydalanildi. Bu usul tuman miqyosida harorat va shoʻrlanishning uzluksiz fazoviy xaritalarini yaratishga va hosildorlikni bashorat qilishga asos boʻldi.

Tahlil va natijalar. G‘allaorol tumanining qishloq xo‘jaligi yerlarini sifat jihatdan baholash va monitoring qilish maqsadida GAT geoma’lumotlar bazasida shakllantirilgan mavzuli qatlamlar asosida kompleks geofazoviy tahlillar olib borildi. Tadqiqot davomida NDVI (vegetatsiya), LST (harorat) va sho‘rlanish ko‘rsatkichlarining o‘zaro bog‘liqligi quyidagi natijalarni ko‘rsatdi:

Vegetatsiya holati va biomassaning fazoviy taqsimoti (NDVI)

Sentinel-2 ma’lumotlari asosida olingan NDVI xaritasi tuman hududidagi o‘simlik qoplamining salomatlik darajasini ko‘rsatadi. Tahlillarga ko‘ra, NDVI koeffitsientining maksimal qiymati **0.84** ni tashkil etib, bu asosan tog‘ oldi zonalariga va sug‘oriladigan ekin maydonlariga to‘g‘ri keladi. Biroq, xaritaning markaziy va shimoliy qismlarida indeks qiymati **-0.33** gacha pasaygan hududlar kuzatiladi, bu esa yerlarning jiddiy degradatsiyaga uchraganini yoki ochiq tuproq maydonlari ekanligini anglatadi.



1-rasm. G‘allaorol tumanining NDVI (vegetatsiya indeksi) xaritasi (2023 y).

Xaritadagi sariq va och jigarrang zonalar o‘simlik biomassasining sustligini va hosildorlik salohiyati pastligini anglatadi.

Yer sirt harorati (LST) va termal stress tahlili

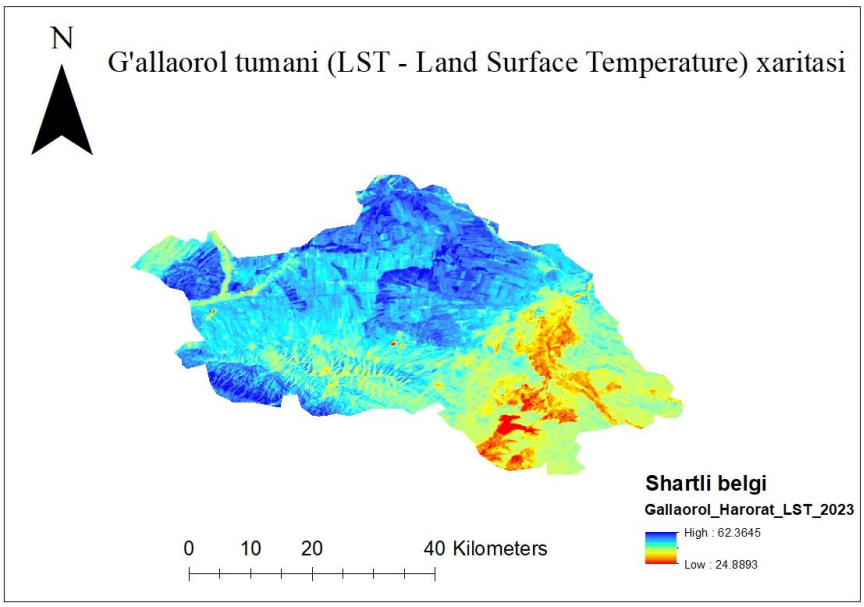
Tuproq yuzasidagi termal holat o‘simliklarning vegetatsiya davriga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Landsat 8 termal kanallari yordamida olingan natijalar quyidagilarni ko‘rsatdi:

Landsat 8 termal kanallari yordamida olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, hududning issiqlik rejimi vegetatsiya bilan teskari bog‘liqlikka ega. Xaritadagi "issiq nuqtalar"da (qizil zonalar) harorat **62.3°C** gacha ko‘tarilgani aniqlandi. Bu kabi yuqori harorat ko‘rsatkichlari o‘simliklarda evapotranspiratsiya stressini keltirib chiqaradi va biomassaning kamayishiga (NDVI < 0.2) asosiy sabab bo‘ladi.

- Tuman hududida maksimal sirt harorati **62.3 °C** gacha ko‘tarilishi qayd etildi. Bunday o‘ta yuqori harorat ekinlarda issiqlik stressini keltirib chiqaradi.
- Minimal harorat ko‘rsatkichi esa **24.8 °C** ni tashkil etib, asosan NDVI

koeffitsienti yuqori bo‘lgan "salqin" zonalarga to‘g‘ri keladi.

- Tahlillar shuni isbotlaydiki, o‘simlik qoplami zich bo‘lgan hududlarda mikroklimat barqarorlashadi va tuproq harorati ochiq maydonlarga nisbatan o‘rtacha **15-20 °C** ga past bo‘ladi.



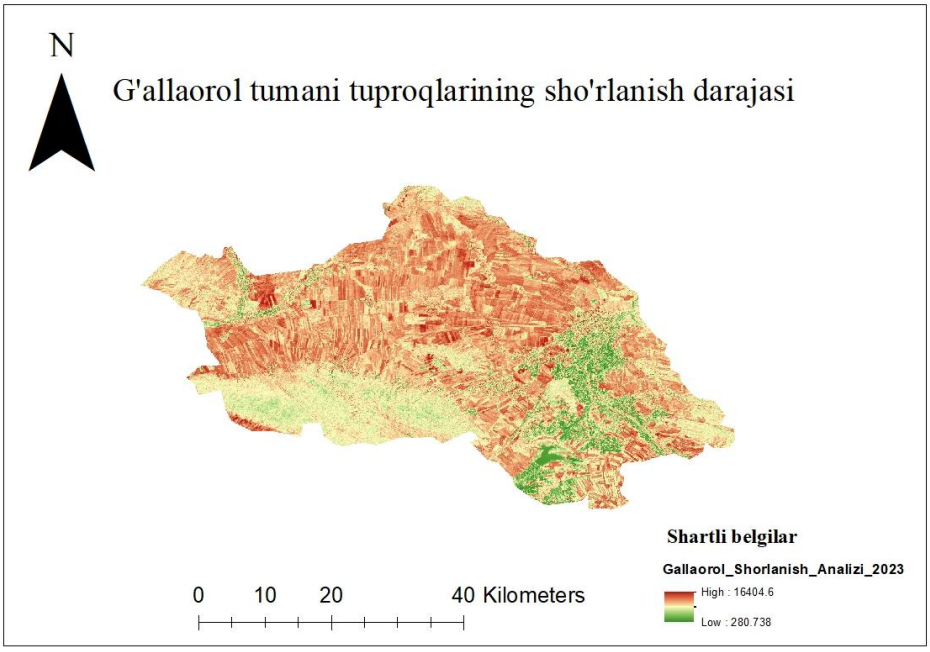
2-rasm. G‘allaorol tumani yer sirt harorati (LST) xaritasi (2023-y).

Tuproq sho‘rlanish darajasi (Salinity Index) tahlili

Tadqiqotning yakuniy bosqichi sifatida tuproq sho‘rlanishi tahlil qilindi. Sho‘rlanish darajasi yuqori bo‘lgan maydonlar (maksimal qiymat **16404.6**) bevosita yuqori haroratli va past vegetatsiyali zonalarga mos keladi. Sho‘rlanish jarayoni birlamchi va ikkilamchi omillar ta’sirida yuzaga kelib, tuproq unumdorligining pasayishiga sabab bo‘lmoqda. GAT tahlili shuni ko‘rsatadiki, tuman hududining katta qismi kam va o‘rta darajada sho‘rlangan toifaga kiradi.

Sho‘rlanish ko‘rsatkichlari harorat va o‘simlik holati bilan chambarchas bog‘liqdir.

- G‘allaorol tumani bo‘yicha sho‘rlanish indeksining maksimal qiymati **16404.6** ni tashkil etdi. Ushbu ko‘rsatkich NDVI koeffitsienti past bo‘lgan va sirt harorati yuqori bo‘lgan "issiq nuqtalar"da to‘plangan.
- Minimal sho‘rlanish darajasi esa **280.7** qiymatda qayd etilib, bu asosan unumdor va sho‘r yuvish ishlari samarali olib borilgan maydonlardir.
- GAT tahlili natijasida aniqlanishicha, yuqori harorat tuproq namligini bug‘latib, tuzlarning yuqori qatlamga ko‘tarilishiga (ikkilamchi sho‘rlanish) sabab bo‘lmoqda, bu esa hosildorlikni **20-30%** gacha pasaytiruvchi asosiy omildir.



3-rasm. G‘allaorol tumani tuproqlarining sho‘rlanish darajasi xaritasi (2023-y).

Xulosa. G‘allaorol tumani misolida GAT va masofadan zondlash texnologiyalari asosida olib borilgan tadqiqotlar quyidagi ilmiy xulosalarni shakllantirish imkonini berdi:

1. **Multispektral bog‘liqlik:** Tadqiqot davomida NDVI, LST va SI ko‘rsatkichlari o‘rtasida kuchli korrelyatsiya mavjudligi aniqlandi. Xususan, o‘simlik qoplami sust hududlarda yer sirt haroratining **62.3°C** ga ko‘tarilishi bug‘lanishni tezlashtirib, tuproqning yuqori qatlamida tuzlar to‘planishiga (ikkilamchi sho‘rlanish) asosiy sabab bo‘lmoqda.
2. **Monitoring samaradorligi:** ArcGIS dasturiy muhitida yaratilgan ko‘p qatlamli raqamli xaritalar an’anaviy usullarga nisbatan yerlarning holatini **10-15 marta tezroq** va aniqroq baholash imkonini beradi.
3. **Bashorat qilish imkoniyati:** Vegetatsiya indeksi va termal stress ko‘rsatkichlarining dinamik tahlili orqali hosildorlikni vegetatsiya davrining o‘rtasidayoq bashorat qilish va risklarni boshqarish mumkinligi isbotlandi.

Amaliy tavsiyalar. Tadqiqot natijalaridan kelib chiqib, qishloq xo‘jaligi samaradorligini oshirish bo‘yicha quyidagi amaliy tavsiyalar taklif etiladi:

- **Raqamli Monitoring Markazini tashkil etish:** G‘allaorol tumani qishloq xo‘jaligi bo‘limlari qoshida sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari asosida haftalik "dinamik xaritalar"ni shakllantiruvchi kichik monitoring markazlarini joriy etish.
- **Manzilli melioratsiya (Spot-treatment):** Umumiy maydonga bir xil ishlov berish o‘rniga, sho‘rlanish indeksi (SI) yuqori bo‘lgan "qizil zonalarda" maqsadli sho‘r yuvish va agromeliorativ tadbirlarni amalga oshirish orqali resurslarni **20-25% gacha tejash**.
- **Iqlimga moslashgan rayonlashtirish:** Yer sirt harorati (LST) doimiy baland bo‘lgan hududlarda qurg‘oqchilikka va sho‘rga chidamli (galofit) ekin turlarini ekish bo‘yicha yangi joylashtirish sxemalarini ishlab chiqish.
- **VRS (Variable Rate Seeding) tizimi:** Fermer

xo‘jaliklarida o‘g‘itlash va sug‘orishni raqamli xaritalar asosida, yerning haqiqiy ehtiyojidan kelib chiqib tabaqalashtirilgan holda amalga oshirish.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Mirziyoyev Sh.M. Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi. – Toshkent: “O‘zbekiston”, 2022. *(Davlat siyosati va strategik yo‘nalish uchun asosiy manba).*
2. Vershinin V.V. Monitoring zemel: ekologicheskie sostavlyayuщie: uchebnoe posobie / V.V. Vershinin, G.Ye. Larina. – M.: GUZ, 2009. – 169 s. *(Siz bergan namunadagi asosiy adabiyot).*
3. Musaev I.M., Oymatov R.Q. Qishloq xo‘jaligida elektron raqamli kartalarning ahamiyati. – T.: TIMI, 2011. *(GIS va raqamli xaritalash bo‘yicha mahalliy manba).*
4. Ganiyev S., Ismonov M. Masofadan zondlash va GAT texnologiyalari. – Toshkent: "Fan va texnologiya", 2018. *(Metodologiya qismini asoslash uchun).*
5. Rouse J.W., Haas R.H. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. – Third ERTS Symposium, NASA SP-351, 1974. – pp. 309–317. *(NDVI formulasining dunyo tan olgan klassik asosi).*
6. Weng Q. Remote Sensing and GIS Integration: Theories, Methods, and Applications. – McGraw-Hill Education, 2010. *(Xalqaro miqyosdagi GAT integratsiyasi bo‘yicha nufuzli adabiyot).*
7. Nazarov X., Ergashev A. Tuproq unumdorligini baholashda masofadan zondlash usullari. // "Agro-ilm" jurnali. – Toshkent, 2021. – №3. *(Zamonaviy tadqiqotlar bilan bog‘liqlik uchun).*
8. Chander G., Markham B.L. Summary of current thematic mapper geometric and radiometric calibration. // Remote Sensing of Environment. – 2009. – Vol. 113. *(Landsat 8 va harorat tahlili (LST) uchun ilmiy asos).*

UDK: 911.52:528.9:004.9(575.1)

USTYURT LANDSHAFTLARINI KARTALASHTIRISHDA GIS TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANISH

Xudaybergenov Yaxshimurad Gulimbayevich *– Qoraqalpoq davlat universiteti, Geodeziya va geoinformatika kafedrasi dotsenti*
Knazbaeva Dilbar Orazgalievna *- Qoraqalpoq davlat universiteti, Geodeziya va geoinformatika mutaxassisligi magistranti*

Annotatsiya. *Tadqiqotning dastlabki bosqichida tasvirlarni geometrik va tematik tayyorlash, hudud chegarasini aniqlash va asosiy qatlamlarni shakllantirish ishlari bajariladi. Keyingi bosqichda relyefning balandlik, nishablik va ekspozitsiya ko‘rsatkichlari, vegetatsiya holatini ifodalovchi indekslar, yer qoplami va boshqa morfologik belgilar o‘zaro solishtiriladi. Ustyurt landshaftlarini kartalashtirishda GIS texnologiyalaridan foydalanish mintaqaning tabiiy resurslarini boshqarish va ekologik barqarorligini ta’minlashga qaratilgan istiqbolli ilmiy-amaliy yo‘nalish sifatida baholanishi mumkin.*

Kalit so‘zlar: *Ustyurt, landshaft, GIS, kartalashtirish, masofadan zondlash, desertifikatsiya, fazoviy tahlil, geobaza.*

Аннотация. *На начальном этапе исследования проводится геометрическая и тематическая подготовка изображений, определение границ территории и формирование базовых слоев. На следующем этапе проводится сравнение высотных, уклоновых и экспозиционных показателей рельефа, индексов, отражающих состояние растительности, землепользования и других морфологических признаков. Использование ГИС-технологий при картировании ландшафтов Устюрта может рассматриваться как перспективное научно-практическое направление, направленное на управление природными ресурсами региона и обеспечение его экологической устойчивости.*

Ключевые слова: *Устюрт, ландшафт, ГИС, картография, дистанционное зондирование, лишение сертификации, пространственный анализ, геобаза данных.*

Abstract. *At the initial stage of the study, geometric and thematic preparation of images, determination of the boundaries of the territory and formation of basic layers are carried out. At the next stage, the height, slope and exposure indicators of the relief, indices representing the state of vegetation, land cover and other morphological signs are compared. The use of GIS technologies in mapping Ustyurt landscapes can be considered a promising scientific and practical direction aimed at managing the natural resources of the region and ensuring its ecological sustainability.*

Key words: *Ustyurt, landscape, GIS, cartography, remote sensing, decertification, spatial analysis, geodatabase.*

Kirish. Ustyurt Markaziy Osiyoning yirik cho‘l-plato hududlaridan biri bo‘lib, O‘zbekiston va Qozog‘iston oralig‘ida, sharqda Orol dengizi va Amudaryo deltasi, g‘arbda esa Mang‘ishloq platosi hamda Qora-Bo‘g‘oz-Gol oralig‘ida joylashgan. Britannica ma’lumotlariga ko‘ra, plato maydoni qariyb 200 ming km² ni tashkil etadi, o‘rtacha balandligi 150 m atrofida bo‘lib, uning chekka qismlari atrofdagi tekisliklarga keskin pasayib boradi [1]. UNESCO ma’lumotlarida esa Turonning sovuq qishli cho‘llari tarkibidagi Ustyurt hududlari keskin kontinental iqlim, kam yog‘in, issiq yoz va sovuq qish sharoitida shakllangan noyob cho‘l ekotizimlari sifatida tavsiflanadi [2]. Shu jihatdan Ustyurt landshaftlarini zamonaviy geoinformatsion yondashuvlar asosida kartalashtirish nafaqat nazariy, balki amaliy ahamiyatga ham ega.

So‘nggi yillarda Ustyurt va unga tutash hududlarda kuzatilayotgan ekologik o‘zgarishlar mazkur yo‘nalishdagi tadqiqotlarni yanada dolzarb qilmoqda. Xususan, Ustyurt platosining sharqiy chink hududlarida olib borilgan tadqiqotlar Orol dengizi qisqarishi ta’sirida o‘simlik qoplami tarkibi, mezofit jamoalar holati, tuproq sho‘rlanishi va hududning umumiy aridlanish jarayonlari sezilarli o‘zgarganini ko‘rsatgan [5]. Shu bilan birga, Markaziy Osiyo bo‘yicha masofadan zondlash asosida bajarilgan tahlillar vegetatsiya qoplamining umumiy darajasi past ekanini, uning hududiy tarqalishi esa shimoldan janubga va sharqdan g‘arbga tomon keskin differensiallashishini qayd etadi; bunday sharoit Ustyurt singari qurg‘oqchil hududlarda landshaft

birliklarini aniqlashda tabiiy omillar bilan bir qatorda antropogen bosimni ham hisobga olish zarurligini koʻrsatadi [6].

Uslub va manbalar

Bugungi kunda landshaftlarni oʻrganish va kartalashtirishda GIS hamda masofadan zondlash maʼlumotlari integratsiyasi eng samarali metodik yondashuvlardan biri hisoblanadi. Landscape ecology boʻyicha zamonaviy sharh tadqiqotlarda ochiq sunʼiy yoʻldosh maʼlumotlari, koʻp masshtabli tahlil, mashinaviy klassifikatsiya hamda landshaft tuzilishi va funksiyasini birgalikda oʻrganish imkoniyati masofadan zondlashning asosiy afzalliklari sifatida koʻrsatilgan [3]. Yarim qurgʻoqchil hududlarda olib borilgan amaliy tadqiqotlar esa Landsat va Sentinel-2 tasvirlari, NDVI, radar va optik maʼlumotlar hamda GIS-differencing yondashuvlari yer tizimidagi oʻzgarishlarni aniqlashda yuqori samaradorlik berishini tasdiqlaydi [4]. Gʻarbiy Qozogʻiston sharoitida ishlab chiqilgan GISga asoslangan koʻp mezonli baholash yondashuvi esa iqlimiy, geomorfologik, tuproq, gidrologik va biotik koʻrsatkichlarni bir tizimga keltirish orqali qurgʻoqchil landshaftlarning barqarorligi va zaifligini fazoviy jihatdan baholash mumkinligini koʻrsatadi [7].

Mazkur tezis doirasida Ustyurt landshaftlarini kartalashtirish uchun Sentinel-2 va Landsat kosmik suratlari, raqamli relyef modeli, topografik xaritalar, mavjud tematik qatlamlar hamda dala kuzatuv materiallarini yagona GIS geobazasiga birlashtirish taklif etiladi. Tadqiqotning dastlabki bosqichida tasvirlarni geometrik va tematik tayyorlash, hudud chegarasini aniqlash va asosiy qatlamlarni shakllantirish ishlari bajariladi. Keyingi bosqichda relyefning balandlik, nishablik va ekspozitsiya koʻrsatkichlari, vegetatsiya holatini ifodalovchi indekslar, yer qoplami va boshqa morfologik belgilar oʻzaro solishtiriladi. Ana shu qatlamlar kombinatsiyasi asosida landshaft birliklari ajratilib, ularning chegaralari aniqlanadi, vektorlashtiriladi va tematik xarita koʻrinishida umumlashtiriladi. Zaruratga koʻra, desertifikatsiya jarayoni, vegetatsiya degradatsiyasi va antropogen oʻzgarishlarni aks ettiruvchi indikatorlardan ham foydalanish maqsadga muvofiqdir [8; 9].

Ustyurt hududida bunday kartalashtirish ishlari bir necha amaliy masalalarni hal etishga xizmat qiladi. Birinchidan, landshaft xaritasi hududning tabiiy-geografik differensiallashuvini aniq koʻrsatib beradi va ekologik jihatdan sezgir zonalarni ajratish imkonini yaratadi. Ikkinchidan, u yaylovlardan oqilona foydalanish, muhofaza etiladigan hududlarni rejalashtirish, infratuzilma va xoʻjalik faoliyatining ekologik xavfini baholashda ilmiy asos vazifasini bajaradi. Uchinchidan, muntazam yangilanib turuvchi kosmik maʼlumotlar asosida yaratilgan GIS bazasi kelgusida monitoring, qiyosiy tahlil va prognozlash ishlarini tashkil etish uchun qulay platforma boʻlib xizmat qiladi [2; 7]. Shu sababli Ustyurt landshaftlarini kartalashtirishda GIS texnologiyalaridan foydalanish mintaqaning tabiiy resurslarini boshqarish va ekologik barqarorligini taʼminlashga qaratilgan istiqbolli ilmiy-amaliy yoʻnalish sifatida baholanishi mumkin.

Natijalar

Xulosa qilib aytganda, Ustyurt kabi murakkab va ekologik jihatdan nozik choʻl hududlarini anʼanaviy tavsifiy yondashuvlar bilan toʻliq baholash qiyin. GIS texnologiyalari esa

ko‘p manbali ma’lumotlarni yagona tizimga birlashtirish, fazoviy tahlilni chuqurlashtirish va yakuniy kartografik mahsulotni ilmiy asosda yaratish imkonini beradi. Shuning uchun Ustyurt landshaftlarini GIS asosida kartalashtirish hududning tabiiy holatini baholash, mavjud o‘zgarishlarni aniqlash va ulardan oqilona foydalanish bo‘yicha boshqaruv qarorlarini ishlab chiqishda muhim metodik hamda amaliy ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Britannica Editors. Ustyurt Plateau. Encyclopaedia Britannica. Available at: https://www.britannica.com/place/Ustyurt-Plateau .
2. UNESCO World Heritage Centre. Cold Winter Deserts of Turan. Available at: https://whc.unesco.org/en/list/1693/.
3. Crowley M.A., Cardille J.A. Remote Sensing’s Recent and Future Contributions to Landscape Ecology. Current Landscape Ecology Reports. 2020;5:45–57. https://doi.org/10.1007/s40823-020-00054-9.
4. Zhao Y., Abdelkareem M., Abdalla F. Remote sensing and GIS techniques in Monitoring and mapping Land System Change in semi-arid environments. Environmental Earth Sciences. 2024;83:420. https://doi.org/10.1007/s12665-024-11706-y.
5. Bekzod A., Habibullo S., Fan L., Li K., Ma X., Li Y. Transformation of vegetative cover on the Ustyurt Plateau of Central Asia as a consequence of the Aral Sea shrinkage. Journal of Arid Land. 2021;13(1):71–87. https://doi.org/10.1007/s40333-020-0077-7.
6. Gao C., Ren X., Fan L., He H., Zhang L., Zhang X., Li Y., Zeng N., Chen X. Assessing the Vegetation Dynamics and Its Influencing Factors in Central Asia from 2001 to 2020. Remote Sensing. 2023;15(19):4670. https://doi.org/10.3390/rs15194670.
7. Tokbergenova A., Ryskeldiyeva A., Mussagaliyeva A., Skorintseva I., Kaliyeva D., Beimbetov A., Mukhtarov U., Bilalov B. Assessment of Landscape Resilience to Anthropogenic Impact in the Western Kazakhstan Region. Sustainability. 2025;17(19):8584. https://doi.org/10.3390/su17198584.
8. Jiang L., Bao A., Jiapaer G., Guo H., Zheng G., Gafforov K., Kurban A., De Maeyer P. Monitoring land sensitivity to desertification in Central Asia: convergence or divergence? Science of the Total Environment. 2019;658:669–683. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.152.

Jiang L., Jiapaer G., Bao A., Kurban A., Guo H., Zheng G., De Maeyer P. Monitoring the long-term desertification process and assessing the relative roles of its drivers in Central Asia. Ecological Indicators. 2019;104:195–208. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.04.067.

UUK: 631.4:631.6:504(575.43)

GAT VA MASOFADAN ZONDLASH TEXNOLOGIYALARIDAN YER QOPLAMINI O‘RGANISH VA TAHLIL QILISH. (QASHQADARYO VILOYATI MISOLIDA)

J.K.Nosirov *- Qarshi davlat texnika universiteti 2-kurs magistranti*

Annotatsiya: *Ushbu maqolada Qashqadaryo viloyatida yer qoplamini o‘rganish va tahlil qilish masalalari ko‘rib chiqilgan. Mazkur hudud o‘zining tabiiy-geografik sharoiti, qishloq xo‘jaligi salohiyati va iqlim xususiyatlari bilan ajralib turadi. Shu sababli, bu yerda yer qoplamidagi o‘zgarishlarni aniqlash va baholash muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Tadqiqotning asosiy maqsadi GAT va masofadan zondlash texnologiyalaridan foydalangan holda Qashqadaryo viloyatida yer qoplamining holatini aniqlash, uning o‘zgarish dinamikasini tahlil qilish hamda mavjud muammolarni baholashdan iborat. Shu bilan birga, olingan natijalar asosida yer resurslaridan samarali foydalanish bo‘yicha ilmiy asoslangan taklif va tavsiyalar ishlab chiqilgan*

Kalit so'zlar: *GAT (Geografik Axborot Tizimlari), MZ (masofadan zondlash) texnologiyalari, ArcGIS dasturi, NDVI –indeksi, yer qoplami, degradatsiya, monitoring, cho‘llanish, sho‘rlanish, urbanizatsiya.*

1. KIRISH

Yer resurslarini samarali boshqarish va ulardan oqilona foydalanish bugungi kunda dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortib borishi, qishloq xo‘jaligi ehtiyojlarining kengayishi hamda ekologik muammolarning kuchayishi yer qoplamini doimiy ravishda kuzatib borish va chuqur tahlil qilishni talab etadi. Shu nuqtai nazardan, zamonaviy Geografik axborot tizimlari (GAT) va masofadan zondlash texnologiyalari yer yuzasida sodir bo‘layotgan o‘zgarishlarni tezkor, aniq va tizimli ravishda o‘rganish imkonini beradi. Masofadan zondlash texnologiyalari sun’iy yo‘ldoshlar va boshqa masofaviy qurilmalar yordamida yer yuzasining turli ko‘rsatkichlari haqida ma’lumot to‘plashga xizmat qiladi. Ushbu ma’lumotlar esa GAT tizimlari orqali qayta ishlanib, tahlil qilinadi va vizual shaklda aks ettiriladi. Natijada yer qoplamining tarkibi, uning vaqt davomida o‘zgarishi, degradatsiya jarayonlari va boshqa muhim omillarni aniqlash imkoniyati yaratiladi.

Ushbu tadqiqot ishida Qashqadaryo viloyati misolida yer qoplamini o‘rganish va tahlil qilish masalalari ko‘rib chiqiladi. Mazkur hudud o‘zining tabiiy-geografik sharoiti, qishloq xo‘jaligi salohiyati va iqlim xususiyatlari bilan ajralib turadi. Shu sababli, bu yerda yer qoplamidagi o‘zgarishlarni aniqlash va baholash muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Tadqiqotning asosiy maqsadi GAT va masofadan zondlash texnologiyalaridan foydalangan holda Qashqadaryo viloyatida yer qoplamining holatini aniqlash, uning o‘zgarish dinamikasini tahlil qilish hamda mavjud muammolarni baholashdan iborat. Shu bilan birga, olingan natijalar asosida yer resurslaridan samarali foydalanish bo‘yicha ilmiy asoslangan taklif va tavsiyalar ishlab chiqish ham ko‘zda tutiladi.

2. Material va metodlar (материалы и методы).

GAT (Geografik Axborot Tizimlari) va masofadan zondlash (MZ) texnologiyalari yer qoplamini o‘rganish, monitoring qilish va tahlil qilishda eng samarali zamonaviy usullar hisoblanadi. Bu texnologiyalar yordamida katta hududlardagi o‘zgarishlarni tezkor, aniq va iqtisodiy samarali tarzda aniqlash mumkin.

Yer qoplamini o‘rganish va tahlil qilish jarayoni quyidagi bosqichlardan iborat:

1. Ma'lumotlarni yig‘ish (Masofadan zondlash)

a) Sun'iy yo‘ldosh tasvirlari: Landsat, Sentinel-2 kabi sun'iy yo‘ldoshlar orqali ko‘p spektrli tasvirlar olinadi, ular yer qoplamining turlarini (o‘rmon, suv, shahar, qishloq xo‘jaligi) aniqlashga imkon beradi.

b) Dronlar (UUV): Yuqori aniqlikdagi tasvirlarni olish uchun uchuvchisiz uchish qurilmalaridan foydalaniladi.

c) Radar ma'lumotlari (SAR): Bulutli sharoitda ham ishlay oladigan radar texnologiyalari yer yuzasidagi o‘zgarishlarni, o‘rmonlarni va tuproq namligini tahlil qilishda qo‘llaniladi.

2. Ma'lumotlarga ishlov berish va tahlil qilish (GAT)

a) Pre-processing (Dastlabki ishlov): Tasvirlarni atmosferadagi xatoliklardan tozalash va georeferensiya (koordinatalarga bog‘lash) ishlari amalga oshiriladi.

b) Tasniflash (Classification): Mashinali o‘qitish (Machine Learning) algoritmlari yordamida tasvirlar avtomatik ravishda turli yer qoplami toifalariga ajratiladi.

c) Indekslarni hisoblash: NDVI (o‘simliklar indeksi), SAVI (tuproq indekslari) orqali ekinlar holati va yer degradatsiyasi baholanadi.

3. Tahlil va Monitoring (GAT)

a) O‘zgarishlarni aniqlash (Change Detection): Turli yillarda olingan (multitemporal) sun'iy yo‘ldosh tasvirlarini taqqoslash orqali urbanizatsiya, o‘rmonlarning kamayishi yoki suv maydonlarining o‘zgarishi tahlil qilinadi.

b) Xaritalash: Yer qoplamining hozirgi holati va dinamikasi xaritalari yaratiladi

Yer qoplamini o‘rganish va tahlil qilish jarayoni quyidagi sohalarda qo‘llaniladi.

✓ Qishloq xo‘jaligi: Ekin turlarini monitoring qilish, hosildorlikni bashorat qilish va sug‘orish tizimlarini boshqarish.

✓ Ekologiya: Yer degradatsiyasi, cho‘llanish va sho‘rlanish jarayonlarini kuzatish.

✓ Urbanizatsiya: Shahar atrofi hududlaridagi yerdan foydalanish o‘zgarishlarini va shahar kengayishini tahlil qilish.

✓ Geologiya: Yer yuzasidagi tuproqlar, tuzlar va minerallar migratsiyasini aniqlash.

GAT va masofadan zondlash texnologiyalarining asosiy afzalliklari:

✓ Tezkorlik: Katta hududlarni qisqa vaqtda tahlil qilish.

✓ Tarixiy tahlil: O‘tgan yillardagi o‘zgarishlarni o‘rganish imkoniyati.

✓ Aniqlik: Yuqori aniqlikdagi sensorlar yordamida aniq ma'lumotlar olish.

2026-yilga kelib, bu jarayonlarda sun'iy intellekt va chuqur o‘rganish (deep learning) algoritmlaridan foydalanish yanada kengayib, yer qoplamini tasniflash aniqligini oshirmoqda.

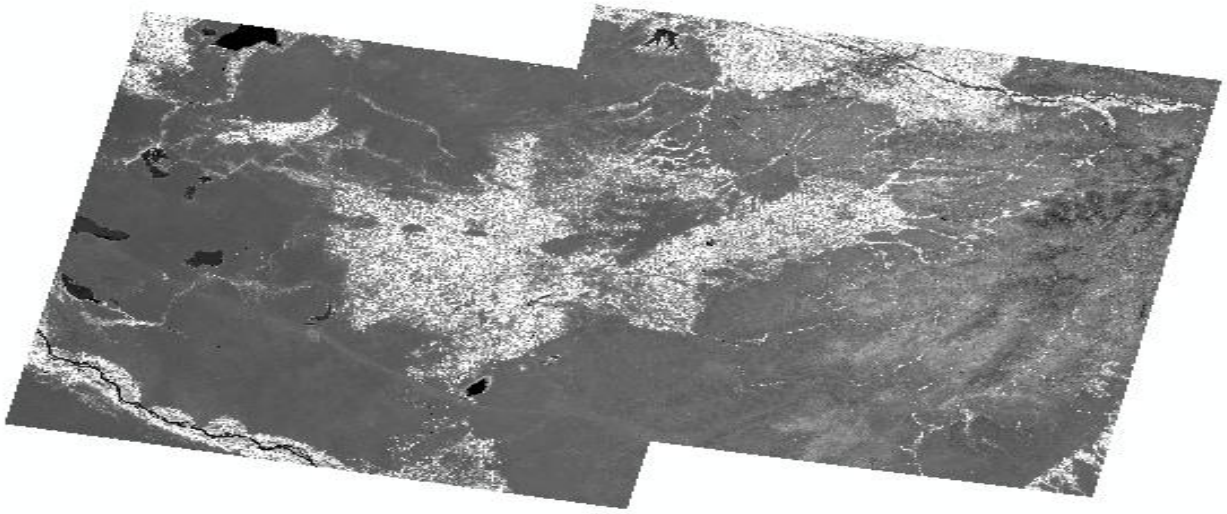
EarthExplorer - sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va geofazoviy ma’lumotlarni

bepul yuklab olish imkonini beruvchi rasmiy platforma bo‘lib, u USGS tomonidan boshqariladi. Mazkur portal masofadan zondlash ma’lumotlarini olish, yer resurslarini monitoring qilish, ekologik jarayonlarni o‘rganish hamda ilmiy tadqiqotlar olib borishda keng qo‘llaniladi. Ayniqsa, tuproq eroziyasi, vegetatsiya holati, yer degradatsiyasi va suv resurslarini baholashda ushbu platforma muhim axborot manbai hisoblanadi.

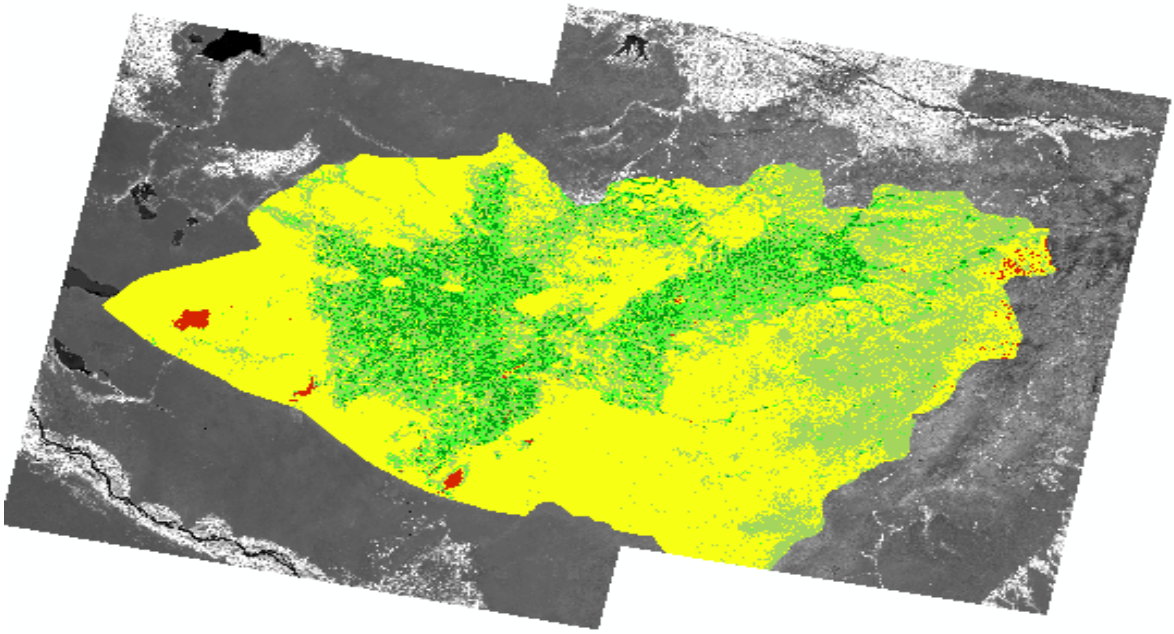
EarthExplorer orqali foydalanuvchilar dunyoning istalgan hududi bo‘yicha turli davrlarga tegishli sun’iy yo‘ldosh tasvirlarini topishi va yuklab olishi mumkin. Platformada Landsat 8 va Landsat 9 tasvirlari keng qo‘llaniladi. Ushbu yo‘ldoshlar 30 metr fazoviy aniqlikka ega bo‘lib, NDVI kabi indekslarni hisoblash hamda yer yuzasi holatini tahlil qilish uchun juda qulay hisoblanadi. Shuningdek, yuqori aniqlikdagi tasvirlar olish uchun Sentinel-2 ma’lumotlaridan foydalanish mumkin. Sentinel-2 tasvirlari 10 metr aniqlikda bo‘lib, vegetatsiya va tuproq qoplamini aniq baholash imkonini beradi. EarthExplorer platformasidan foydalanish jarayoni bir necha bosqichlardan iborat. Avvalo foydalanuvchi tizimda bepul ro‘yxatdan o‘tadi. So‘ng xarita orqali tadqiqot hududi belgilanadi yoki geografik koordinatalar kiritiladi. Keyingi bosqichda tadqiqot sanasi tanlanadi. Tuproq eroziyasini tahlil qilish uchun sentabr oyi tasvirlari ayniqsa qulay hisoblanadi, chunki yozgi qurg‘oqchilikdan so‘ng o‘simlik qoplami kamayadi va yalang‘och tuproq maydonlari aniq ko‘rinadi. Tasvirlarni tanlashda bulut qoplami 10 foizdan kam bo‘lishi tavsiya etiladi, chunki bulutlar tasvir sifatini pasaytiradi.

3. Natijalar va ularning tahlili (результаты и обсуждения).

Yuklab olingan tasvirlar GeoTIFF formatida bo‘lib, ularni ArcGIS yoki boshqa GIS dasturlarida ochish mumkin. Ushbu tasvirlar asosida NDVI (vegetatsiya indeksi) hisoblanadi. NDVI o‘simlik qoplamining zichligi va sog‘lomligini baholashga yordam beradi.



1-rasm USGS EarthExplorer olingan rastr ma’lumot



2-rasm USGS EarthExplorer olingan rastr ma'lumoti asosida ArcGIS dasturi orqali NDVI qilish jarayoni

NDVI – tuproq yuzasidagi o‘simlik qoplamining zichligini va sog‘lomligini baholash uchun ishlatiladigan sun’iy yo‘ldosh indeksidir. U fotosintez faolligini aks ettiradi va o‘simlik qoplamining sog‘lom yoki degradatsiyaga uchraganligini aniqlash imkonini beradi. NDVI tuproq va o‘simlikni sun’iy yo‘ldosh tasvirlari yordamida farqlashga mo‘ljallangan. U o‘simliklar va yalang‘och tuproq o‘rtasidagi yorug‘likning yaqin infraqizil (NIR) va qizil (Red) diapazonlarda aks etishini hisobga oladi.

Normallashtirilgan farq o‘simliklar indeksi, qisqartirilgan NDVI, yaqin infraqizil va qizil to‘lqin uzunliklari yordamida hisoblanadi [1].

NDVI = (NIR - QIZIL) / (NIR + QIZIL)

Landsat 8-9 uchun NDVI NIR diapazoni 5 va qizil diapazon 4 yordamida hisoblanadi:

NDVI = (B05 - B04) / (B05 + B04)

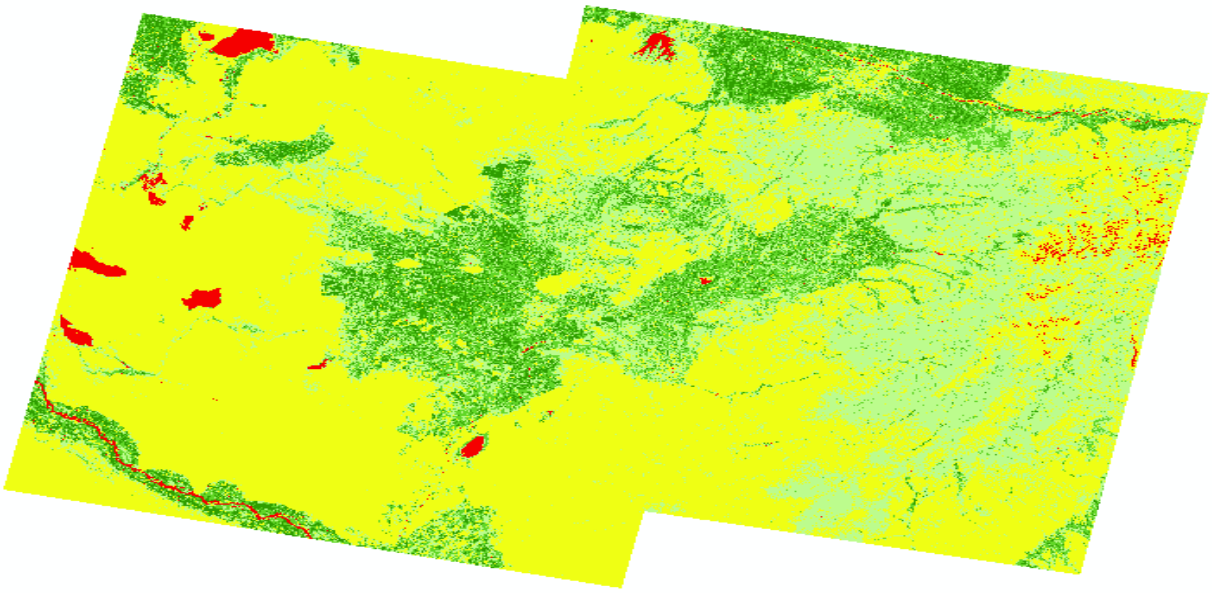
NIR – yaqin infraqizil kanal (o‘simliklar tomonidan kuchli yutiladi)

RED – qizil kanal (o‘simliklar tomonidan yutiladi, ammo pastroq)

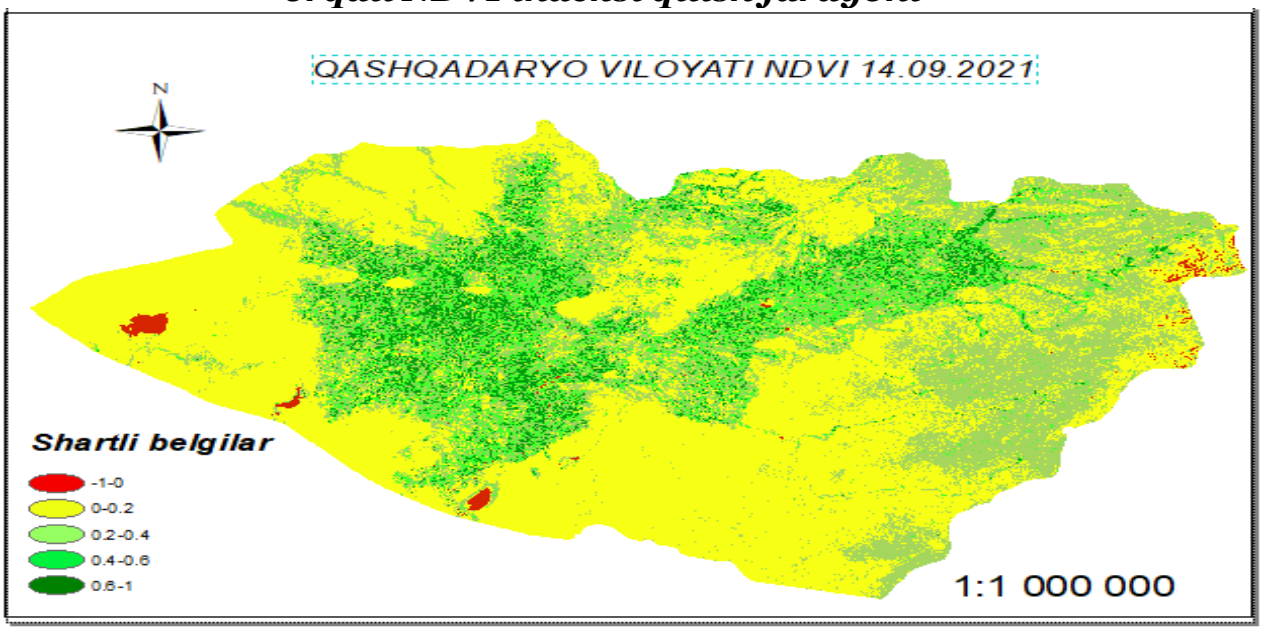
NDVI qiymati -1 dan +1 gacha

1. -1-0 - suv, qor, sun’iy qoplama, o‘simlik mavjud emas
2. 0-0.2 - juda siyrak o‘simlik , tuproq ochiq, eroziyaga moyil
3. 0.2-0.4 - o‘rtacha vegetatsiya, kam o‘suvchanlik
4. 0.4-0.6 - yaxshi vegetatsiyam o‘simlik qoplamasi yetarli, tuproq himoyalangan
5. 0.6-1 - juda zich vegetatsiya, o‘simlik qoplamasi zich, eroziyadan himoyalangan.

Vegetatsiya monitoring - tuproq qoplamasining zichligi va sog‘lomligini baholash. Eroziya xavfi aniqlash - NDVI past bo‘lgan hududlar eroziyaga moyil. Sug‘orish samaradorligini baholash - o‘simlikning sog‘lom o‘sishi NDVI orqali aniqlanadi. Qurg‘oqchilik monitoringi - vegetatsiya kamayishi qurg‘oqchilikni ko‘rsatadi. Yer resurslarini boshqarish - eroziyaga uchragan yoki degradatsiyaga moyil hududlarni aniqlash imkonini beradi.



3-rasm USGS EarthExplorer olingan rastr ma'lumotni ArcGIS dasturi orqali NDVI indeksi qilish jarayoni



4-rasm USGS EarthExplorer olingan rastr ma'lumot asosida ArcGIS dasturi orqali Qashqadaryo viloyatini NDVI indeksi

NDVI indeksi -1 dan 1 gacha baholanishi va tahlil qilinishi.

1. -1-0 - suv, qor, sun'iy qoplama, o'simlik mavjud emas
2. 0-0.2 - juda siyrak o'simlik , tuproq ochiq, eroziyaga moyil
3. 0.2-0.4 - o'rtacha vegetatsiya, kam o'suvchanlik
4. 0.4-0.6 - yaxshi vegetatsiyam o'simlik qoplamasi yetarli, tuproq himoyalangan
5. 0.6 - 1 - juda zich vegetatsiya, o'simlik qoplamasi zich, eroziyadan himoyalangan.

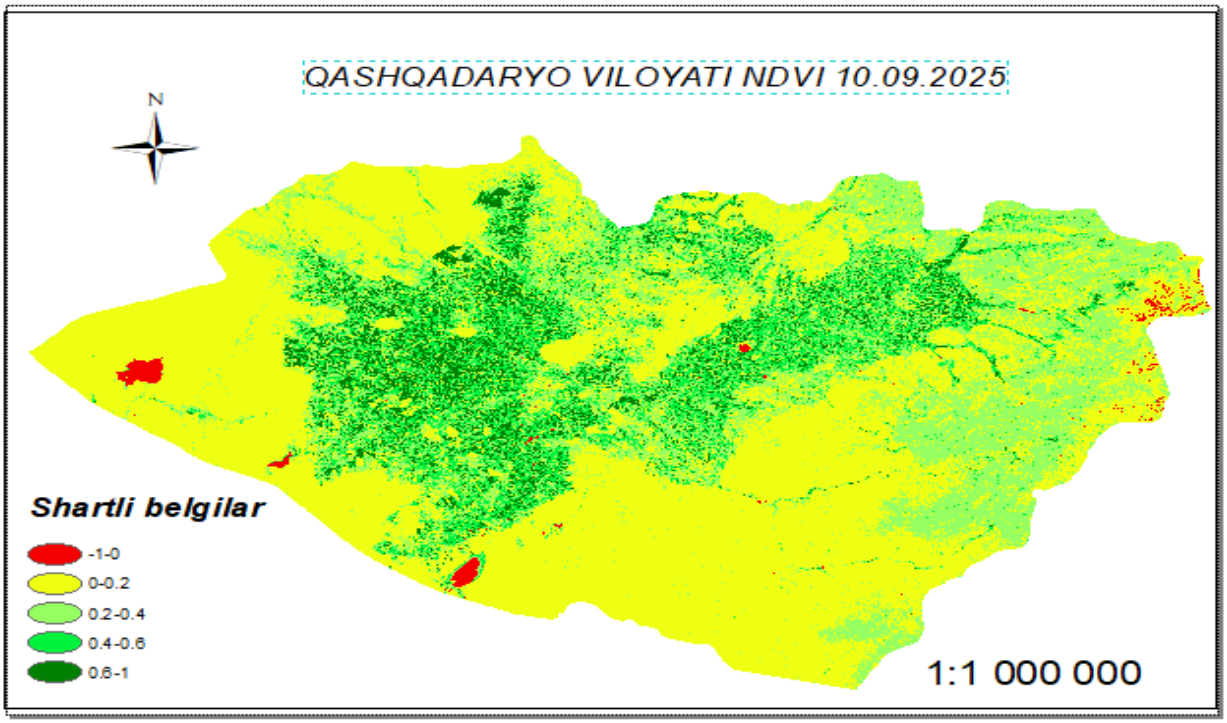
NDVI (Vegetatsiya indeksi) o'simlik qoplamining zichligi va holatini ko'rsatadi.

0.4 – 0.7 (yuqori NDVI) sug'oriladigan vohalar, bog'lar va intensiv ekin maydonlari tuproq o'simlik bilan himoyalangan.

0.2 – 0.4 (o'rtacha NDVI) hosildan keyingi dalalar siyrak vegetatsiyali

yaylovlar degradatsiya boshlanish ehtimoli mavjud.

0 – 0.2 (past NDVI) quruq yaylovlar ochiq dalalar eroziya xavfi ortadi, suv obyektlari va nam hududlar kiradi.



5-rasm USGS EarthExplorer olingan rastr ma'lumoti asosida ArcGIS dasturi orqali Qashqadaryo viloyatini NDVI indeksi.

2021-2025-yillar kesimida NDVI koʻrsatkichlarini oʻzaro taqqoslash orqali Qashqadaryo viloyati hududida vegetatsiya qoplami holatida yuz bergan oʻzgarishlarni aniqroq baholash mumkin. Tahlillar shuni koʻrsatadiki, 2025-yilda qayd etilgan NDVI qiymatlari 2021-yilga nisbatan umumiy hisobda biroz past darajada shakllangan boʻlib, bu hududda oʻsimlik qoplami zichligi va biologik faollikning ma'lum darajada kamayganini anglatadi. 2021-yil koʻrsatkichlari nisbatan barqaror va ayrim hududlarda yuqori boʻlib, bu davrda vegetatsiya uchun qulay agroiqlimiy sharoitlar, jumladan yetarli namlik, optimal harorat va sugʻorish tizimlarining samarali ishlashi bilan izohlanadi. Ayniqsa, sugʻoriladigan dehqonchilik hududlari, voha zonalari va koʻp yillik ekin maydonlarida yuqori NDVI qiymatlari kuzatilgan. Bu esa oʻsimliklarning faol fotosintez jarayoni va yuqori biomassa hosil qilganidan dalolat beradi. 2025-yilga kelib esa NDVI qiymatlarining nisbatan pasayishi bir qator omillar bilan bogʻliq holda namoyon boʻladi. Eng avvalo, iqlim omillarining ta'siri sezilarli boʻlib, yogʻingarchilik miqdorining kamayishi va haroratning ortishi natijasida tuproq namligining pasayishi kuzatilgan boʻlishi mumkin. Bu holat ayniqsa lalmi yerlar va choʻlga yaqin hududlarda vegetatsiya faolligining susayishiga olib keladi.

Xulosa. Yer resurslarini samarali boshqarish va ulardan oqilona foydalanish bugungi kunda dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortib borishi, qishloq xoʻjaligi ehtiyojlarining kengayishi hamda ekologik muammolarning kuchayishi yer qoplamini doimiy ravishda kuzatib borish va chuqur tahlil qilishni talab etadi. Shu nuqtai nazardan, zamonaviy GAT va masofadan zondlash

texnologiyalari yer yuzasida sodir bo‘layotgan o‘zgarishlarni tezkor, aniq va tizimli ravishda o‘rganish imkonini beradi. Masofadan zondlash texnologiyalari sun’iy yo‘ldoshlar va boshqa masofaviy qurilmalar yordamida yer yuzasining turli ko‘rsatkichlari haqida ma’lumot to‘plashga xizmat qiladi. Ushbu ma’lumotlar esa GAT tizimlari orqali qayta ishlanib, tahlil qilinadi va vizual shaklda aks ettiriladi. Natijada yer qoplamining tarkibi, uning vaqt davomida o‘zgarishi, degradatsiya jarayonlari va boshqa muhim omillarni aniqlash imkoniyati yaratiladi.

2021-2025-yillar kesimida NDVI ko‘rsatkichlarini o‘zaro taqqoslash orqali Qashqadaryo viloyati hududida vegetatsiya qoplami holatida yuz bergan o‘zgarishlarni aniqroq baholash mumkin. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, 2025-yilda qayd etilgan NDVI qiymatlari 2021-yilga nisbatan umumiy hisobda biroz past darajada shakllangan bo‘lib, bu hududda o‘simlik qoplami zichligi va biologik faollikning ma’lum darajada kamayganini anglatadi. 2021-yil ko‘rsatkichlari nisbatan barqaror va ayrim hududlarda yuqori bo‘lib, bu davrda vegetatsiya uchun qulay agroiqlimiy sharoitlar, jumladan yetarli namlik, optimal harorat va sug‘orish tizimlarining samarali ishlashi bilan izohlanadi. 2025-yilga kelib esa NDVI qiymatlarining nisbatan pasayishi bir qator omillar bilan bog‘liq holda namoyon bo‘ladi. Eng avvalo, iqlim omillarining ta’siri sezilarli bo‘lib, yog‘ingarchilik miqdorining kamayishi va haroratning ortishi natijasida tuproq namligining pasayishi kuzatilgan bo‘lishi mumkin. Bu holat ayniqsa lalmi yerlar va cho‘lga yaqin hududlarda vegetatsiya faolligining susayishiga olib keladi.

Umuman olganda, 2025-yil NDVI ko‘rsatkichlarining 2021-yilga nisbatan pasayishi keskin inqiroz darajasida emas, balki asta-sekin yuz berayotgan salbiy tendensiyani aks ettiradi. Bu esa hududda ekologik barqarorlikni saqlash, suv resurslaridan oqilona foydalanish, zamonaviy sug‘orish texnologiyalarini joriy etish va yer degradatsiyasining oldini olish bo‘yicha tizimli choralar ko‘rishni talab etadi. Shu bilan birga, GAT va masofadan zondlash texnologiyalaridan foydalangan holda doimiy monitoring olib borish kelgusida bunday o‘zgarishlarni barvaqt aniqlash va ularni boshqarish imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Mzid, N., Pignatti, S., Huang, W., va Casa, R. (2021). Masofaviy zondlash orqali tuproqning yuqori qatlamini qo‘llash uchun haydaladigan ekin maydonlarida yalang‘och tuproqlarning paydo bo‘lishi tahlili. Masofaviy zondlash, 13(3), 474.

2. Nguyen, CT, Chidthaisong, A., Kieu Diem, P. va Huo, LZ (2021). Landsat 8 yordamida Janubi-Sharqiy Osiyoda qishloq xo‘jaligi ekin maydonlarida yalang‘och yer xususiyatlarini aniqlash uchun o‘zgartirilgan yalang‘och tuproq indeksi. Land, 10(3), 231.

3. https://support.climateengine.org/article/179-bare-soil-index

4. https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-normalized-difference-vegetation-index

https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/landsat-8/ndvi/

UDK: 528.8:004.9:332.3:314(575.1)

MASOFADAN ZONDLASH VA GAT ASOSIDA QISHLOQ XO‘JALIGI YERLARI SAMARADORLIGI HAMDA AHOLI ZICHLIGINING FAZOVIY BOG‘LIQLIGINI ANIQLASH

Sarvar Abduraxmonov *– “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti, fan doktori (DSc)*

Usmonjon Toshpo‘latov - *Respublika aerogeodeziya markazi, Xatlov ishlarini muvofiqlashtirish texnik nazorat bo‘limi boshlig‘i*

Annotatsiya*. Masofadan zondlash texnalogiyalari va geografik axborot tizimlari (GAT) asosida qishloq xo‘jaligi yerlari samaradorligi o‘rtasidagi fazoviy bog‘liqlikni aniqlashning ilmiy-uslubiy asoslarini ishlab chiqish bugungi kunda dolzarb mavzulardan bo‘lib kelmoqda. Ushbu tadqiqotda yer resurslaridan foydalanish samaradorligini baholash, agrohududlarning demografik bosim ostidagi holatini tahlil qilish hamda hududiy rivojlanish jarayonlarining fazoviy qonuniyatlarini aniqlashga alohida e‘tibor qaratishga bag‘ishlangan.*

Kalit so‘zlar: *Masofadan zondlash, GAT, qishloq xo‘jaligi yerlari, aholi zichligi, fazoviy tahlil yer resursi, geoaxborot tizimi, agrodemografik tahlil, yer samaradorligi.*

Annotatsiya. *Razrabotka nauchno-metodologicheskix osnov opredeleniya prostranstvennoy vzaimosvyazi mejdu produktivnostyu selskoxozyaystvennыx zemel na osnove texnologiy distansionnogo zondirovaniya i geograficheskix informatsionnыx sistem (GIS) yavlyayetsya segodnya aktualnoy problemoy. Dannoye issledovaniye posvyaщeno otsenke effektivnosti ispolzovaniya zemelnыx resursov, analizu sostoyaniya agroregionov v usloviyax demograficheskogo davleniya i opredeleniyu prostranstvennыx zakonomernostey protsessov regionalnogo razvitiya.*

Klyuchevыe slova: *Distansionnoye zondirovaniye, GIS, selskoxozyaystvennыe zemli, plotnost naseleniya, prostranstvennыy analiz zemelnыx resursov, geograficheskaya informatsionnaya sistema, agrodemograficheskiy analiz, effektivnost ispolzovaniya zemel.*

Abstract. *The development of scientific and service bases for determining the phase difference between the efficiency of agricultural land based on remote sensing technologies and geographic information systems (GIS) is one of the topical issues today. This study is devoted to assessing the efficiency of land resource use, analyzing the state of agro-territories under demographic pressure, and identifying spatial patterns of territorial development processes.*

Key words: *Remote sensing, GIS, agricultural land, population density, spatial analysis of land resources, geographic information system, agrodemographic analysis, land efficiency.*

Kirish. Hozirgi globallashuv va raqamli transformatsiya sharoitida yer resurslaridan samarali foydalanish, qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishini ilmiy asosda tashkil etish hamda hududlarning demografik yuklamasini baholash

dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortib borishi, urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi, sug‘oriladigan yerlar maydonining qisqarishi va ekologik muammolarning kuchayishi qishloq xo‘jaligi yerlari samaradorligini kompleks baholash zaruratini yuzaga keltirmoqda. Shu nuqtayi nazardan, qishloq xo‘jaligi yerlari samaradorligi va aholi zichligi o‘rtasidagi fazoviy bog‘liqlikni zamonaviy geoaxborot texnologiyalari asosida tadqiq etish muhim ilmiy ahamiyat kasb etadi.

Dunyo miqyosida oziq-ovqat xavfsizligini ta‘minlash, yer degradatsiyasining oldini olish va agrar resurslardan oqilona foydalanish bo‘yicha olib borilayotgan ilmiy tadqiqotlarda masofadan zondlash (Remote Sensing) hamda geografik axborot tizimlari (GAT) texnologiyalaridan keng foydalanilmoqda. Ushbu texnologiyalar katta hajmdagi fazoviy ma‘lumotlarni tezkor yig‘ish, qayta ishlash, monitoring qilish va tahlil etish imkonini beradi. Ayniqsa, sun‘iy yo‘ldosh tasvirlari asosida vegetatsiya holati, namlik darajasi, tuproq degradatsiyasi, ekin maydonlari va yer qoplamining o‘zgarishini aniqlash imkoniyatlari qishloq xo‘jaligi tahlillarining aniqligini sezilarli darajada oshirmoqda.

Bugungi kunda qishloq xo‘jaligi yerlarining samaradorligini baholashda asosan iqtisodiy yoki statistik yondashuvlar ustunlik qilmoqda. Biroq, aholi zichligi bilan bog‘liq fazoviy omillar, hududiy differensiallik va demografik bosimning yer resurslariga ta‘siri yetarli darajada kompleks o‘rganilmagan. Ayniqsa, masofadan zondlash ma‘lumotlari va GAT texnologiyalarini integratsiyalash orqali qishloq xo‘jaligi yerlari samaradorligi hamda aholi zichligi o‘rtasidagi hududiy bog‘liqlikni aniqlash metodikasining ishlab chiqilmagani ushbu tadqiqotning dolzarbligini belgilaydi.

O‘zbekiston Respublikasida ham yer resurslaridan samarali foydalanish, qishloq xo‘jaligini modernizatsiya qilish va raqamli texnologiyalarni joriy etish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Mamlakatda sug‘oriladigan yerlarning cheklanganligi, aholi sonining muntazam o‘sishi va suv resurslariga bo‘lgan bosimning ortishi agrar hududlarni ilmiy asosda boshqarishni talab etmoqda. Shu bois, qishloq xo‘jaligi yerlari samaradorligini aholi zichligi bilan bog‘liq holda fazoviy tahlil qilish va geoaxborotli monitoring tizimini ishlab chiqish muhim ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi.

Mazkur dissertatsiya ishida masofadan zondlash va GAT texnologiyalari asosida qishloq xo‘jaligi yerlari samaradorligi hamda aholi zichligi o‘rtasidagi fazoviy bog‘liqlikni aniqlashning ilmiy-uslubiy asoslarini ishlab chiqish ko‘zda tutilgan. Tadqiqot davomida aeosuratlar yordamida olingan ma‘lumotlarnii, statistik-demografik ko‘rsatkichlar va geoaxborot bazalari asosida hududlarning agrohududiy holati baholanadi.

Uslub va manbalar

Masofadan zondlash materiallarini vizuallashtirishda asosan ko‘rinadigan diopazonda olingan suratlardan foydalaniladi. Ushbu suratlarni olishda belgilangan texnikaviy talablarga muvofiq yer uchastkasining maydonlaridan kelib chiqib turli

mayda, oʻrta va yirik masshtablarda amalga oshiriladi.

Masofadan zondlash materiallari yordamida kadastr karta va planlarini tuzishda qonun hujjatlarida belgilangan tartibda masshtabi, mavzusi, mazmuni va qamrab olishi hududi va boshqa belgilari boʻyicha tasniflanadi. Tuman kadastr kartalarida aholi punktlari, avto yoʻllar, gidrografiya obʻyektlari hamda yer uchastkalarining chegaralari maʻlum bir koordinata asosida tasvirlanadi. Ular yer uchastkalarining joylashgan oʻrnini, maydonini, chegarasini, yerni baholash zonalarini, suv manbalari, yer uchastkasida joylashgan bino va inshootlar aks yettiriladi [55; 30-33-b.].

Ularning joylashuvi, chegarasi, maydoni, yerni baholash zonalari, suv manbalari, yerda joylashgan bino va inshootlar aks ettiriladi.

Tasvirni vizuallashtirish obʻyektning turi, joylashgan oʻrni atrofning xilma - xilligi kabi sifat hamda miqdor koʻrsatkichlarni aniqlash imkonini beradi. Sonli koʻrsatkichlarni aniqlash uchun yesa turli oʻlchosh - hisoblash ishlarini bajarish lozim. Joyning uch - oʻlchamli modelini kuzatish tahlil qilishning muvaffaqiyatini oshiradi.

Masofadan zondlash – bu obekt bilan toʻgʻridan - toʻgʻri aloqa qilmasdan samolyot yoki kosmik kemalar orqali kocmik fotoapparatlar va skanerlar kabi asboblar yordamida yerni suratga olish tushuniladi. Suratga olish turli yelektromagnit toʻlqinlarda amalga oshirilib, toʻlqinlar spektrning ultrabinafsha, koʻrinadigan, infraqizil mikrotoʻlqin intervallaridan foydalaniladi.

Respublikamizning Toshkent shahrida joylashgan Respublika aerogeodeziya markazi respublikamiz miqyosida havodan suratga olish ishlarini olib bormoqda. Bu korxona davlatimizning zamonaviy texnika va texnologiyalari bilan jihozlangan boʻlib, bugungi kunda geodeziya, fotogrammetrik, kartografiya, topografiya hamda yer resurslarini xatlovdan oʻtkazish ishlari olib borilmoqda.

Ushbu maʻlumotlar yuqori sifatli samalyot va aerokameralar yordamida olinmoqda, bular:

Tecnam P2006T— Italiyada ishlab chiqarilgan yengil ikki dvigatelli samolyot boʻlib, asosan, uchuvchilarni tayyorlash, aerosuratga olish, monitoring, patrul xizmati, xususiy aviatsiya uchun qoʻllaniladi. Ushbu samolyotni Italiyaning kompaniyasi ishlab chiqaradi.

Asosiy texnik xususiyatlari

Koʻrsatkich	**Maʼlumot**
Ekipaj / yoʻlovchi	1–2 uchuvchi + 2 yoʻlovchi
Dvigatel	2 × Rotax 912S3
Har biri quvvati	100 hp
Maksimal tezlik	taxm. 269 km/soat
Parvoz masofasi	taxm. 1200 km
Maksimal balandlik	14 000 ft (4267 m)
Shassi	yigʻiladigan (retractable)
Yonilgʻi	AVGAS yoki avtomobil benzini (MOGAS)
Qanot turi	yuqori qanotli (high-wing)

Afzalliklari: Yonilg‘i sarfi kam, Ekspluatatsiya xarajati nisbatan arzon, Ikki dvigatelli bo‘lgani uchun xavfsizligi yuqori, Garmin G1000 kabi zamonaviy avionika bilan jihozlanishi mumkin, Aerosuratga olish va geodeziya ishlariga mos, Qisqa yo‘laklarda ham ishlay oladi.

Aerosuratga olishda qo‘llanilishi

Tecnam P2006T samolyoti maxsus kamera va sensorlar o‘rnatilib: ortofotoplan tayyorlash, 3D modellash, kadastr ishlari, geodezik monitoring, LiDAR syomka uchun ishlatiladi. Leica CityMapper kabi sensorlar bilan integratsiya qilingan versiyalari ham mavjud.

NASA loyihasida

Ushbu samolyot asosida ning X-57 Maxwell elektr samolyoti loyihasi yaratilgan. aynan P2006T platformasi asosida ishlab chiqilgan.

Kamchiliklari

Uchuvchilar fikriga ko‘ra: bir dvigatel ishdan chiqsa quvvati uncha katta emas, yuqori yuklamada sekinroq, issiq havoda samaradorlik pasayishi mumkin. O‘quv va aerosuratga olish ishlarida iqtisodiy samaradorligi yuqori baholanadi.

Leica DMC III — bu havodan aerosuratga olish va kartografiya ishlari uchun mo‘ljallangan yuqori aniqlikdagi raqamli aerokamera hisoblanadi. U asosan ortofotoplan, 3D model, DEM/DSM va geodezik-kartografik mahsulotlar tayyorlashda qo‘llaniladi. Kamera Leica Geosystems tomonidan ishlab chiqilgan.

Asosiy xususiyatlari: CMOS texnologiyasi asosidagi yirik formatli sensor, 25 000+ piksel kenglikdagi tasvir, 391 megapikselli monolitik sensor, Yuqori dinamik diapazon (HDR), Forward Motion Compensation (FMC) — samolyot harakatidan keladigan smazani kamaytiradi, GNSS/IMU integratsiyasi, Katta hududlarni tez suratga olish imkoniyati, Ortofoto va fotogrammetriya uchun yuqori geometrik aniqlik.

Leica DMC III ning asosiy texnik parametrlari

Parametr	Qiymati
Sensor turi	CMOS
PAN resolution	25,728 × 14,592 px
Umumiy resolution	~391 MP
Fokus masofasi	92 mm
Pixel size	3.9 µm
FoV	57.2° × 34.4°
GSD (500 m balandlikda)	~2.1 sm
Qo‘llanilishi	Ortofoto, 3D mapping, kadastr, GIS

Qo‘llanilish sohalari: Davlat kartografiya ishlari, Kadastr va yer tuzish, Qishloq xo‘jaligi monitoringi, Injenerlik-qurilish loyihalari, Shaharsozlik, Temir yo‘l va avtomobil yo‘llari monitoringi, Geologiya va ekologiya, 1:2000 – 1:10000 masshtabli ortofotoplanlar tayyorlash.

Ushbu texnologiyalar yordamidan yuqori sifatda olingan ortofotoplanlarning aniqli 1 pikselda 12 sm ga teng bo‘ladi.

Ortofotoplanlar yordamida esa dala ishlari ya‘ni deshifrovka ishlari amalga oshiriladi.

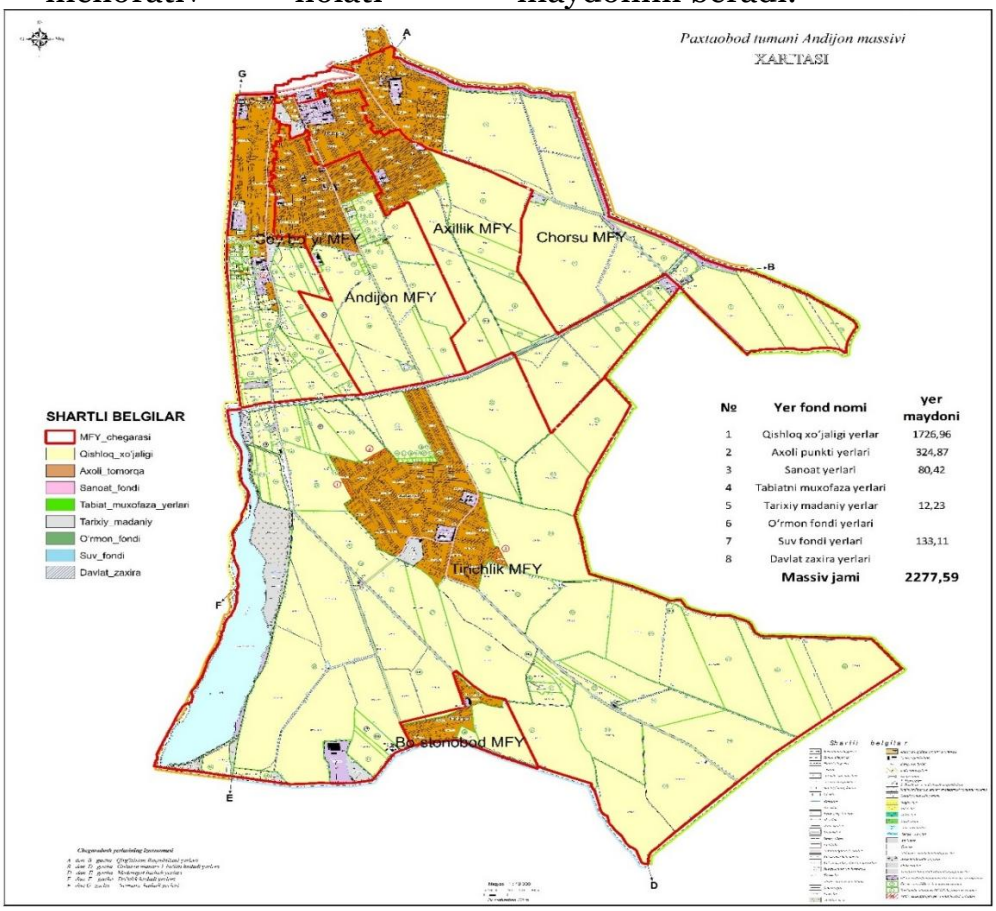
Dala deshifrovka qilish uslubi ayerofotosurat materiallaridagi barcha konturlar va ob‘yektlarning fotografik tasvirlarini bevosita joyida natura bilan taqqoslashni ko‘zda tutadi. Dala deshifrovka ishlari natijasida electron raqamli xarita yaratishlari bajariladi va buning natijasida hududlar kesimida yer turlarining konturlar qaydnomalari shakllantiriladi.

Natijalar

Ushbu ishlar natijasida Tumanlarga takrorlanmas konturlar beriladi, har bir konturda mavjud yer turlari (sug‘oriladigan ekin yer, issiqxona, lalmi yerlar, bog‘zorlar, tokzorlar, tutzorlar, terakzorlar, ko‘chatxonalar, bo‘z yerlar, yaylovlar, pichanzorlar, tomorqa yerlar, dala tomorqa yerlari, dala hovlilar, meliorativ holati tiklanadigan yerlar, o‘rmon yerlari, ixota daraxtzorlar, butazorlar, suv osti yerlari, yo‘llar, qurilish osti yerlari va qishloq xo‘jaligida foydalanilmaydigan yerlar) bo‘yicha maydonlari hisoblanadi. Keyin esa hisoblangan maydonlari barcha yerdan foydalanuvchilar kesimida tarqatiladi.

Natijadasi bilan yer xisobotiga nisbatan amaldagi maydonlar solishtirilib 8 ta yer fondi bo‘yicha tahlil qilinib massivlar kesimida xaritalari tayyorlanadi.

1-rasmda Andijon viloyati, Paxtaobod tumani, Andijon massivining 8 yer fondi bo‘yicha tasvilangan xaritasi bo‘lib, bunda, Qishloq xo‘jaligi yerlari 1 726.96 gektar, Aholi punkti yerlari 324.87 gektar, Sanoat yerlari 80.42 gektar, Tarixiy-madaniy yerlar 12.23 gektar, Suv fondi yerlari esa 133.11 gektarni tashkil etib hududning umumiy maydonini beradi.



1-rasm. Paxtaobod tumani, Andijon massivining 8 yer fondi xaritasi

Code	Klassifikator	Aholi soni	Qishloq xo'jaligi ekin yer maydoni	1kishiga *ga*
1703	Andijon viloyati	3461000	195841	0,06
1703401	Andijon shahri	492400	-	-
1703408	Xonobod shahri	46500	866	0,02
1703202	Oltinkoʻl tumani	194300	11173	0,06
1703203	Andijon tumani	292600	12324	0,04
1703206	Baliqchi tumani	220200	19074	0,09
1703209	Boʻston tumani	79700	12424	0,16
1703210	Buloqboshi tumani	156000	7010	0,04
1703211	Jalaquduq tumani	202100	17250	0,09
1703214	Izboskan tumani	260300	16593	0,06
1703217	Ulugʻnor tumani	64300	20616	0,32
1703220	Qoʻrgʻontepa tumani	234300	20952	0,09
1703224	Asaka tumani	362100	8463	0,02
1703227	Marxamat tumani	189900	12408	0,07
1703230	Shaxrixon tumani	331300	15745	0,05
1703232	Paxtaobod tumani	212700	15521	0,07
1703236	Xoʻjaobod tumani	122300	5422	0,04

1-jadval. Andijon viloyatining Qishloq xo'jaligi ekin yer maydonlariga Aholisi sonining kishi boshiga to'g'ri keladigan nisbati.

Yuqoridagi ma’lumotlar massivlar kesimida toʻplangandan soʻng, tuman undan soʻng esa viloyat miqyosida tahlil qilinib xaritalari va hisobotlari tayyorlanadi.

1-jadvalda Andijon viloyatining qishloq xoʻjaligi ekin yer maydonlarining aholi soniga toʻgʻri keladi maydonlari tumanlar kesimida koʻrsatilgan. Bunda viloyatida aholi soniga eng koʻp ekin yeri toʻgʻri keladigan uchta tuman;

- Ulugʻnor tumani 0.32 gektar
- Boʻston tumani 0.16 gektar
- Baliqchi va Jalaquduq tumanlari 0.09 gektardan toʻgʻri keladi.

Eng kam uchta tuman (shahar) esa;

- Xonabod shahri va Asaka tumani 0.02 gektar
- Xoʻjaobod, Buloqboshi va Andijon tumanlari 0.04 gektar
- Shahrixon tumani 0.05 gektardan toʻgʻri keladi.

Xulosa. Ushbu tadqiqotda Masofadan zondlash orqali olingan ma’lumotlardan keng foydalanish, ularni tahlil qilish va GAT yordamida chuqur oʻganish natijasida har bir aholiga oʻrtacha toʻgʻri keladigan yer maydonlarini oʻrganish hamda buning natijasida qishloq xoʻjaligi yerlarini samaradorligini oshirish, iqlim oʻzgarishini hisobga olib suv sarfini kamaytirish imkoniyatini beradi.

Olingan natijalarga asoslanib, Masofadan zondlash asosida Vegitatsiya indekslarini hisoblash, biomassa va hosildorlikni modellashtirish, urbanizatsiya bosimi, yer resurslaridan foydalanish intensivligi va oziq-ovqat havfsizligi oʻrganish modellarini sinab koʻrish maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar roʻyxati

1. Oʻzbekiston Respublikasi Prezidentining yer resurslaridan samarali foydalanish va raqamli qishloq xoʻjaligini rivojlantirishga oid farmon va qarorlari.

2. FAO. The State of Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021.

3. UNDP. Geospatial Technologies for Sustainable Development. United

Nations Development Programme, 2020.
4. Qodirov A., Jo‘rayev S. Geoaxborot tizimlari va ularning amaliyoti. Toshkent, 2021.Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.
5. Statistika qo‘mitasining Stat.uz sayti
Kadastr agentligi Milliy geoaxborot portalining open.ngis.uz sayti

UDK: 528.8:911.375

GEOGRAFIK AXBOROT TEXNOLOGIYALARI YORDAMIDA JIZZAX VILOYATI, SHAROF RASHIDOV TUMANI KLASSIFIKATSIYASI TAHLILI

Abduraxmonov S.N *- “TIQXMMI” MTU o’qituvchisi*
Maxsudov R.I *- “TIQXMMI” MTU o’qituvchisi*
Mamatqulov R.T *– “TIQXMMI” MTU Geodeziya va Geoinformaika kafedrasi talabasi*
Isayev D.Sh *- “TIQXMMI” MTU Geodeziya va Geoinformaika kafedrasi talabasi*

Abstract*: This study investigates the classification of water bodies, buildings and structures, vacant lands, and cultivated agricultural areas in Sharof Rashidov district of Jizzakh region. The analysis was conducted in ArcGIS Pro using Landsat 8-9 (2024) satellite imagery. Satellite images, particularly Landsat data, are effective and cost-efficient tools for monitoring environmental changes over time. ArcGIS Pro provides precise spatial analysis and visualization capabilities, offering valuable information for policymakers and land managers. Four different classification methods were used in the analysis: Support Vector Machine, Iso Cluster, Random Trees, and K-Nearest Neighbor.*

Keywords: *Jizzakh region, Sharof Rashidov, Landsat 8-9, ArcGIS Pro, Support Vector Machine, Iso Cluster, Random Trees, K-Nearest Neighbor.*

Anotatsiya*: Ushbu tadqiqot Jizzax viloyati Sharof Rashidov tumanidagi suv, bino va inshootlar, bo’sh yerlar, ekin ekilgan yerlar klassifikatsiyasini o’rganadi. Tadqiqot Landsat 8-9 (2024) sun’iy yo’ldosh tasvirlaridan foydalangan holda ArcGIS Pro dasturida tahlil qilindi. Sun'iy yo'ldosh tasvirlari, xususan Landsat ma'lumotlari, vaqt o'tishi bilan ekologik o'zgarishlarni kuzatish uchun samarali va iqtisodiy jihatdan foydali vosita sifatida ishlatiladi. ArcGIS Pro dasturining bu tahlilda aniq fazoviy tahlil qilish va vizualizatsiya qilish imkonini beradi, bu esa siyosatchilar va yer boshqaruvchilari uchun qimmatli ma'lumotlarni taqdim etadi. Tahlil davomida to’rt xil usuldan foydalanildi. Ular: Support Vektor Machine, Iso Cluster, Random Trees va K- Nearest Neighbor usullari.*

Kalit so’zlar: *Jizzax viloyati, Sharof Rashidov, Landsat 8-9, ArcGIS Pro, Support Vektor Machine, Iso Cluster, Random Trees, K- Nearest Neighbor.*

Аннотация: *В данном исследовании рассматривается классификация водоёмов, зданий и сооружений, пустующих земель и сельскохозяйственных угодий в*

районе Шарофа Рашидова Джизакской области. Анализ был проведён в программе ArcGIS Pro с использованием спутниковых снимков Landsat 8–9 (2024 года). Спутниковые изображения, особенно данные Landsat, являются эффективным и экономически выгодным инструментом для наблюдения за экологическими изменениями с течением времени. Программа ArcGIS Pro предоставляет точные возможности пространственного анализа и визуализации, обеспечивая ценную информацию для политиков и землепользователей. В ходе анализа были использованы четыре метода классификации: метод опорных векторов (Support Vector Machine), кластеризация Iso Cluster, случайные деревья (Random Trees) и метод ближайших соседей (K-Nearest Neighbor).

Ключевые слова: *Джизакская область, Шароф Рашидов, Landsat 8-9, ArcGIS Pro, метод опорных векторов, Iso Cluster, случайные деревья, метод ближайших соседей.*

Kirish. *Zamonaviy geografik axborot tizimlari (GAT) va masofaviy zondlash (MZ) texnologiyalarining rivojlanishi tabiiy resurslardan oqilona foydalanish, ekologik holatni monitoring qilish, yer yuzasidagi o‘zgarishlarni aniqlash va hududlarni tahlil qilishda keng imkoniyatlar yaratmoqda. Ushbu texnologiyalarning eng muhim yo‘nalishlaridan biri bu — klassifikatsiya jarayonidir. Klassifikatsiya — bu masofaviy zondlash tasvirlaridagi (sun’iy yo‘ldosh yoki aerotasvir) turli obyektlarni ma’lum toifalarga ajratish, ya’ni har bir pikselga aniq sinf (masalan, suv, o‘rmon, ekin maydoni, aholi yashash hududi va boshqalar) biriktirish jarayonidir.*

Klassifikatsiya yordamida katta maydonlarni qisqa vaqt ichida avtomatik tahlil qilish, har bir sinfning maydonini hisoblash, hamda vaqt davomida yuz berayotgan o‘zgarishlarni aniqlash mumkin. Ushbu jarayon nafaqat ilmiy izlanishlar, balki amaliy sohalarda — qishloq xo‘jaligi, shaharsozlik, ekologiya, yer resurslarini boshqarish va favqulodda vaziyatlarda (suv toshqini, o‘rmon yong‘inlari va boshqalar) muhim ahamiyatga ega.

Tadqiqot hududi: *O’zbekiston Respublikasi, Jizzax viloyati, Sharof Rashidov tumani. Sharof Rashidov tumani* (Sobiq nomi *Jizzax tumani)* — Jizzax viloyatidagi tuman. 1926-yil 29-sentyabrda tashkil etilgan. Shimolda viloyatning Forish, Zafarobod, Paxtakor tumanlari, g‘arbda G‘allaorol tumani, sharqda Zarbdor, Zomin tumanlari, janubida Baxmal tumani bilan chegaradosh. Maydoni 1,44 ming km². Sharof Rashidov tumanida 25 shaharcha fuqarolari yig‘ini (Gandumtosh, Ittifoq, Oxunboboyev, Oqoltin, Paxtaobod, Ravot, Samarqandquduq, Tokchilik, Uchtepa, Xayrobod, Qulama, Qo‘shbarmoq, Hamzaobod) bor. Markazi — Uchtepa shahri.

Sun’iy yo’ldosh ma’lumotlari:

Tahlil uchun 2024-yil ma’lumoti uchun Landsat 8-9 ma’lumotlaridan foydalanildi.

Landsat 8 va Landsat 9 — bu AQSH Geologiya xizmati (USGS) hamda NASA tomonidan boshqariladigan Landsat sun’iy yo‘ldosh dasturining davomchilari bo‘lib, yer yuzasining yuqori aniqlikdagi multispektral va termal tasvirlarini muntazam ravishda yetkazib beruvchi zamonaviy

qurilmalardir. Ushbu sun'iy yo'ldoshlar global o'lchamda ekologik, agrar va urbanizatsion jarayonlarni kuzatish, o'rganish va tahlil qilishda keng qo'llaniladi.

Landsat 8

Uchirilgan sana: 2013-yil 11-fevral. Operational Land Imager (OLI) – 9 ta spektral kanalga ega bo'lib, yer sirtining ko'p tarmoqli (multispektral) tasvirlarini oladi. Thermal Infrared Sensor (TIRS) – 2 ta termal infraqizil kanal yordamida yer yuzasining haroratini aniqlash imkonini beradi. Foydalanish maqsadlari: qishloq xo'jaligi monitoringi, suv resurslarini boshqarish, o'rmonlarning holatini baholash, tuproq namligini aniqlash, shaharsozlik tahlili. Spektral tasvirlar: 30 metr. Panchromatic kanal: 15 metr. Termal kanallar: 100 metr (qayta ishlanganda 30 metrga yetkaziladi). Qayta tashrif davri (revisit time): har 16 kunda bir marta.

Landsat 9

Uchirilgan sana: 2021-yil 27-sentabr. OLI-2 (Operational Land Imager 2) TIRS-2 (Thermal Infrared Sensor 2) Avvalgi Landsat modellari bilan mos va uzviy ishlash imkoniyati va spektral tozaligi va radiometrik aniqligi yaxshilangan. Bulutli ob-havoda ham tasvirlar sifatini oshirishga xizmat qiluvchi optimallashtirilgan. Qamrov: 185 km kenglikdagi tasvirlarni beradi. Qayta tashrif davri: Landsat 8 bilan birgalikda har 8 kunda yerning bir nuqtasi tasvirlanadi.

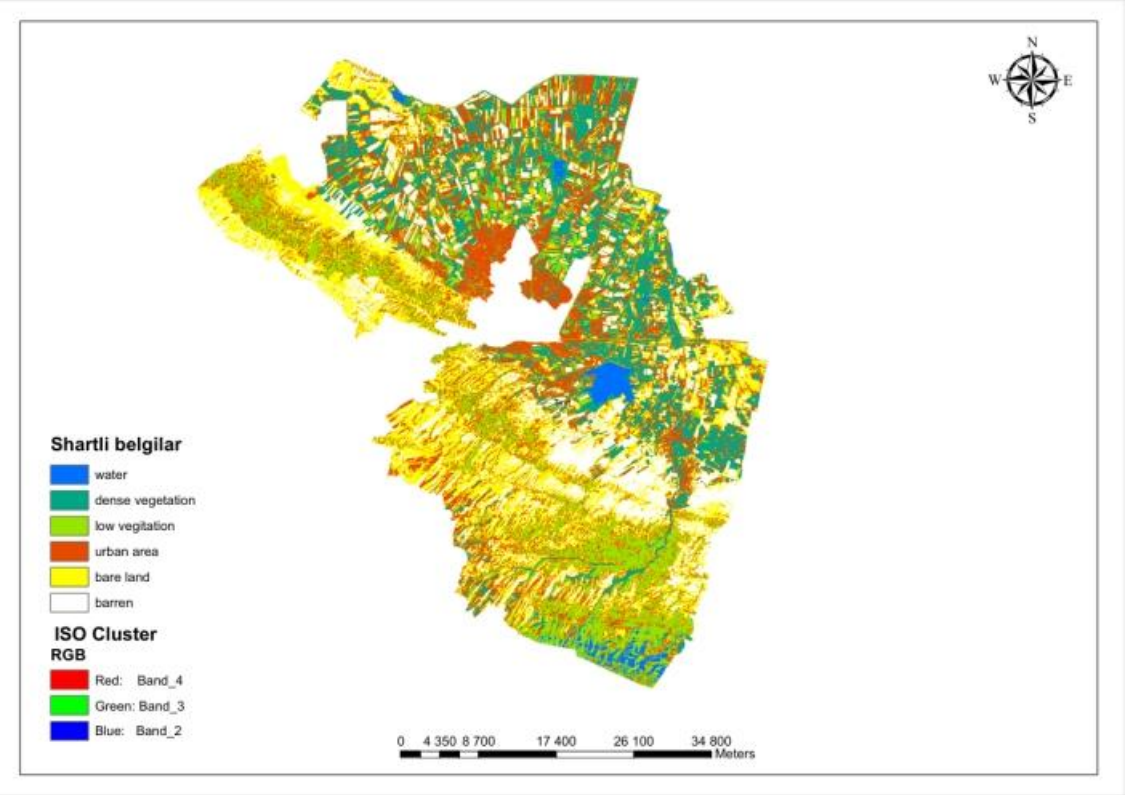
Landsat 8 va 9 sun'iy yo'ldoshlari uzoq yillik kuzatuvlarni bir xil formatda davom ettirish imkonini beruvchi barqaror va ishonchli ma'lumot manbaidir. Ularning tasvirlari faqat ochiq va bepul taqdim etiladi, bu esa ilmiy tadqiqotlar, davlat siyosati, tabiatni muhofaza qilish va hududiy rejalashtirishda keng qo'llanilishini ta'minlaydi.

Klassifikatsiyani bajarish tartibi:

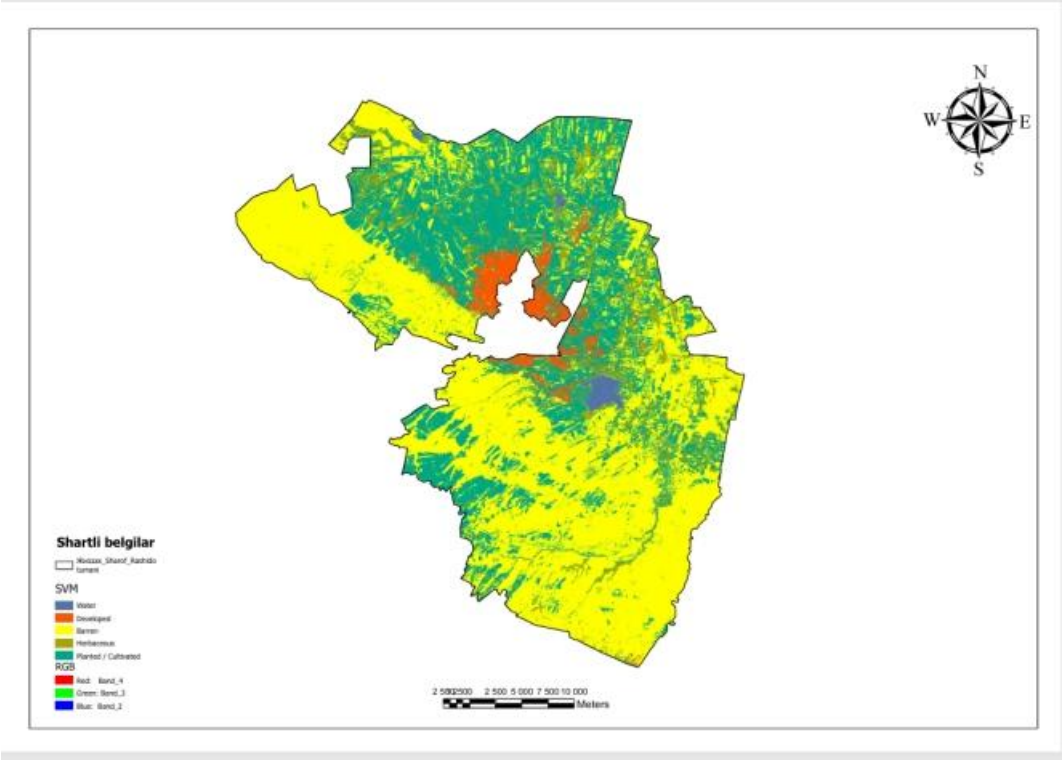
Sun'iy yo'ldoshdan olingan tasvirlarni quyidagi ketma-ketlikda bajarib chiqamiz.

Landsat sun'iy yo'ldoshidan olingan ma'lumotlarni ArcGIS Pro dasturiga yuklab olamiz. Bunda bizga Band 1 dan Band 7 gacha bo'lgan tasvirlar kerak bo'ladi. Bu 7 ta bandni Composite Bands qilib olamiz. Klassifikatsiya qilayotgan hududimizning shp faylini ham yuklab olamiz. Yuklab olgan shp faylimizni Clip Raster orqali kesib olamiz. Shp faylni kesib olgandan so'ng Classification Wizard tooli orqali Klassifikatsiya qilishni boshlaymiz. Water (suv), Developed (rivojlangan ya'ni aholi punktlari, bino va inshootlar), Barren (bo'sh yerlar), Planted-Cultivated (Ekin ekilgan yerlar) dan namunalar chizib olamiz. Birinchi usul- Iso Cluster, ikkinchi usul- Support Vektor Machine, uchinchi usul- Random Trees, to'rtinchi usul- , K- Nearest Neighbor. Shu to'rtta usulning hammasini bajarib chiqamiz. Natijada bizda to'rt xil karta paydo bo'ladi. Bu bajargan ishimizning aniqligini tekshirish uchun Create Random Points Tooli orqali 200 ta nuqta qo'yib olamiz. Nuqtalarni qo'yib bo'lganimizdan so'ng atribut jadvaliga nuqtalar qaysi hududda joylashganligini yozib chiqamiz. Bunda bir xil chiqqan nuqtalar orqali aniqlik foizini chiqaramiz. Bizda to'rt xil usul natijasiga ko'ra o'rtacha natijamiz 90% atrofida chiqdi.

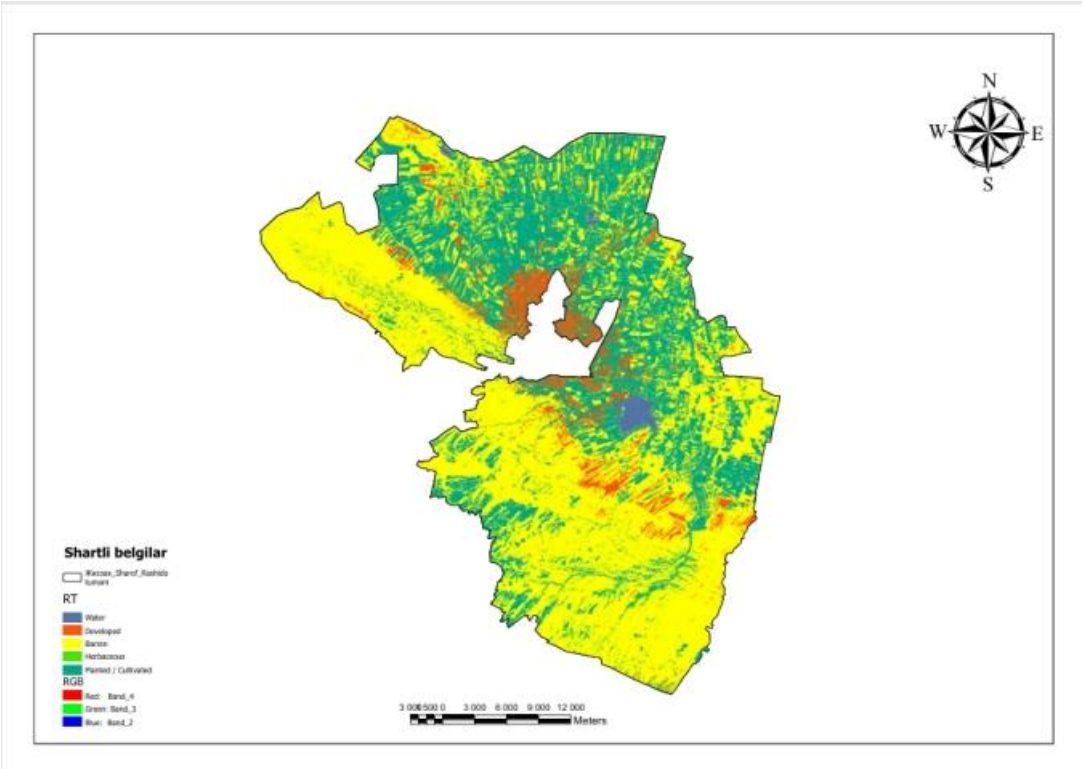
Natija:



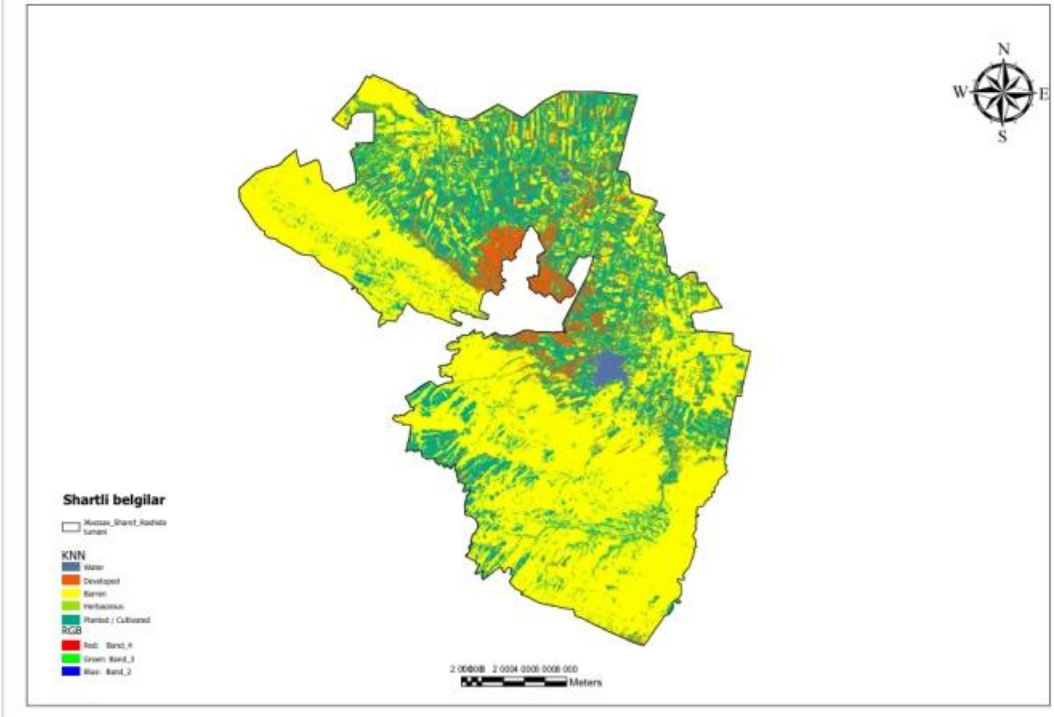
1-rasm. ***Iso Cluster*** *usuli.*



2-rasm. ***Support Vektor Machine*** *usuli.*



3-rasm. ***Random Trees*** *usuli.*



4-rasm. ***K- Nearest Neighbor*** *usuli.*

Xulosa. *Klassifikatsiya – bu yer yuzasini raqamli ko‘z bilan tahlil qilish vositasi. U inson kuzatuviga asoslangan noaniqliklarni kamaytiradi va aniq, takrorlanadigan, keng ko‘lamli tahlillarni amalga oshirishga imkon beradi. Qishloq xo‘jaligida ekin*

maydonlarini aniqlash, o‘rmonlarni monitoring qilish, urbanizatsiya (shahar kengayishi) jarayonini tahlil qilish uchun foydalanamiz. Har xil vaqt oralig‘ida olingan tasvirlar klassifikatsiya qilib natijalarni solishtirishimiz mumkin va uni tahlil qilib ko’rishimiz mumkin. Aynan qayerda qanday o‘zgarish bo‘lganini ko‘rasiz. Klassifikatsiyani ekologik monitoring (masalan, cho‘llanish, suv havzalari yo‘qolishi), favqulodda holatlar (masalan, yong‘in yoki suv toshqinidan keyingi o‘zgarishlarni baholash) sohalarida qo’llashimiz mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. USGS EarthExplore
2. Wikipedia
3. Band Combinations for Landsat 8
4. Sh. S. Shokirov, I. M. Musaev, M.S.Akbarov MASOFADAN ZONDLASH
5. Tolmasbek Xasanovich Boltayev, Qosimjon Raxmonov, Muxitdin Sadritdinovich Akbarov GEOAXBOROT TIZIMINING ILMIY ASOSLARI

E.Yu.Safarov, Sh.M.Prenov, O.R.Allanazarov, K.K.Bekanov GEOGRAFIK AXBOROT TIZIMLARI

UDK: 528.8:631.4:004.9

MASOFADAN ZONDLASH MATERIALLARI ASOSIDA QISHLOQ XO‘JALIGI YERLARINING DEGRADATSIYA XARITASINI YARATISH (QORAKO‘L TUMANI MISOLIDA)

M.E.Yusupov *- Buxoro davlat texnika universiteti, “Yer resurslarni boshqarish va foydalanish” ta’lim yo‘nalishi magistranti, muxammadyusupov69@gmail.com*

F.Sh.Xudoyberdiyev *- Buxoro davlat texnika universiteti “Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari” kafedrasi professori, t.f.f.d., (PhD).*

Annotatsiya. *Mazkur maqolada Buxoro viloyati Qorako‘l tumani qishloq xo‘jaligi yerlarining degradatsiya xaritasini masofadan zondlash va GIS texnologiyalari asosida yaratish masalasi yoritilgan. Tadqiqotda Landsat 8 kosmik tasvirlari asosida NDVI va NDWI indekslari hisoblanib, vegetatsiya qoplami, namlik holati va degradatsiya xavfi yuqori bo‘lgan hududlar fazoviy jihatdan tahlil qilindi. Indeks natijalari GIS muhitida ustma-ust joylashtirish usuli orqali baholanib, qishloq xo‘jaligi yerlarining degradatsiya darajalari ajratildi. Tadqiqot natijalari degradatsiyaga uchragan hududlarni aniqlash, yer monitoringini takomillashtirish va meliorativ tadbirlarni manzilli rejalashtirishda muhim amaliy ahamiyatga ega.*

Kalit so‘zlar: *qishloq xo‘jaligi yerlari, degradatsiya xaritasi, masofadan zondlash, GIS, Landsat 8, NDVI, NDWI, Qorako‘l tumani, yer monitoringi, meliorativ tadbirlar.*

Аннотация. *В данной статье рассматривается создание карты деградации сельскохозяйственных земель Каракульского района Бухарской области на основе материалов дистанционного зондирования и ГИС-технологий. На основе космических снимков Landsat 8 были рассчитаны индексы NDVI и NDWI, проведён пространственный анализ состояния растительного*

покрова, уровня увлажнённости и территорий с высоким риском деградации. Полученные индексные слои были проанализированы в среде ГИС методом наложения, что позволило выделить степени деградации сельскохозяйственных земель. Результаты исследования имеют практическое значение для выявления деградированных участков, совершенствования мониторинга земель и адресного планирования мелиоративных мероприятий.

Ключевые слова: *сельскохозяйственные земли, карта деградации, дистанционное зондирование, ГИС, Landsat 8, NDVI, NDWI, Каракульский район, мониторинг земель, мелиоративные мероприятия.*

Abstract. *This article discusses the development of a degradation map for agricultural lands in Karakul district of Bukhara region using remote sensing data and GIS technologies. Based on Landsat 8 satellite images, NDVI and NDWI indices were calculated, and the spatial distribution of vegetation cover, moisture conditions, and areas with a high risk of degradation was analyzed. The obtained index layers were assessed in a GIS environment using overlay analysis, which made it possible to classify the degradation levels of agricultural lands. The research results are of practical importance for identifying degraded areas, improving land monitoring, and targeted planning of reclamation measures.*

Keywords: *agricultural lands, degradation map, remote sensing, GIS, Landsat 8, NDVI, NDWI, Karakul district, land monitoring, reclamation measures.*

Kirish. Qishloq xo‘jaligi yerlarining degradatsiyasi bugungi kunda yer resurslaridan oqilona foydalanish, ekologik barqarorlikni ta’minlash va hududiy boshqaruv qarorlarini ilmiy asoslashda dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Yer degradatsiyasi, odatda, o‘simlik qoplamining siyraklashuvi, tuproq namligining kamayishi, sho‘rlanish, eroziya, cho‘llanish va meliorativ holatning yomonlashuvi orqali namoyon bo‘ladi. Bunday jarayonlar ayniqsa qurg‘oqchil va yarim qurg‘oqchil hududlarda tezroq rivojlanadi.

Buxoro viloyatining Qorako‘l tumani tabiiy-iqlimiy jihatdan qurg‘oqchil hududlar qatoriga kiradi. Hududda suv resurslarining cheklanganligi, yuqori bug‘lanish, sug‘orish va drenaj tizimlariga bog‘liq muammolar qishloq xo‘jaligi yerlarining ekologik holatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli ushbu hududda degradatsiya jarayonlarini an’anaviy kuzatuvlar bilan bir qatorda masofadan zondlash va GIS texnologiyalari asosida baholash muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Qorako‘l tumani qishloq xo‘jaligi yerlarining degradatsiyasini baholashda NDVI va NDWI indekslarini birgalikda qo‘llash asosiy metodik yondashuv sifatida tanlangan .

Tadqiqot hududining geografik joylashuvi va ma’muriy chegarasini aniqlashtirish keyingi bosqichlarda bajariladigan NDVI, NDWI va degradatsiya xaritalarini to‘g‘ri talqin qilish uchun zarurdir.



1-rasm. Qorako'l tumani ma'muriy hududi kartasi

1-rasmda Qorako'l tumanining respublika, viloyat va tumanlar tizimidagi geografik joylashuvi ko'rsatilgan. Xaritada Qorako'l tumani alohida ajratib berilgani tadqiqot obyekti chegaralarini aniqlash, Landsat 8 kosmik tasvirlarini hudud bo'yicha kesish va keyingi fazoviy tahlillarni aniq ma'muriy chegaralar doirasida olib borish imkonini beradi. Ushbu xarita tadqiqotning boshlang'ich kartografik asosi sifatida xizmat qiladi .

Mazkur hududiy asosdan kelib chiqib, tadqiqotda Qorako'l tumani qishloq xo'jaligi yerlarining vegetatsiya qoplami, namlik holati va degradatsiya xavfi masofadan zondlash materiallari asosida tahlil qilindi.

Tadqiqot materiallari va metodlari. Tadqiqotda asosiy ma'lumot manbai sifatida Landsat 8 sun'iy yo'ldosh tasvirlaridan foydalanildi. Kosmik tasvirlar vegetatsiya faol bo'lgan davr bo'yicha tanlandi, chunki aynan shu davrda o'simlik qoplami, biomassa darajasi va namlik rejimidagi hududiy farqlar aniqroq namoyon bo'ladi. Tasvirlar dastlab radiometrik va geometrik jihatdan tekshirildi, yagona koordinata tizimiga moslashtirildi hamda Qorako'l tumani chegarasi bo'yicha kesib olindi. Shundan so'ng NDVI va NDWI indekslari hisoblanib, ular asosida degradatsiya darajalari ajratildi. Dissertatsiyada bu jarayon Landsat 8 tasvirlarini tayyorlash, spektral kanallarni ajratish, NDVI–NDWI indekslarini hisoblash, indekslarni tasniflash, overlay tahlil qilish va degradatsiya xaritasini yaratish ketma-ketligida berilgan. Ushbu metodik ketma-ketlikni aniqroq ifodalash

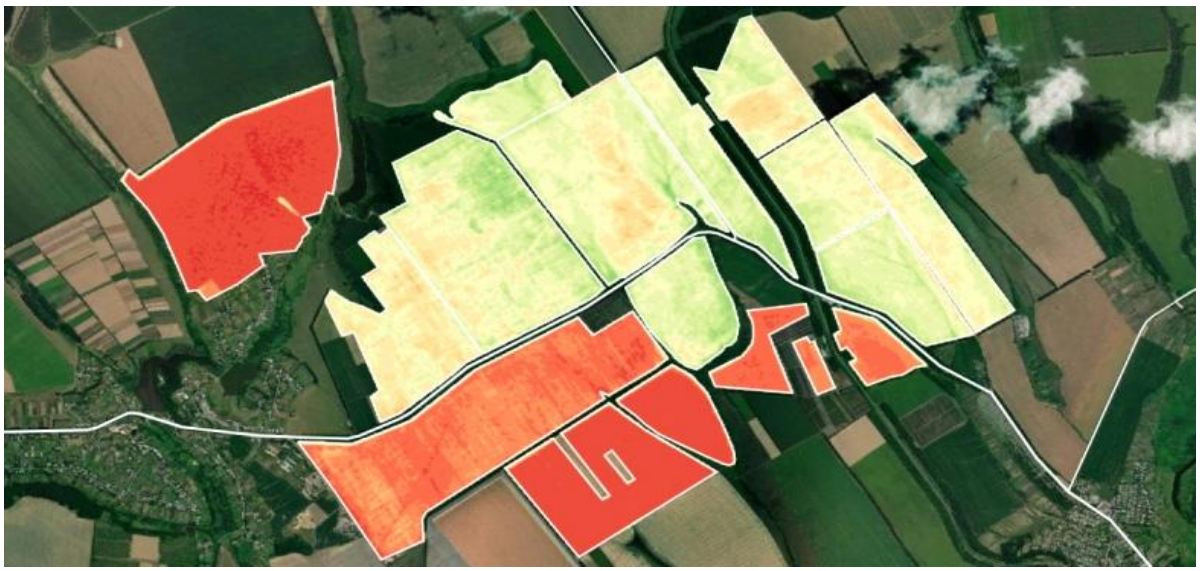
uchun tadqiqot bosqichlari 1-jadvalda umumlashtirildi.

1-jadval.

Qishloq xo‘jaligi yerlarining degradatsiya xaritasini yaratish bosqichlari

Bosqich	Bajarilgan ishlar	Mazmuni	Olingan natija
1	Tadqiqot hududini aniqlash	Qorako‘l tumani chegarasi GIS muhitida ajratildi	Fazoviy tahlil uchun hududiy asos yaratildi
2	Kosmik tasvirlarni tanlash	Landsat 8 tasvirlari tanlandi	Masofadan zondlash ma’lumotlari shakllantirildi
3	Tasvirlarni qayta ishlash	Geometrik va radiometrik tuzatish bajarildi	Tahlilga tayyor raster qatlamlar olindi
4	NDVI indeksini hisoblash	Vegetatsiya qoplami baholandi	O‘simlik rivojlanish darajasi aniqlandi
5	NDWI indeksini hisoblash	Tuproq va o‘simlik namligi baholandi	Namlik tanqisligi zonalari ajratildi
6	Indekslarni tasniflash	NDVI va NDWI qiymatlari sinflarga ajratildi	Past, o‘rtacha va yuqori xavfli hududlar belgilandi
7	Overlay tahlil	NDVI va NDWI qatlamlari ustma-ust joylashtirildi	Kompleks degradatsiya zonalari aniqlandi
8	Degradatsiya xaritasini yaratish	Yakuniy xaritalash bajarildi	Degradatsiya darajalari fazoviy aks ettirildi

1-jadvaldan ko‘rinadiki, tadqiqotda degradatsiya jarayonlari bitta ko‘rsatkich asosida emas, balki vegetatsiya va namlik holatini birgalikda baholash orqali aniqlangan. Bu yondashuv qishloq xo‘jaligi yerlarining ekologik holatini yanada obyektiv baholash imkonini beradi. Ayniqsa, NDVI va NDWI qatlamlarining ustma-ust tahlili degradatsiya sabablarini chuqurroq aniqlashda muhim ahamiyatga ega. Ushbu metodik jarayonni maqolada ko‘rgazmali ifodalash uchun quyidagi sxemani rasm sifatida kiritish maqsadga muvofiq.

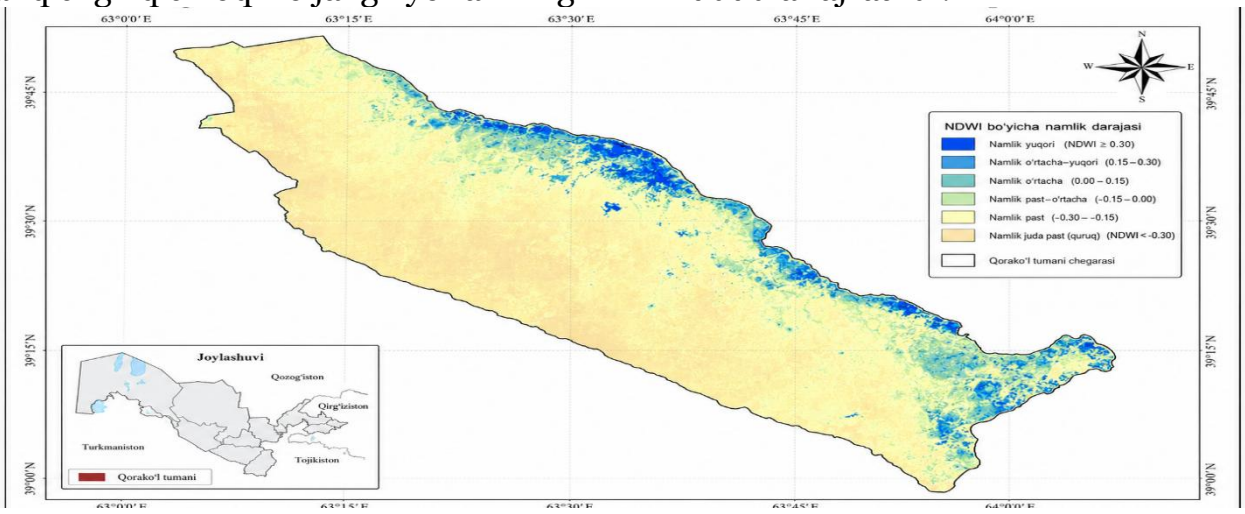


2-rasm. NDVI va NDWI indekslari asosida degradatsiya xaritasini yaratish metodikasi

2-rasmda tadqiqot ishining asosiy metodik ketma-ketligi ko‘rsatiladi. Unda Landsat 8 tasvirlarini tanlashdan boshlab, ularni qayta ishlash, NDVI va NDWI indekslarini hisoblash, indekslarni tasniflash, overlay tahlil qilish va yakuniy degradatsiya xaritasini yaratish bosqichlari o‘zaro bog‘langan holda berilishi kerak. Bu rasm maqola o‘quvchisiga tadqiqot natijalari qanday ilmiy-metodik asosda olinganini tushuntirib beradi.

Qorako‘l tumani qurg‘oqchil hududda joylashgani sababli namlik tanqisligi qishloq xo‘jaligi yerlarining ekologik holatiga kuchli ta’sir ko‘rsatadi. Tuproq va o‘simlik namligining kamayishi ekinlarning normal rivojlanishini cheklaydi, vegetatsiya stressini kuchaytiradi va hosildorlikning pasayishiga olib keladi. Shu sababli tadqiqotda NDWI indeksi namlik bilan bog‘liq degradatsiya jarayonlarini aniqlashda asosiy indikatorlardan biri sifatida qo‘llanildi.

NDWI xaritasi yordamida namlik nisbatan yuqori bo‘lgan maydonlar, suvga yaqin zonalar hamda namlik tanqisligi kuzatiladigan qurg‘oqchil hududlar ajratildi.



3-rasm. Qorako‘l tumani hududida NDWI indeksi asosida namlik taqsimoti

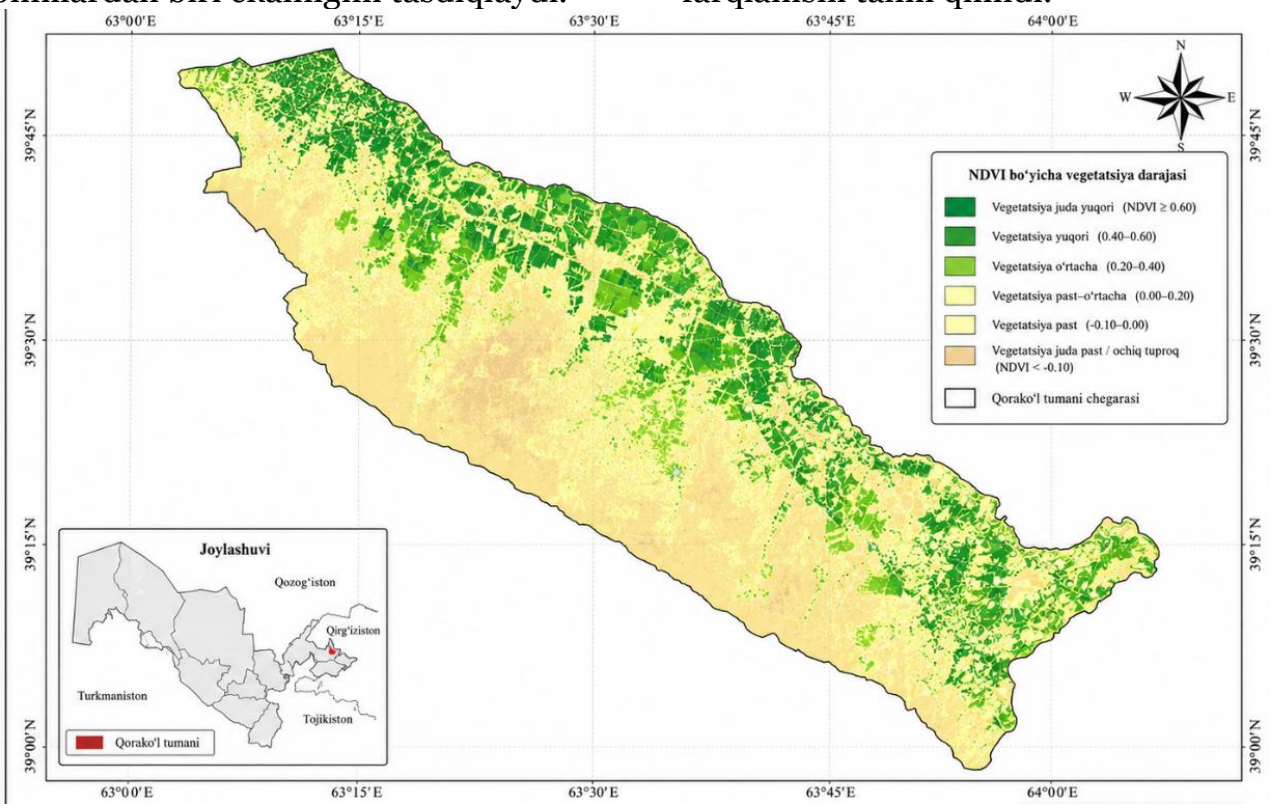
3-rasmda Qorako‘l tumani hududida NDWI indeksi asosida namlikning fazoviy taqsimoti aks ettirilgan. Rasmda ko‘k rang bilan ifodalangan hududlar namlik nisbatan yuqori bo‘lgan maydonlarni bildiradi. Bunday zonalar suv manbalari, sug‘oriladigan yerlar yoki vegetatsiya faolroq rivojlangan hududlar bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Och sariq yoki quruq fonli maydonlar esa namlik darajasi past bo‘lgan qurg‘oqchil hududlarni ifodalaydi.

Ushbu rasm tahlili Qorako‘l tumanida namlik bir tekis taqsimlanmaganini ko‘rsatadi. Namlik yuqori bo‘lgan maydonlar cheklangan hududlarda jamlangan, katta qismda esa qurg‘oqchil fon ustunlik qiladi. Bu holat suv resurslarining cheklanganligi, sug‘orish tizimlari samaradorligining hududiy farqlanishi va namlik tanqisligi yer degradatsiyasini kuchaytiruvchi asosiy omillardan biri ekanligini tasdiqlaydi.

NDWI natijalari keyingi bosqichda NDVI xaritasi bilan birgalikda tahlil qilindi. Chunki faqat namlik holatini baholash degradatsiya jarayonlarini to‘liq ochib bermaydi. Vegetatsiya qoplami holati ham alohida o‘rganilishi zarur.

NDVI indeksi asosida vegetatsiya qoplamini baholash. NDVI indeksi qishloq xo‘jaligi yerlarida o‘simlik qoplamining rivojlanish darajasi, biomassa zichligi va vegetatsiya stressini aniqlashda muhim indikator hisoblanadi. NDVI qiymatlari yuqori bo‘lgan hududlarda o‘simlik qoplami nisbatan yaxshi rivojlangan bo‘ladi. Aksincha, NDVI qiymatlari past bo‘lgan maydonlarda vegetatsiya siyraklashadi, tuproq yuzasi ochilib qoladi va eroziya xavfi ortadi.

Shu sababli Qorako‘l tumani hududi bo‘yicha NDVI xaritasi tuzilib, o‘simlik qoplamining fazoviy farqlanishi tahlil qilindi.



4-rasm. Qorako‘l tumani hududida NDVI indeksi asosida vegetatsiya qoplamining fazoviy taqsimoti

4-rasmda yashil ranglar bilan ifodalangan maydonlar vegetatsiya nisbatan yaxshi rivojlangan hududlarni ko‘rsatadi. Och sariq rangdagi zonalar esa o‘simlik qoplami sust rivojlangan, siyraklashgan yoki ochiq tuproq ulushi yuqori bo‘lgan maydonlarni bildiradi. Ko‘k rangli kichik uchastkalar suv obyektlari yoki namlik yuqoriroq bo‘lgan joylar bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin.

Rasm tahlili shuni ko‘rsatadiki, Qorako‘l tumani hududida vegetatsiya qoplami ham bir xil taqsimlanmagan. Ayrim maydonlarda o‘simlik qoplami yaxshi rivojlangan bo‘lsa, katta hududlarda vegetatsiya zaif yoki siyrak holatda kuzatiladi. Bu holat tabiiy qurg‘oqchilik, suv ta’minotining yetarli emasligi, sug‘orish tizimlari holati va yer resurslaridan foydalanish xususiyatlari bilan izohlanadi.

NDVI qiymatlari past bo‘lgan hududlar degradatsiya xavfi yuqori bo‘lgan zonalar sifatida qaralishi kerak. Bunday joylarda tuproq namligi tez yo‘qoladi, shamol eroziyasi xavfi ortadi va qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarish salohiyati pasayadi.

NDVI va NDWI natijalarining har biri alohida muhim bo‘lsa-da, degradatsiyani aniqroq baholash uchun ularni birgalikda tahlil qilish zarur. Shu maqsadda indekslar kombinatsiyasi asosida degradatsiya holatlari 2-jadvalda talqin qilindi.

NDVI va NDWI indekslari asosida degradatsiya holatlarini baholash. NDVI va NDWI indekslarini integratsiyalashgan holda tahlil qilish degradatsiya jarayonining qaysi omil bilan ko‘proq bog‘liqligini aniqlash imkonini beradi. Masalan, NDVI yuqori, ammo NDWI past bo‘lsa, hududda vegetatsiya mavjud bo‘lsa-da, namlik tanqisligi xavfi borligini ko‘rsatadi. Aksincha, NDVI past, NDWI yuqori bo‘lsa, biomassa kamayishi yoki o‘simlik qoplami zaif rivojlangan bo‘lishi mumkin. Har ikkala indeks past bo‘lsa, bu kuchli kompleks degradatsiya belgisi hisoblanadi. Dissertatsiyada ham NDVI va NDWI qatlamlari overlay tahlil orqali birgalikda baholanib, degradatsiya sinflari shakllantirilgani ko‘rsatilgan .

2-jadval.

NDVI–NDWI kombinatsiyasi asosida degradatsiya holatlarini talqin qilish

NDVI holati	NDWI holati	Degradatsiya tavsifi	Amaliy talqin
Yuqori	Yuqori	Barqaror agroekotizim	Vegetatsiya va namlik holati qoniqarli
Yuqori	Past	Namlik tanqisligi xavfi	Sug‘orish rejimini yaxshilash zarur
Past	Yuqori	Biomassa kamayishi	Agrotexnik tadbirlar talab etiladi
Past	Past	Kuchli kompleks degradatsiya	Meliorativ va ekologik tiklash choralari zarur

2-jadvaldan ko‘rinadiki, degradatsiya jarayonlarini faqat NDVI yoki faqat NDWI orqali baholash yetarli emas. Har ikkala indeksning o‘zaro bog‘liq tahlili qishloq xo‘jaligi yerlarida muammo manbasini aniqlashga yordam beradi. Ayniqsa, NDVI va NDWI bir vaqtda past bo‘lgan hududlar eng xavfli zonalar sifatida ajratiladi. Bunday hududlarda o‘simlik qoplami siyraklashgan, namlik tanqisligi kuchaygan va tuproq yuzasi ochiq qolgan bo‘lishi mumkin.

Mazkur jadval asosida NDVI va NDWI qatlamlari ustma-ust joylashtirilib, Qorako‘l tumani qishloq xo‘jaligi yerlarining degradatsiya darajalari xaritasi shakllantiriladi.

Bu xarita maqolaning eng asosiy natijaviy materiali hisoblanadi. Chunki u tadqiqotning amaliy natijasini, ya’ni qaysi hududlarda degradatsiya xavfi

yuqori ekanligini bevosita ko‘rsatadi. Degradatsiya xaritasi yer monitoringi, meliorativ tadbirlarni rejalashtirish va qishloq xo‘jaligi yerlaridan foydalanish samaradorligini oshirishda muhim qaror qabul qilish vositasi sifatida foydalanilishi mumkin.

Degradatsiya darajalarining ekologik va xo‘jalik talqini. Degradatsiya xaritasi asosida aniqlangan hududlarni faqat ranglar bilan ko‘rsatish yetarli emas. Har bir degradatsiya darajasi ekologik mazmuni va amaliy boshqaruv chorasi bilan izohlanishi kerak. Shu maqsadda 3-jadvalda degradatsiya darajalari, ularning ekologik belgisi va tavsiya etiladigan choralar umumlashtirildi.

3-jadval.

Degradatsiya darajalari bo‘yicha ekologik tavsif va tavsiyalar

Degradatsiya darajasi	Asosiy ekologik belgi	Yer resurslariga ta’siri	Tavsiya etiladigan choralar
Past	Vegetatsiya nisbatan barqaror, namlik yetarli	Yerning ishlab chiqarish salohiyati saqlangan	Muntazam monitoringni davom ettirish
O‘rtacha	Vegetatsiya stressi va namlik tanqisligi mavjud	Hosildorlik pasayishi ehtimoli ortadi	Sug‘orish rejimini yaxshilash, agrotexnik tadbirlarni kuchaytirish
Yuqori	O‘simlik qoplami siyrak, tuproq namligi past	Eroziya va sho‘rlanish xavfi ortadi	Drenaj, sho‘r yuvish va suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish
Juda yuqori	Ochiq tuproq, kuchli qurg‘oqchilik va ekologik buzilish	Yer ishlab chiqarishdan chiqish xavfiga ega	Kompleks meliorativ va ekologik tiklash dasturlarini ishlab chiqish

3-jadval degradatsiya xaritasida ko‘rsatilgan rangli zonalarni amaliy mazmun bilan bog‘laydi. Ya’ni xaritada qizil yoki to‘q sariq ko‘rsatilgan maydonlar shunchaki “xavfli hudud” emas, balki aniq chora talab qiladigan boshqaruv obyekti sifatida talqin qilinadi. Shu jihatdan jadval natijalarni amaliy tavsiyalar bilan bog‘lab, maqolaning ilmiy-amaliy qiymatini oshiradi.

Asosiy muammolar va ularning yechimlari. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, Qorako‘l tumani qishloq xo‘jaligi yerlarida degradatsiyani kuchaytiruvchi asosiy muammolar namlik tanqisligi, vegetatsiya qoplamining siyraklashuvi, sug‘orish va drenaj tizimlaridagi kamchiliklar, sho‘rlanish xavfi hamda monitoring tizimining yetarli darajada raqamlashtirilmaganligi bilan bog‘liq.

Ushbu muammolarni tizimli ko‘rsatish uchun maqolaga quyidagi jadvalni kiritish maqsadga muvofiq.

4-jadval.

Qorako‘l tumani qishloq xo‘jaligi yerlarida aniqlangan muammolar va taklif etilayotgan yechimlar

Aniqlangan muammo	Muammoning mazmuni	Kutiladigan salbiy oqibat	Taklif etilayotgan yechim
Namlik tanqisligi	Suv resurslari cheklangan, bug‘lanish yuqori	Vegetatsiya stressi va hosildorlik pasayishi	NDWI monitoringi, suv tejovchi sug‘orish texnologiyalarini joriy etish
Vegetatsiya siyraklashuvi	NDVI qiymatlari past hududlar mavjud	Tuproq ochilib qoladi, eroziya xavfi ortadi	Almashlab ekish, organik o‘g‘itlar, himoya ekinlari
Sug‘orish tizimidagi muammolar	Suv taqsimoti hududlar bo‘yicha notekis	Ayrim maydonlarda qurg‘oqchilik kuchayadi	Sug‘orish grafigini optimallashtirish
Drenaj tizimining zaifligi	Sizot suvlari va sho‘rlanish xavfi ortadi	Meliorativ holat yomonlashadi	Kollektor-zovur tarmoqlarini tozalash va tiklash
Monitoring yetarli emasligi	Muammoli hududlar kech aniqlanadi	Degradatsiya chuqurlashadi	NDVI–NDWI asosida doimiy GIS monitoring tizimini yo‘lga qo‘yish

4-jadval maqolaning taklif va tavsiyalar qismini kuchaytiradi. Chunki unda har bir muammo alohida ko‘rsatilgan va unga mos amaliy yechim berilgan. Bu yondashuv maqolani faqat nazariy tahlil darajasida qoldirmaydi, balki uni hududiy boshqaruv, yer monitoringi va meliorativ rejalashtirish uchun amaliy ahamiyatga ega ilmiy ishga aylantiradi.

Taklif va tavsiyalar. Olingan natijalar asosida Qorako‘l tumani qishloq xo‘jaligi yerlarida degradatsiya jarayonlarini kamaytirish bo‘yicha quyidagi takliflar ilgari suriladi.

Birinchidan, Qorako‘l tumani qishloq xo‘jaligi yerlarida NDVI va NDWI indekslari asosida mavsumiy monitoring tizimini yo‘lga qo‘yish zarur. Bunda vegetatsiya davrida kamida ikki yoki uch marotaba kosmik tasvirlar asosida tahlil o‘tkazish maqsadga muvofiq.

Ikkinchidan, past NDWI qiymatlari aniqlangan hududlarda sug‘orish tizimlari holati, suv yetkazib berish samaradorligi va tuproq namligi alohida o‘rganilishi kerak. Bunday hududlarda tomchilatib sug‘orish, lazerli yer tekislash va suv sarfini nazorat qilish tizimlarini joriy etish muhimdir.

Uchinchidan, past NDVI qiymatlari kuzatilgan maydonlarda vegetatsiya qoplamini tiklashga qaratilgan agrotexnik tadbirlar amalga oshirilishi lozim. Jumladan, almashlab ekish, tuproqni organik modda bilan boyitish, shamol eroziyasiga qarshi himoya daraxtzorlari tashkil etish va tuproq yuzasini himoyalovchi ekinlardan foydalanish tavsiya etiladi.

To‘rtinchidan, NDVI va NDWI indekslari bir vaqtda past bo‘lgan hududlar “yuqori xavfli degradatsiya zonalari” sifatida alohida ro‘yxatga olinishi kerak. Bunday maydonlarda meliorativ, agrotexnik va ekologik tiklash choralarini birgalikda amalga oshirish talab etiladi.

Beshinchidan, degradatsiya xaritalari tuman yer monitoringi, kadastr va melioratsiya xizmatlari faoliyatiga integratsiya qilinishi lozim.

Bu muammoli hududlarni tezkor aniqlash, resurslarni to‘g‘ri yo‘naltirish va chora-tadbirlarni manzilli rejalashtirish imkonini beradi.

Xulosa. Qorako‘l tumani qishloq xo‘jaligi yerlarining degradatsiya xaritasini masofadan zondlash materiallari asosida yaratish yer resurslarining ekologik holatini tezkor, obyektiv va fazoviy jihatdan baholash imkonini beradi. Landsat 8 kosmik tasvirlari asosida hisoblangan NDVI indeksi vegetatsiya qoplami holatini, NDWI indeksi esa tuproq va o‘simlik namligini aniqlashda samarali indikator sifatida namoyon bo‘ldi.

NDVI va NDWI xaritalarining integratsiyalashgan tahlili degradatsiya jarayonlari Qorako‘l tumani hududida bir tekis tarqalmaganligini ko‘rsatadi. Namlik tanqisligi, vegetatsiya siyraklashuvi, sug‘orish-drenaj tizimlaridagi muammolar va sho‘rlanish xavfi degradatsiyani kuchaytiruvchi asosiy omillar sifatida baholandi.

Tadqiqot natijalari asosida yaratiladigan degradatsiya xaritasi qishloq xo‘jaligi yerlaridan oqilona foydalanish, meliorativ tadbirlarni manzilli rejalashtirish, suv resurslaridan samarali foydalanish va yer monitoringi tizimini takomillashtirishda muhim ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasining Yer kodeksi. 30.04.1998. Lex.uz.
2. O‘zbekiston Respublikasining “Atrof-muhitni muhofaza qilish to‘g‘risida”gi Qonuni. 09.12.1992. Lex.uz.
3. Tucker C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment.
4. Gao B.C. NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote Sensing of Environment.
5. Pettorelli, N., Vik, J.O., Mysterud, A., Gaillard, J.M., Tucker, C.J., & Stenseth, N.C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. Trends in Ecology & Evolution, 20(9), 503-510.
6. Wessels, K.J., Prince, S.D., Frost, P.E., & Van Zyl, D. (2004). Assessing the effects of human-induced land degradation in the former homelands of northern South Africa with a 1 km AVHRR NDVI time-series. Remote Sensing of Environment, 91(1), 47–67.
7. Verbesselt, J., Hyndman, R., Newnham, G., & Culvenor, D. (2010). Detecting trend and seasonal changes in satellite image time series. Remote Sensing of Environment, 114(1), 106-115.
8. U.S. Geological Survey. (n.d.). EarthExplorer: Landsat 8 satellite imagery database. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey.
9. MODIS. MODIS Vegetation Indices Product User Guide. - NASA Land Processes Distributed Active Archive Center, 2020.
10. www.ziyonet.uz
11. www.google.com.ru
12. www.lex.uz
13. www.wikipedia.com
14. http://stat.uz

UDK: 528.94:631.459:004.9

GIS TEXNOLOGIYALARI VA MASOFADAN ZONDLASH MA'LUMOTLARI ASOSIDA EROZIYAGA UCHRAGAN YERLARNI MONITORING QILISH

Abdukadirova Muxarram Arabbayevna, Abdujabborova Muxlisa Ramzjon qizi *- Farg'ona Davlat Texnika Universiteti*
E-mail: *muxlisaabdujabborova99@gmail.com*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada eroziyaga uchragan yerlarni monitoring qilishda GIS texnologiyalari va masofadan zondlash ma'lumotlaridan foydalanishning ilmiy-amaliy asoslari yoritilgan. Tadqiqotda Landsat va Sentinel-2 sun'iy yo'ldosh tasvirlari, UAV ma'lumotlari, geodezik va dala kuzatuvlari, raqamli relyef modeli, tuproq hamda yer qoplami haqidagi ma'lumotlarni yagona geoaxborot muhitida integratsiyalashning metodik bosqichlari bayon qilindi. Eroziya jarayonlarini baholashda qiyalik, relyef, yog'in miqdori, tuproq xususiyatlari, o'simlik qoplami va yer foydalanish intensivligi asosiy omillar sifatida ko'rib chiqildi. NDVI, SAVI, NDWI kabi indekslar hamda RUSLE modeli omillari yordamida eroziya xavfi zonalari ajratildi va monitoringning texnologik ketma-ketligi ishlab chiqildi. Natijalar GIS va masofadan zondlash ma'lumotlarini birgalikda qo'llash eroziyaga uchragan hududlarni tezkor aniqlash, fazoviy tahlil qilish, tematik xaritalar yaratish hamda qaror qabul qilishni ilmiy asoslashda samarali ekanini ko'rsatadi.*

Kalit so'zlar: *eroziya, GIS, masofadan zondlash, monitoring, Landsat, Sentinel-2, UAV, NDVI, SAVI, NDWI, RUSLE, raqamli relyef modeli, tematik xarita.*

Аннотация. *В данной статье рассматриваются научные и практические основы использования ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования для мониторинга эрозионных территорий. В исследовании описаны методологические этапы интеграции спутниковых снимков Landsat и Sentinel-2, данных БПЛА, геодезических и полевых наблюдений, цифровой модели рельефа, данных о почве и растительном покрове в единую геоинформационную среду. В качестве основных факторов при оценке эрозионных процессов рассматривались уклон, рельеф, осадки, свойства почвы, растительный покров и интенсивность землепользования. Зоны риска эрозии были выделены с использованием индексов, таких как NDVI, SAVI, NDWI и модельных факторов RUSLE, и разработана технологическая последовательность мониторинга. Результаты показывают, что комбинированное использование ГИС и данных дистанционного зондирования эффективно для быстрого выявления эрозионных зон, пространственного анализа, создания тематических карт и научного обоснования принятия решений.*

Ключевые слова: *эрозия, ГИС, дистанционное зондирование, мониторинг, Landsat, Sentinel-2, БПЛА, NDVI, SAVI, NDWI, RUSLE, цифровая модель рельефа, тематическая карта.*

Abstract. *This article discusses the scientific and practical foundations of using GIS technologies and remote sensing data in monitoring eroded lands. The study describes the methodological stages of integrating Landsat and Sentinel-2 satellite images, UAV data, geodetic and field observations, digital relief model, soil and land cover data into a single geoinformation environment. Slope, relief, precipitation, soil properties, vegetation cover and land use intensity were considered as the main factors in assessing erosion processes. Erosion risk zones were distinguished using indices such as NDVI, SAVI, NDWI and RUSLE model factors, and a technological sequence of monitoring was developed. The results show that the combined use of GIS and remote sensing data is effective in quickly identifying eroded areas, spatial analysis, creating thematic maps and scientifically substantiating decision-making.*

Keywords: *erosion, GIS, remote sensing, monitoring, Landsat, Sentinel-2, UAV, NDVI, SAVI, NDWI, RUSLE, digital relief model, thematic map.*

Kirish. Yer eroziyasi qishloq xo‘jaligi va tabiatdan foydalanish tizimidagi eng dolzarb ekologik va iqtisodiy muammolardan biri hisoblanadi. Eroziya natijasida unumdor tuproq qatlami yuvilib ketadi, yerning meliorativ holati yomonlashadi, suv rejimi buziladi va qishloq xo‘jaligi hosildorligi pasayadi. Ayniqsa, tog‘ oldi va qiya relyefli hududlarda yog‘in, yuzaki oqim, noto‘g‘ri agrotexnika, o‘simlik qoplamining siyraklashuvi hamda yer resurslaridan noo‘rin foydalanish eroziya jarayonlarini tezlashtiradi.

Zamonaviy geoaxborot tizimlari va masofadan zondlash texnologiyalari eroziya jarayonlarini kuzatish va baholash uchun keng imkoniyat yaratadi. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va UAV ma’lumotlari hududning vaqt bo‘yicha o‘zgarishini, geodezik hamda dala kuzatuvlari esa yer yuzasining real holatini aks ettiradi. Ushbu ma’lumotlarni GIS muhitida birlashtirish eroziya xavfi zonalarini ajratish, dinamikani kuzatish va hududlar kesimida boshqaruv choralarini ishlab chiqish imkonini beradi.

Mazkur maqolaning maqsadi GIS texnologiyalari va masofadan zondlash ma’lumotlari asosida eroziyaga uchragan yerlarni monitoring qilishning metodik asoslarini yoritish, ma’lumotlarni integratsiyalash va tahlil qilish bosqichlarini tavsiflash hamda monitoring natijalarini boshqaruv qarorlariga bog‘lashdan iborat.

Material va metodlar. Tadqiqotda ko‘p manbali ma’lumotlardan foydalanildi: Landsat 8/9 va Sentinel-2 tasvirlari, UAV orqali olingan ortofoto hamda multispektral tasvirlar, GNSS va dala kuzatuvlari, topografik hamda kadastr ma’lumotlari, tuproq tahlillari, yog‘in ko‘rsatkichlari va raqamli relyef modeli. Ushbu ma’lumotlar georeferensiyalangan holda yagona GIS ma’lumotlar bazasiga kiritildi va fazoviy tahlil uchun tayyorlandi.

Masofadan zondlash tasvirlari bilan ishlashda bulutlarni maskalash, georeferensiya, kesish (clipping), radiometrik tuzatish kabi oldindan qayta ishlash amallari bajarildi. Eroziya omillarini baholashda qiyalik va relyef (DEM), yog‘in, tuproq xususiyatlari, o‘simlik qoplami va yer foydalanish qatlamlari tahlil qilindi. O‘simlik holatini ifodalash uchun NDVI va SAVI, namlik sharoitlarini aniqlash uchun NDWI indekslari hisoblandi.

Eroziya xavfini baholashning analitik asosi sifatida RUSLE modeli

omillaridan foydalanildi. Mazkur model quyidagi tenglama bilan ifodalanadi: A = R × K × LS × C × P, bu yerda A – o‘rtacha yillik tuproq yo‘qotilishi, R – yog‘in erozivligi omili, K – tuproq erodibilligi omili, LS – qiyalik uzunligi va tikligi omili, C – o‘simlik qoplami omili, P – muhofaza amaliyotlari omili. Model natijalari GIS muhitida integratsiyalashgan holda klassifikatsiya qilinib, eroziya darajasi xaritalari tuzildi.

1-jadval. Eroziyaga uchragan yerlarni monitoring qilishda foydalaniladigan asosiy ma’lumotlar

Ma’lumot turi	Mazmuni	Amaliy vazifasi
Masofadan zondlash ma’lumotlari	Landsat, Sentinel-2, UAV, ortofoto, multispektral tasvirlar	Hududning vaqt bo‘yicha holatini baholash va tezkor kuzatish
Geodezik va dala ma’lumotlari	GNSS nuqtalari, topografik s’yomka, dala kuzatuvlari, tuproq namunasi	Fazoviy aniqlikni ta’minlash va validatsiya
Raqamli relyef modeli	DEM, qiyalik, ekspozitsiya va balandlik qatlamlari	Eroziya jarayonlariga ta’sir etuvchi morfometrik omillarni aniqlash
Tematik qatlamlar	Kadastr, gidrologiya, yer qoplami, yer foydalanish	Eroziya xavfi zonalarini fazoviy jihatdan tahlil qilish
Meteorologik ma’lumotlar	Yog‘in, iqlim va namlik ko‘rsatkichlari	RUSLE modelining erozivlik omilini baholash



1-rasm. Eroziyaga uchragan yerlarni GIS va masofadan zondlash asosida monitoring qilishning texnologik ketma-ketligi

Natijalar va ularning tahlili.

1-rasmda eroziyaga uchragan yerlarni GIS va masofadan zondlash asosida monitoring qilishning texnologik ketma-ketligi keltirilgan. Ushbu jarayon sun'iy yo'ldosh va dala ma'lumotlarini yig'ishdan boshlanib, oldindan qayta ishlash, GIS ma'lumotlar bazasini shakllantirish, eroziya omillarini tahlil qilish, indeks va modellarni hisoblash, eroziya darajasini baholash hamda monitoring va boshqaruvgacha bo'lgan izchil bosqichlarni o'z ichiga oladi. Bunday tizimli yondashuv monitoring natijalarining ishonchliligini oshiradi.

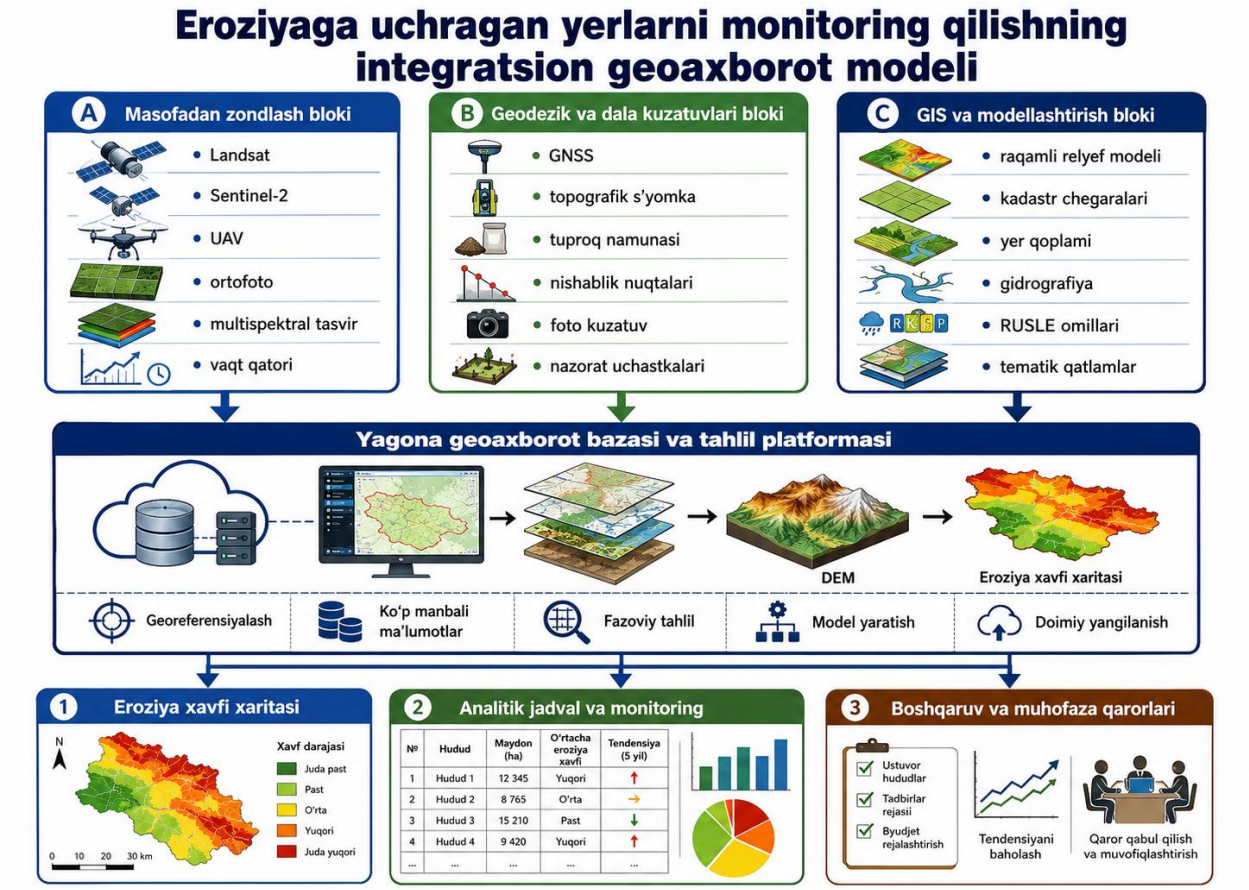
2-rasmda monitoringning integratsion geoaxborot modeli tasvirlangan bo'lib, unda masofadan zondlash bloki, geodezik va dala kuzatuvlari bloki hamda GIS va modellashtirish bloki yagona tahlil platformasiga birlashtirilgan. Mazkur model georeferensiyalash, ko'p manbali ma'lumotlarni integratsiyalash, DEM va boshqa tematik qatlamlar asosida fazoviy tahlil qilish, eroziya xavfi xaritasi va monitoring hisobotlarini shakllantirish imkonini beradi.

Eroziya xavfi xaritalari bo'yicha hududlar odatda juda past, past, o'rta, yuqori va juda yuqori sinflarga ajratiladi. Bunda qiyalik kattalashgan, o'simlik qoplami siyraklashgan, yog'in intensivligi yuqori va muhofaza choralarisiz qoldirilgan yerlar yuqori xavfli sinflarga kiradi. Aksincha, vegetatsiya qoplami yaxshi saqlangan, tekisroq va agrotexnik jihatdan to'g'ri boshqarilayotgan yerlar past xavf zonalari sifatida baholanadi.

3-rasmda raqamli monitoring va boshqarish sikli ko'rsatilgan. U ma'lumot yig'ish, GIS tahlil, eroziya zonalarini ajratish, validatsiya, optimal muhofaza choralarini tanlash hamda loyiha va monitoring bosqichlaridan iborat. Ushbu sikl muntazam qayta monitoringni, monitoring hisobotlari tayyorlashni hamda resurslarni samarali boshqarishni ta'minlaydi.

2-jadval. Eroziya monitoringida qo'llaniladigan asosiy omillar va ko'rsatkichlar

Omil	Baholash ko'rsatkichi	Ma'lumot manbai	Tahlildagi o'rni
Relyef va qiyalik	Slope, ekspozitsiya, balandlik	DEM va topografik ma'lumotlar	Yuzaki oqim tezligi va eroziya intensivligini baholaydi
Yog'in	Yillik va mavsumiy yog'in miqdori	Meteorologik stansiyalar, interpolatsiya	RUSLE modelidagi R omilini ifodalaydi
Tuproq	Mexanik tarkib, strukturasi, gumus	Tuproq tahlillari va kartalari	Erodibillik darajasini, K omilini belgilaydi
O'simlik qoplami	NDVI, SAVI, qoplama zichligi	Sun'iy yo'ldosh tasvirlari	Yer yuzasining himoyalanish darajasini ko'rsatadi
Yer foydalanish	Ekstensiv/intensiv foydalanish, ekin turi	Kadastr va GIS qatlamlari	Muammoli uchastkalarni ajratadi
Muhofaza choralari	Konturli dehqonchilik, terassalash, o'rmonlashtirish	Dala kuzatuvlari va boshqaruv ma'lumotlari	P omilini va boshqaruv samarasini tavsiflaydi



2-rasm. Eroziyaga uchragan yerlarni monitoring qilishning integratsion geoaxborot modeli

3-jadval. Eroziya xavfi darajalarini talqin qilish va monitoring natijalari

Xavf darajasi	Tavsifi	Tipik hudud xususiyati	Tavsiya etiladigan choralar
Juda past	Eroziya deyarli kuzatilmaydi	Tekis yoki vegetatsiya bilan yaxshi qoplangan yerlar	Mavjud boshqaruv tizimini saqlash va muntazam nazorat
Past	Kuchsiz eroziya xavfi	Nisbatan barqaror agro-landshaftlar	Agrotexnik choralarning davom ettirilishi
O‘rta	Ayrim uchastkalarda eroziya belgisi mavjud	Qiya maydonlar va qisman siyraklashgan qoplama	Konturli dehqonchilik va namni saqlash tadbirlari
Yuqori	Faol eroziya jarayoni kuzatiladi	Qiya, yuvilish belgilariga ega uchastkalar	Terassalash, meliorativ chora-tadbirlar va o‘rmonlashtirish
Juda yuqori	Kuchli eroziya va unumdor qatlamning sezilarli yo‘qotilishi	Tik qiyaliklar, yalang‘och yoki degradatsiyalashgan yerlar	Shoshilinch muhofaza, rekultivatsiya va foydalanish rejimini o‘zgartirish



3-rasm. Eroziyaga uchragan yerlarni raqamli monitoring qilish va boshqarish sikli

Xulosalar.

1. GIS texnologiyalari va masofadan zondlash ma'lumotlari eroziyaga uchragan yerlarni monitoring qilishda tezkor, aniq va ko'p omilli baholash imkonini beradi.
2. Sun'iy yo'ldosh tasvirlari, UAV, geodezik va dala ma'lumotlarini yagona geoaxborot muhitida integratsiyalash eroziya xavfini fazoviy jihatdan aniqroq aniqlashga xizmat qiladi.
3. NDVI, SAVI, NDWI indekslari hamda RUSLE modeli omillarini birgalikda qo'llash eroziya xavfi darajalarini ilmiy asosda klassifikatsiya qilish va tematik xaritalar yaratish imkonini beradi.
4. Monitoringning integratsion modeli va raqamli boshqaruv sikli muhofaza choralarini tanlash, resurslarni ustuvor hududlarga yo'naltirish va qayta monitoringni yo'lga qo'yishda amaliy ahamiyatga ega.
5. Taklif etilgan yondashuv eroziyaga qarshi kurashish, yer unumdorligini saqlash va hududiy ekologik barqarorlikni ta'minlash bo'yicha boshqaruv qarorlarini qabul qilishda samarali vosita bo'lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Renard K.G., Foster G.R., Weesies G.A., McCool D.K., Yoder D.C. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). – Washington, D.C.: USDA, 1997.
2. Wischmeier W.H., Smith D.D. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. – USDA Agricultural Handbook, 1978.
3. Lillesand T., Kiefer R.W., Chipman J. Remote Sensing and Image Interpretation. – Wiley, 2015.
4. Jensen J.R. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. – Pearson, 2007.

5. Burrough P.A., McDonnell R.A., Lloyd C.D. Principles of Geographical Information Systems. – Oxford University Press, 2015.
6. Tucker C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation // Remote Sensing of Environment. – 1979. – Vol. 8. – P. 127–150.
7. Gao B.C. NDWI – A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space // Remote Sensing of Environment. – 1996. – Vol. 58. – P. 257–266.
8. Ghilani C.D. Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics. – Pearson, 2018.
9. O‘zbekiston Respublikasida yer monitoringi va eroziyaga qarshi tadbirlarga oid me’yoriy-uslubiy hujjatlar. – Toshkent, 2023.
10. GIS va masofadan zondlash texnologiyalarini qo‘llash bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar. – Toshkent, 2024.

UDC: 528.8:004.9:332.3:631.1(575.1)

GEOSPATIAL APPROACHES FOR AGRICULTURAL LAND MONITORING USING REMOTE SENSING AND GIS: A CASE STUDY OF YUKORI CHIRCHIQ DISTRICT

Rustam Oymatov *– “TIQXMMI” MTU, “Geodeziya va Geoinformatika” kafedrasi dotsenti*
Siyovush Masharipov *- “TIQXMMI” MTU, “Geodeziya va Geoinformatika” kafedrasi magistranti*

Abstract. *This study examines the application of remote sensing and Geographic Information Systems (GIS) technologies for agricultural land monitoring in the Yukori Chirchiq district of Uzbekistan. The research focuses on the integration of satellite imagery and GIS-based spatial analysis methods for assessing vegetation conditions and monitoring agricultural land dynamics. Landsat multispectral imagery was used to analyze land cover characteristics and vegetation conditions through the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). GIS tools were applied for spatial visualization, data integration, and analysis of agricultural areas. The study demonstrates the effectiveness of combining remote sensing and GIS technologies for agricultural monitoring, supporting land management and decision-making processes. The results highlight the importance of geospatial technologies in improving the efficiency of agricultural land assessment and sustainable resource management.*

Key words: *Remote sensing, GIS, agricultural monitoring, NDVI, Landsat, spatial analysis, agricultural land.*

Introduction. Agricultural land monitoring plays an important role in ensuring sustainable land management and improving agricultural productivity. Traditional monitoring methods often require significant time, labor, and financial resources, especially in large agricultural regions. Modern geospatial technologies, including remote sensing (RS) and Geographic Information Systems (GIS), provide effective tools for spatial analysis

and monitoring of agricultural lands.[1], [2], [3]

Remote sensing technologies enable the acquisition of multispectral satellite imagery for analyzing vegetation conditions, land cover changes, and environmental processes. GIS technologies allow the integration, visualization, and spatial analysis of geospatial data obtained from satellite imagery and other sources. The combination of RS and GIS has become increasingly important for agricultural monitoring, land resource management, and decision-making processes.[1], [4]

The Yukori Chirchiq district is one of the important agricultural regions of Uzbekistan, characterized by irrigated agricultural lands and diverse cropping systems. Monitoring vegetation conditions and land use dynamics in this area is essential for improving agricultural efficiency and sustainable land management.[5]

The main objective of this study is to investigate the integration of remote sensing and GIS technologies for agricultural land monitoring in the Yukori Chirchiq district using Landsat satellite imagery and NDVI-based spatial analysis.[6]

Study Area and Data Sources The study was conducted in the Yukori Chirchiq district, located in the Tashkent region of Uzbekistan. The district was established in 1926 and has undergone several administrative changes during its development. It is characterized by intensive agricultural activity and serves as an important irrigation-based farming area in the region.[5]

Geographically, the district is situated on the left-bank plain of the Chirchiq River at an average elevation of about 550 meters. It shares borders with the Bostanlyk and Parkent districts in the northeast, Ohangaron district in the south and southeast, and Zangiota, Kibray, and Tashkent districts in the west. The area is predominantly flat with surrounding mountainous influences from the Chatkal Range, contributing to its climatic and hydrological conditions.[5]

The climate is continental, with hot summers and relatively cold winters. The average temperature in January ranges from –1.5°C to –2°C, while in July it reaches 25–28°C, with maximum temperatures up to 41–42°C. The average annual precipitation is 350–400 mm, and the vegetation period lasts approximately 200 days, creating favorable conditions for irrigated agriculture.

Hydrographic resources include the Chirchiq River and a network of irrigation canals such as Karasu, Parkent, and Khondam, which are widely used for agricultural water supply. The soils are mainly grey loamy soils, suitable for crop cultivation. The natural vegetation includes grasses and shrubs adapted to semi-arid conditions, while local fauna consists of small mammals and various bird species typical for irrigated agro-ecosystems.[5]

For this research, Landsat multispectral satellite imagery was used as the primary remote sensing data source. The dataset is suitable

for vegetation monitoring and land cover analysis due to its consistent temporal coverage and spatial resolution of 30 meters. Additional GIS layers, including administrative boundaries and land use data, were integrated for spatial analysis and mapping.[5], [7]

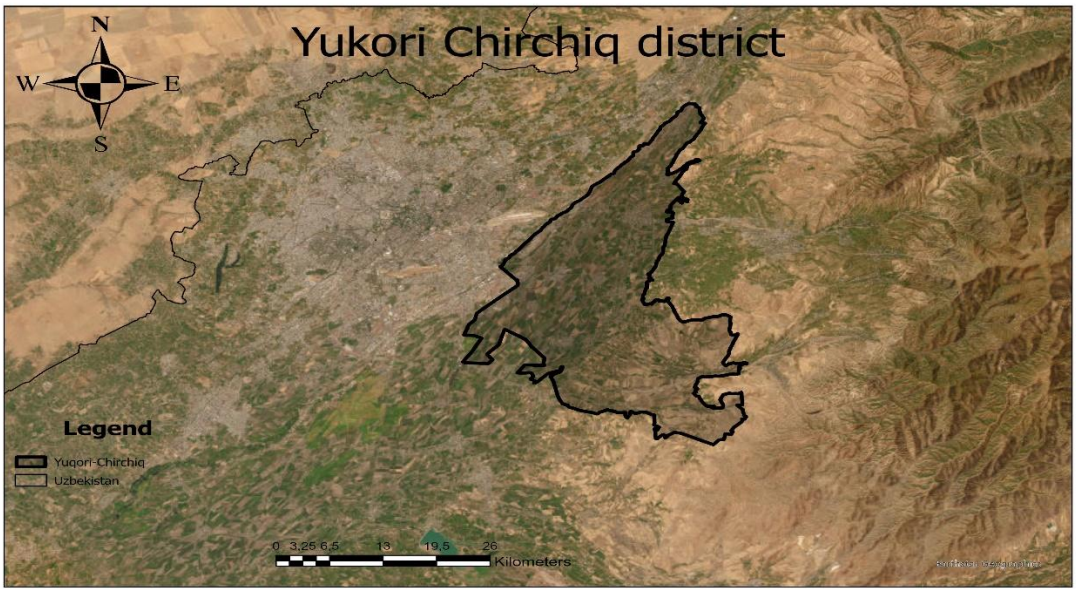


Figure 1. Location of the study area – Yukori Chirchiq district

Methodology The methodology of this study is based on the application of remote sensing data and Geographic Information Systems (GIS) for agricultural land monitoring in the Yukori Chirchiq district. Landsat satellite imagery, provided by the United States Geological Survey (USGS), was used as the primary data source due to its long-term historical archive and suitability for vegetation monitoring and environmental analysis.[4], [8], [9], [10]

The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was calculated using Python-based geospatial processing in a Jupyter Notebook environment. Landsat spectral bands corresponding to the red and near-infrared (NIR) regions were used for NDVI computation. NDVI is a widely used indicator for assessing vegetation health, density, and spatial distribution.[10], [11]

The NDVI is defined as:

NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)

where **NIR** represents the near-infrared spectral band and **Red** represents the red spectral band of Landsat imagery.[1]

The NDVI values were calculated for the 2025 vegetation season and further processed for spatial analysis and visualization in GIS software. The resulting raster dataset was used to identify spatial patterns of vegetation conditions across the study area.[2], [8], [10]

GIS tools were applied for mapping, visualization, and interpretation of NDVI results. This enabled classification of agricultural areas based on vegetation density

and provided insights into land use and crop conditions.

The integration of Landsat data obtained from USGS and GIS-based analytical methods allowed effective monitoring of agricultural land conditions and spatial assessment of vegetation dynamics in the study area.[9]

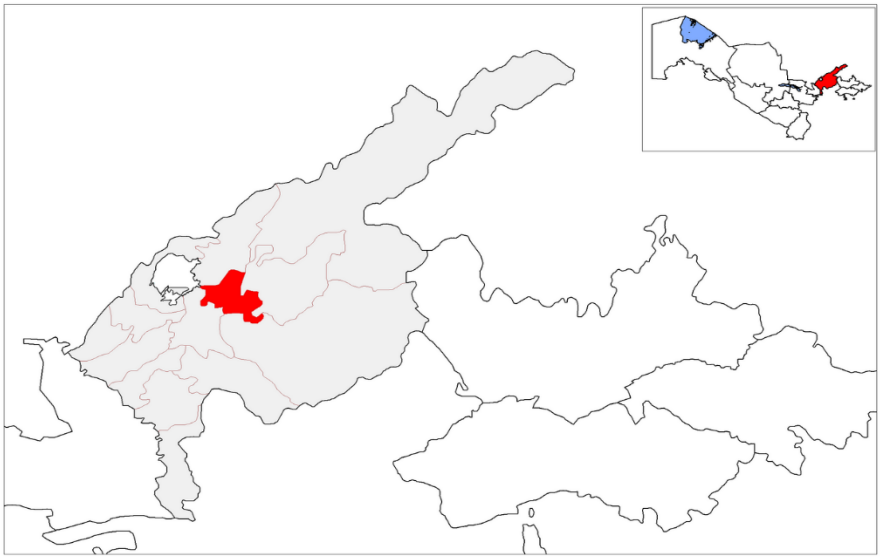


Figure 2. Location of the study area within Tashkent region, Uzbekistan[5]

Landsat 8/9 OLI imagery was obtained from the USGS EarthExplorer platform. NDVI was calculated using the Red and Near-Infrared (NIR) spectral bands.

Cloud masking was applied to improve image quality and analysis accuracy.

The same seasonal period was selected for the years 2015 and 2025 to ensure comparability of results. NDVI values were classified into five categories.

Results and Discussion The NDVI-based land cover classification for the study area (Yukori Chirchiq district) for the years 2015 and 2025 reveals a consistently vegetation-dominated landscape, with a clear spatial differentiation of land cover types based on vegetation density.

The classification results were grouped into five main classes: water bodies, built-up areas, non-vegetated land, moderate vegetation, and high vegetation. Each class demonstrates distinct spectral characteristics, where water bodies appear as a separate category due to their low reflectance, built-up areas represent urban and infrastructural surfaces with minimal vegetation cover, and non-vegetated land corresponds to bare soil or sparsely vegetated surfaces.

Vegetation classes dominate the study area in both analyzed years. Moderate vegetation represents the largest proportion of land cover, indicating predominantly agricultural fields at intermediate growth stages or mixed cropland conditions influenced by seasonal cultivation practices and irrigation regimes. High vegetation

represents areas of dense and healthy vegetation, typically associated with well-irrigated agricultural plots or perennial vegetation cover.

For the year 2025, moderate vegetation covers 178,016 pixels (98.786%), while high vegetation accounts for 2,186 pixels (1.213%). Similarly, in 2015, moderate vegetation covers 247,216 pixels (98.852%), and high vegetation occupies 2,869 pixels (1.147%). Despite slight numerical differences between the two years, the overall spatial structure remains stable, with moderate vegetation overwhelmingly dominating the landscape and high vegetation remaining limited in extent.

Overall, the results confirm that the study area is characterized by a stable agricultural landscape dominated by moderate vegetation conditions. The limited distribution of high vegetation reflects spatial and temporal variability in crop development, irrigation intensity, and agricultural management practices typical of irrigated farming systems in the region.

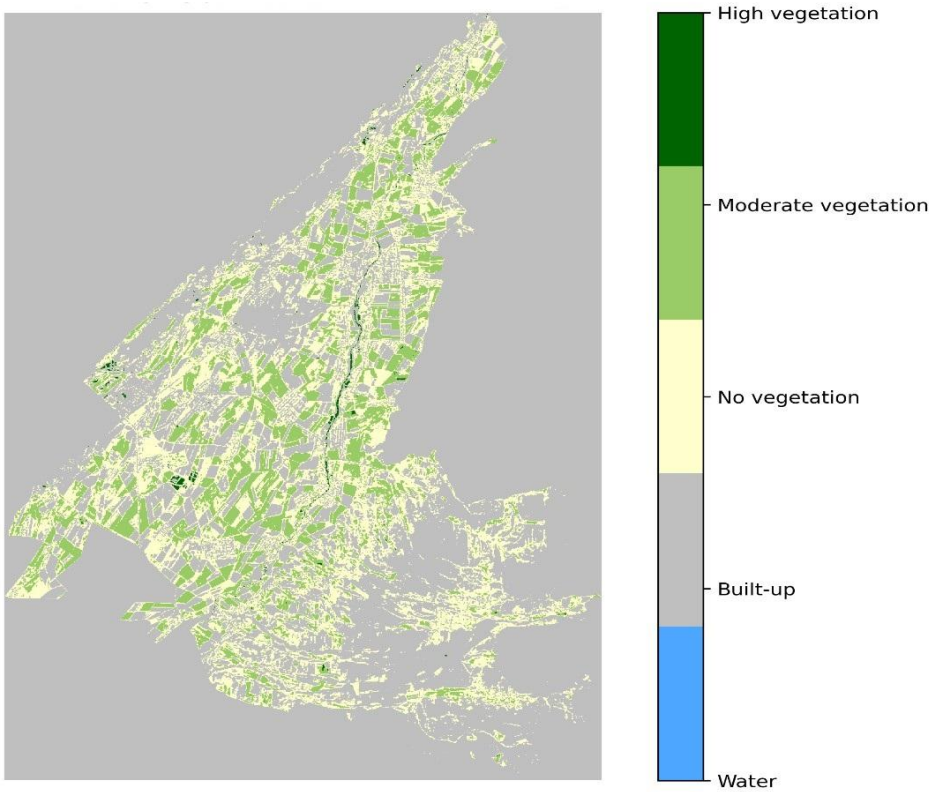


Figure 3. NDVI – Yukori Chirchiq district 2025

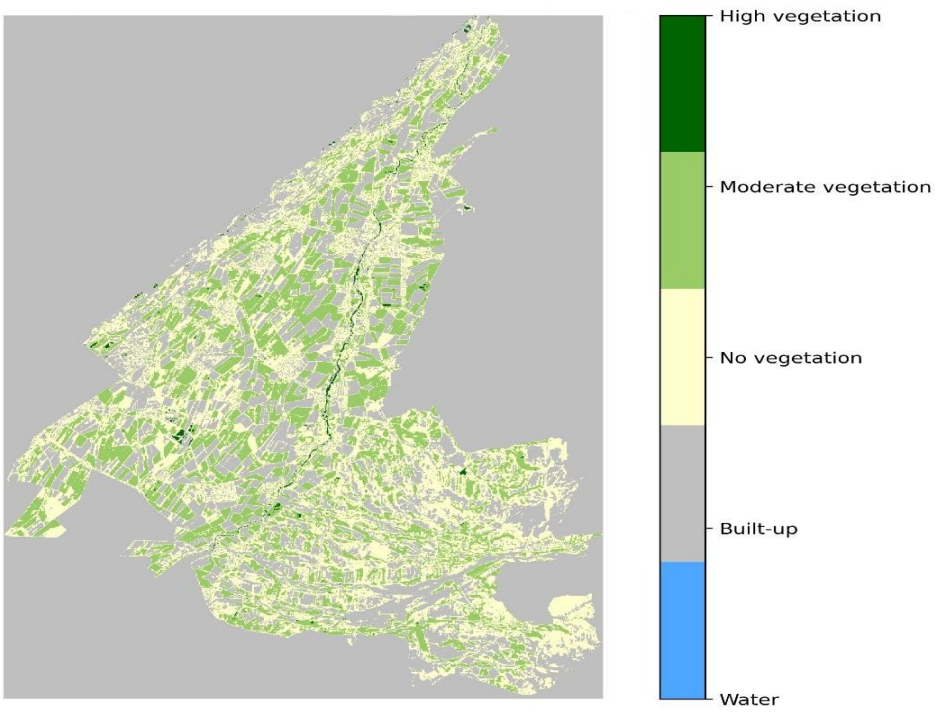


Figure 4. NDVI – Yukori Chirchiq district 2015

Conclusion. This study demonstrates the effectiveness of integrating Landsat satellite imagery and Geographic Information Systems (GIS) for agricultural land monitoring in the Yukori Chirchiq district. The application of NDVI-based analysis allowed for a detailed assessment of vegetation conditions and spatial distribution of agricultural land cover.

The results show that the study area is consistently dominated by moderate vegetation in both 2015 and 2025, indicating stable agricultural land use patterns over time. High vegetation areas occupy a relatively small proportion of the territory, reflecting localized zones of intensive cultivation and well-irrigated agricultural fields. The comparison between the two analyzed years reveals no significant changes in the overall vegetation structure, suggesting relative stability in land cover dynamics.

Overall, the study confirms that Landsat data combined with GIS-based spatial analysis provides a reliable and efficient approach for monitoring agricultural landscapes. These methods are valuable for understanding vegetation dynamics and can support sustainable agricultural planning and land management in the region.

Reference.

[1] I. Grishin and R. Timirgaleeva, “Remote sensing: the method of GIS application for monitoring the state of soils,” *E3S Web of Conferences*, vol. 175, p. 06009, Jun. 2020, doi: 10.1051/E3SCONF/202017506009.

[2] S. Measho *et al.*, “Soil Salinity Variations and Associated Implications for Agriculture and Land Resources Development Using Remote Sensing Datasets in Central Asia,” *Remote Sensing 2022, Vol. 14, Page 2501*, vol. 14, no. 10, p. 2501, May 2022, doi: 10.3390/RS14102501.

[3] I. N.-V. of A. Science and undefined 2016, “Monitoring of agricultural land use,” *agrovisnyk.com*, 2016, Accessed: Jan. 05, 2026. [Online]. Available: https://agrovisnyk.com/pdf/en_2016_04_15.pdf

[4] R. Ruuska and J. Helenius, “GIS analysis of change in an agriculture landscape in Central Finland,” *Agricultural and Food Science*, vol. 5, no. 6, pp. 567–576, Dec. 1996, doi: 10.23986/AFSCI.72770.

[5] “Юкарычирчикский район - Юкарычирчикский район — Википедия.” Accessed: Jan. 07, 2026. [Online].png

[6] K. M. de Beurs, G. M. Henebry, B. C. Owsley, and I. Sokolik, “Using multiple remote sensing perspectives to identify and attribute land surface dynamics in Central Asia 2001–2013,” *Remote Sens. Environ.*, vol. 170, pp. 48–61, Dec. 2015, doi: 10.1016/J.RSE.2015.08.018.

[7] V. Mesev, “Integration of GIS and remote sensing,” 2007, Accessed: Jan. 05, 2026. [Online]. Available: https://books.google.com/books?hl=ru&lr=&id=A24zR9DLM0wC&oi=fnd&pg=PP1&dq=integration+of+GIS+and+remote+sensing&ots=KivWR0CRrz&sig=z08ZvSmNKlTraw2IeOa_nhAqcyc

[8] S. Baja, D. M. Chapman, and D. Dragovich, “Using GIS-based continuous methods for assessing agricultural land-use potential in sloping areas,” *Environ. Plann. B Plann. Des.*, vol. 29, no. 1, pp. 3–20, 2002, doi: 10.1068/B2706;CTYPE:STRING:JOURNAL.

[9] C. R. Leslie, L. O. Serbina, and H. M. Miller, “Landsat and agriculture—Case studies on the uses and benefits of Landsat imagery in agricultural monitoring and production,” *Open-File Report*, 2017, doi: 10.3133/OFR20171034.

[10] R. Filgueiras, E. C. Mantovani, D. Althoff, E. I. Fernandes Filho, and F. F. da Cunha, “Crop NDVI Monitoring Based on Sentinel 1,” *Remote Sensing 2019, Vol. 11, Page 1441*, vol. 11, no. 12, p. 1441, Jun. 2019, doi: 10.3390/RS11121441.

[11] Y. Lebrini *et al.*, “Remote monitoring of agricultural systems using NDVI time series and machine learning methods: a tool for an adaptive agricultural policy,” *Arabian Journal of Geosciences 2020 13:16*, vol. 13, no. 16, pp. 796-, Aug. 2020, doi: 10.1007/S12517-020-05789-7.

UDK: 528.8:631.6:631.4

MODERN REMOTE SENSING-BASED METHODS FOR MONITORING THE MELIORATIVE CONDITION OF SALINE SOILS

Tadjiyev Sunnat Saydaliyevich *- Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers National Research University, Department of Irrigation and Melioration, Associate Professor, PhD in Technical Sciences.*

Kattaev Bobir Sobirovich *- Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers National Research University, Department of Irrigation and Melioration, PhD Student.*

Saylixanova Maftuna Komiljonovna *- Bukhara State Technical University, Master's Student.*

Abstract. *Soil salinization is one of the major land degradation processes threatening global agricultural productivity and food security. This study analyzes a comprehensive monitoring methodology based on the integration of long-term remote sensing data (Landsat-8 and Sentinel-2), ground-based electromagnetic sensors, and advanced machine learning algorithms for assessing the meliorative condition of irrigated lands in arid and semi-arid regions. Within the framework of the study, nonlinear spatial relationships between primary and secondary salinization drivers were investigated. To achieve accurate inversion of surface salinity configurations, a Soil Salinity Detection Index based on the synergy of NDVI and SI indicators was applied. In non-destructive three-dimensional digital mapping of vertical soil salinity profiles, Random Forest Regression and Extreme Gradient Boosting algorithms demonstrated high accuracy coefficients (R^2 and RMSE). Furthermore, the Multiscale Geographically Weighted Regression (MGWR) model was successfully implemented to quantitatively assess the local influence range and spatial scale variability of environmental and hydrogeological factors. The obtained results provide a highly reliable scientific and methodological basis for real-time prediction of secondary salinization hotspots and for the development of preventive meliorative management strategies in arid regions.*

Keywords: *Remote sensing, soil salinity, meliorative condition, digital monitoring, Sentinel-2, Landsat, spectral indices, geographic information systems.*

Causes of Soil Salinization

Soil salinization is one of the most hazardous soil degradation processes threatening agricultural productivity, ecosystem stability, and regional resource security on a global scale. According to the Food and Agriculture Organization (FAO), more than 833 million hectares of land worldwide are currently affected by salinity, accounting for approximately 8.7% of the Earth's total land surface. Global climate change and the intensive, ecologically unsustainable use of land resources are further intensifying this negative trend, particularly in arid and semi-arid regions. The mechanisms of salt accumulation and migration in soils

are controlled by two fundamentally different groups of drivers: primary (natural) and secondary (anthropogenic) factors (J. Wang et al., 2025).

In arid, semi-arid, and coastal lowland regions of the world, the sharp decline in soil fertility and the degradation of cultivated lands are directly associated with primary (natural) and secondary (anthropogenic) salinization processes. Natural primary factors leading to the accumulation of highly soluble toxic salts in soil layers include hot and dry climatic conditions, where evapotranspiration rates are several times higher than annual precipitation. Under such hydromorphic conditions, shallow groundwater with high mineralization rises through capillary action toward the soil surface, where moisture evaporates and salt particles accumulate within the fertile soil layer (0–30 cm). Furthermore, anthropogenic secondary factors associated with human activities significantly accelerate the salinization process. Improper and excessive irrigation practices, insufficient or malfunctioning collector-drainage systems, and disturbances in hydrological balance create favorable conditions for groundwater levels to rise to critical depths. Unsustainable land reclamation practices and the irregular implementation of salt-leaching measures result in soil compaction, deterioration of physicochemical properties, and ultimately pose a global threat to food security (Li et al., 2023).

In arid and semi-arid inland regions, the problem of soil salinization has become even more severe due to specific geographical and climatic conditions. In such areas, the sharply continental climate, extremely low annual precipitation (<100 mm/year), and very high potential evaporation (evapotranspiration) rates (>2000 mm/year) create favorable conditions for the intensive accumulation of soluble salts on the soil surface. Under these arid conditions, both primary and secondary drivers simultaneously contribute to salinization processes.In agroecosystems, particularly in regions experiencing freshwater scarcity, the use of mineralized and saline return groundwater for irrigation has become one of the principal drivers of secondary salinization. In the Central Asia region, nearly 4.8 million hectares of irrigated land, representing approximately 47% of the total irrigated area, are affected by salinity, demonstrating the enormous regional scale of the problem. Furthermore, nearly 90% of newly reclaimed agricultural lands encounter salinization constraints at the initial stages of cultivation (Xiong et al., 2025).

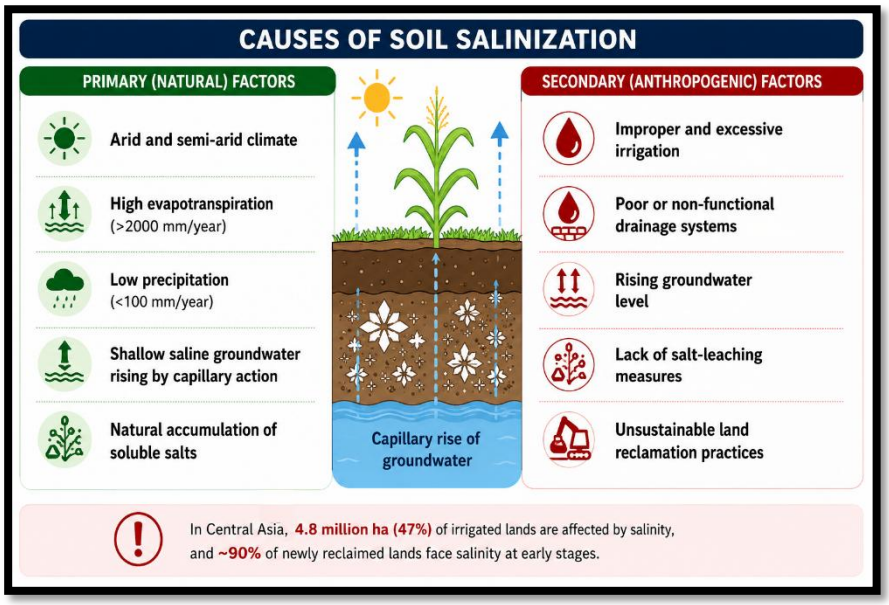


Figure 1. Primary and Secondary Factors Contributing to Soil Salinization

Capabilities of Remote Sensing Technologies

Although conventional field and laboratory investigations provide significant accuracy in assessing the spatial heterogeneity and salinity levels of soils across large-scale areas, they require substantial financial resources, time, and physical labor. The primary limitation of these traditional methods is that field samples reflect only localized conditions at specific points and are therefore incapable of comprehensively capturing the continuous spatial dynamics and complex patterns of soil properties at regional scales. To overcome these limitations, remote sensing technologies have become fundamental and efficient tools for digital soil mapping due to their extensive data availability, capability for rapid real-time mapping, and high economic efficiency (L. Wang et al., 2023).

In large-scale agricultural regions, remote sensing technologies have become an indispensable tool for digital soil mapping due to their multisource data capabilities, real-time information acquisition, and economic efficiency in monitoring soil degradation and planning meliorative measures. However, one of the most fundamental limitations of conventional remote sensing technologies is that the electromagnetic waves of satellite sensors are capable of assessing salinity indicators only within the surface soil layer, specifically at depths of approximately 0–5 cm (Chen et al., 2025).

Remote sensing technologies provide extensive opportunities for large-scale, continuous, and dynamic assessment of salinized agricultural agroecosystems in arid regions. In modern geospatial monitoring systems, the potential of satellite sensors is determined not only by their ability to calculate conventional spectral salinity indices, but also by their capability to remotely identify changes in surface energy distribution and radiation balance within agrophytocenoses under salinity stress (W. Wang et al., 2024).

Most importantly, in modern geospatial monitoring systems, remote sensing data serve as an essential tool for identifying nonlinear relationships

between soil salinity and its primary hydrological drivers, namely groundwater level and mineralization degree. Remote sensing indicators enable the quantitative determination of the critical groundwater depth that induces salinization processes under arid climatic conditions, as well as the assessment of the spatial influence range of salt accumulation drivers. Modern geospatial and remote sensing technologies not only facilitate the identification of salinity hotspots at regional scales, but also support the development of digital management and preventive monitoring models associated with the hydrological mechanisms of salinization (Chang et al., 2025).

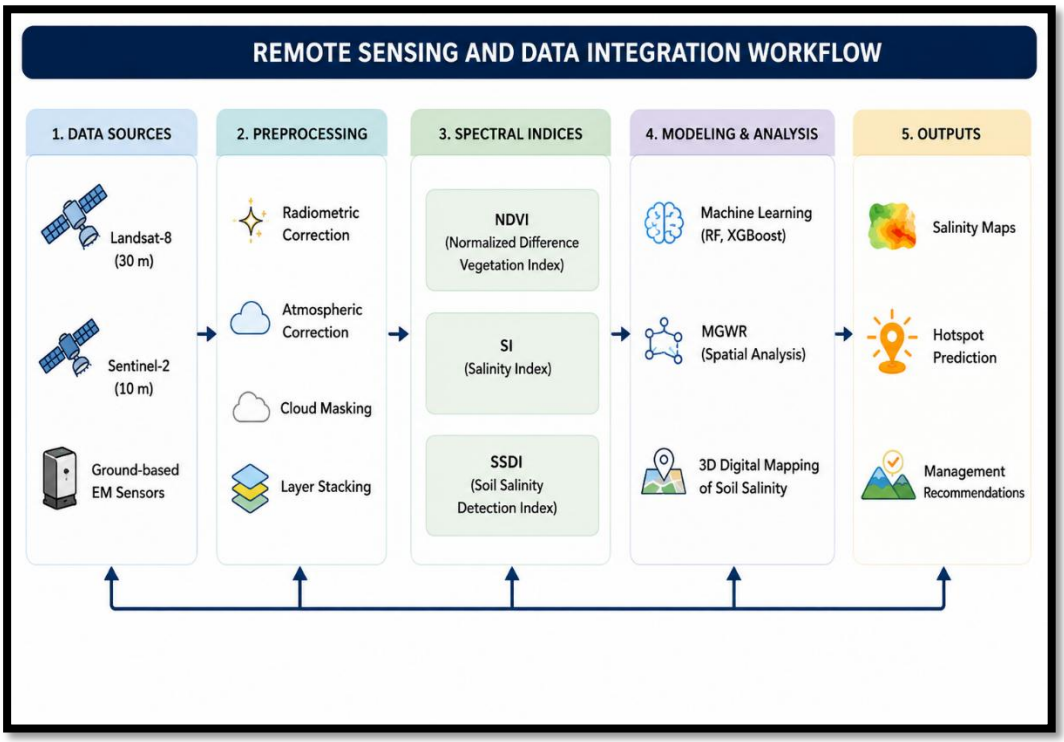


Figure 2. Remote Sensing Technologies for Soil Salinity Monitoring

Capabilities of Satellite Data and Spectral Indices in Soil Salinity Monitoring

Sentinel-2 (MSI) and Landsat systems are considered the leading and most effective orbital platforms for the quantitative assessment of the spatiotemporal dynamics of soil salinity in arid and semi-arid regions. The primary advantages of these satellite sensors in modern monitoring systems are determined by their high spatial resolution (up to 10 m), radiometric and spectral accuracy, as well as their capability to continuously monitor changes on the soil surface using multitemporal image series. The multispectral bands of the Sentinel-2 satellite, particularly the visible spectral ranges (Blue, Green, and Red), together with the vegetation-sensitive Red-Edge, Near Infrared (NIR), and Short-Wave Infrared (SWIR) bands, enable the development of specific spectral proxies (indicators) for soil salinity assessment. In digital modeling, indices derived from Sentinel-2 data, such as the Normalized Difference Salinity Index (NDSI) and Salinity Index (SI), demonstrate strong nonlinear correlations with soil electrical conductivity (EC) (Amir Latif et al., 2025).

At regional scales, multispectral satellite data such as Landsat and Sentinel represent highly effective orbital tools for investigating the

spatiotemporal characteristics of soil salinity and its relationship with environmental drivers. The primary monitoring capability of these sensors is determined not only by their ability to represent the static condition of the land surface, but also by their capacity to quantitatively assess the dynamic interactions between soil salinity and drought indices through the integration of long-term multispectral and multitemporal imagery (Ghasempour et al., 2024).

For effective assessment of the spatial heterogeneity of soil salinity at regional scales, the integration capabilities of modern electromagnetic induction (EMI) sensors, considered a form of proximal remote sensing, have demonstrated exceptionally high efficiency alongside long-range remote sensing systems such as Landsat and Sentinel. While orbital satellite sensors primarily provide spectral information regarding the surface soil layer (0–5 cm), EMI technologies enable real-time, non-invasive measurement of vertical soil salinity profiles at specific soil depths (Farzamian et al., 2023).

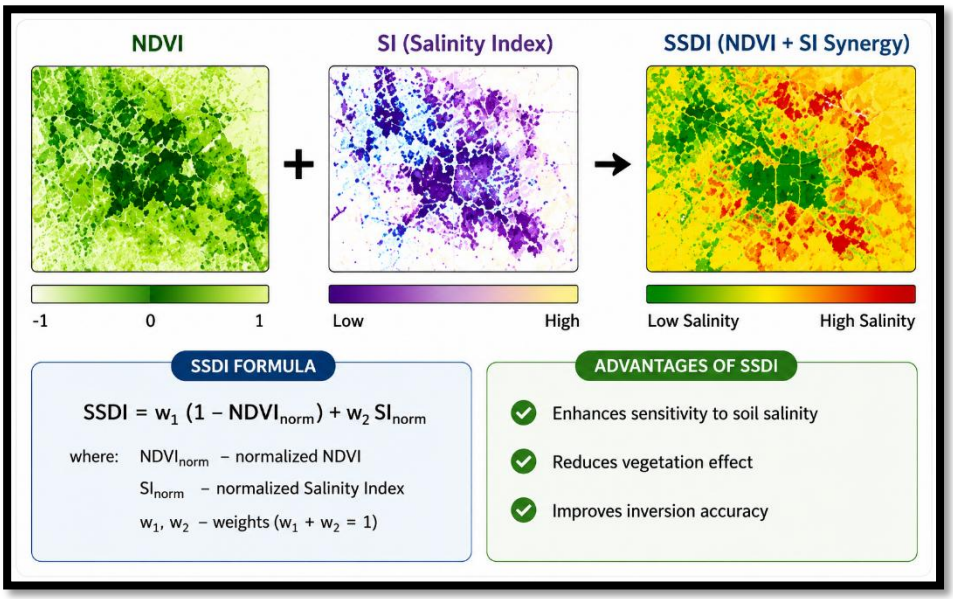


Figure 3. Integration of NDVI and Salinity Index for Soil Salinity Assessment

Machine Learning Algorithms and Model Accuracy Assessment Methods in Digital Soil Salinity Monitoring

Machine learning algorithms represent one of the most advanced and effective methodological approaches for the quantitative assessment and prediction of soil salinity based on remote sensing data at regional scales. The mathematical capabilities of several advanced algorithms are utilized to accurately model the complex nonlinear relationships among multispectral drivers derived from satellite sensors, salinity and vegetation indices, and hydrogeological factors (Wu et al., 2025).

In large-scale agricultural landscapes, machine learning algorithms constitute the most reliable methodological foundation for the quantitative assessment and prediction of the spatiotemporal dynamics of soil salinity. Among these approaches, the Random Forest Regression algorithm is distinguished by its versatility and high accuracy in modeling complex nonlinear relationships between multisource geospatial datasets — including remote sensing drivers

(Landsat and Sentinel-2 spectral indices), digital elevation models, and field-measured soil electrical conductivity (ECe) data (Gao et al., 2025).

The inversion and mapping of the complex spatiotemporal characteristics of soil salinity in the lower parts of arid inland basins based on remote sensing data are directly dependent on the integration of multidimensional spectral indicators. In conventional monitoring practices, the use of only a single spectral index is insufficient to fully capture the high heterogeneity of soil cover characteristics. Therefore, in order to achieve highly accurate modeling of soil salinity levels, a Soil Salinity Detection Index based on the synergistic integration of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), which reflects the physiological response of vegetation cover to salt stress, and surface salinity indices has been widely applied as a monitoring driver (Xiao et al., 2025).

In irrigated agricultural regions of arid and semi-arid areas, the formation and distribution of soil salinity are associated with the complex and highly heterogeneous influence of various natural and anthropogenic drivers. Conventional global regression models widely used in digital soil mapping practices assume that the influence of environmental factors on salinity is spatially uniform across the entire study area, which reduces model accuracy in landscapes characterized by high spatial heterogeneity. Therefore, the Multiscale Geographically Weighted Regression (MGWR) algorithm has emerged as one of the most advanced and effective methodological approaches for quantitatively assessing the local influence ranges and variable spatial scales of salinity drivers (Lv et al., 2025).

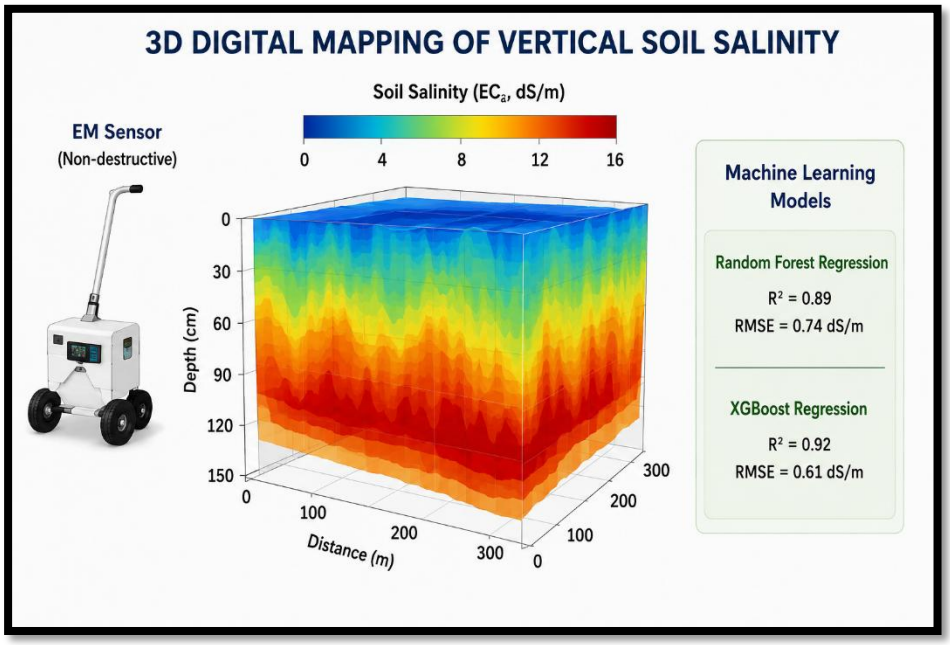


Figure 4. Machine Learning-Based 3D Digital Soil Salinity Mapping and Accuracy Assessment

Conclusion. Soil salinization is one of the major land degradation processes threatening global agricultural productivity and food security. According to Food and Agriculture Organization (FAO) data, approximately 8.7% of the world's land area is currently affected by salinity,

and this negative trend is rapidly intensifying in arid regions. Salt accumulation in soils is controlled by both primary natural factors, including arid climate conditions, high evapotranspiration rates, and capillary rise of groundwater, as well as secondary anthropogenic drivers such as improper irrigation practices, malfunctioning drainage systems, and the use of mineralized water resources. To overcome the limitations of conventional field investigations in large-scale regions, Landsat and Sentinel-2 remote sensing technologies have become fundamental monitoring tools. The limitation of satellite sensors in assessing only the surface soil layer (<5 cm) has been effectively addressed through the integration of electromagnetic induction (EMI) technologies, which enable non-destructive analysis of vertical soil profiles and three-dimensional digital mapping.

In particular, the Soil Salinity Detection Index, developed through the synergistic integration of Sentinel-2 spectral indicators and vegetation indices, significantly improved the accuracy of digital salinity modeling. Furthermore, Random Forest Regression and XGBoost algorithms proved to be the most reliable machine learning methods for modeling nonlinear relationships between multisource geospatial drivers and field-measured soil electrical conductivity (EC) data with minimal prediction error.

At the same time, the Multiscale Geographically Weighted Regression (MGWR) algorithm was successfully applied to quantitatively assess the local influence ranges and variable spatial scales of environmental factors affecting salinity distribution. The integration of advanced geospatial technologies and sophisticated modeling approaches provides highly accurate digital mapping of soil salinity and enables reliable forecasting of future meliorative conditions in arid oasis regions.

References

1. Amir Latif, Rana Muhammad, Adnan Arshad, Jinliao He, et al. 2025. “Integrating Machine Learning with Multitemporal Remote Sensing to Quantify Spatial Soil Salinity.” *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* 28 (3): 573–586. https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2025.08.005.

2. Chang, Cui, Guiyu Yang, Shuoyang Li, Hao Wang, and Yaomingqi Song. 2025. “Spatial Characteristics and Critical Groundwater Depth of Soil Salinization in Arid Artesian Irrigation Area of Northwest China.” *Agricultural Water Management* 307 (February): 109196. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.109196.

3. Chen, Huifang, Jingwei Wu, and Chi Xu. 2025. “A Deep Learning-Based Method for Deep Soil Salinity Prediction: Considering the Driving Mechanisms of Salinity Profiles.” *Geoderma* 464 (December): 117615. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2025.117615.

4. Farzamian, Mohammad, Fethi Bouksila, Ana Marta Paz, et al. 2023. “Landscape-Scale Mapping of Soil Salinity with Multi-Height Electromagnetic Induction and Quasi-3D Inversion in Saharan Oasis, Tunisia.” *Agricultural Water Management* 284 (June): 108330. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108330.

5. Gao, Zitian, Jorge L. Peña-Arancibia, Mobin-ud-Din Ahmad, and Altaf Ali Siyal. 2025. “Three-Dimensional Soil Salinity Mapping with Uncertainty Using Bayesian Hierarchical Modelling, Random

Forest Regression and Remote Sensing Data." *Agricultural Water Management* 309 (March): 109318. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109318.

6. Ghasempour, Roghayeh, Mohammad Taghi Aalami, Seyed Mahdi Saghebian, and V. S. Ozgur Kirca. 2024. "Analysis of Spatiotemporal Variations of Drought and Soil Salinity via Integrated Multiscale and Remote Sensing-Based Techniques (Case Study: Urmia Lake Basin)." *Ecological Informatics* 81 (July): 102560. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102560.

7. Li, Yinshuai, Chunyan Chang, Zhuoran Wang, and Gengxing Zhao. 2023. "Upscaling Remote Sensing Inversion and Dynamic Monitoring of Soil Salinization in the Yellow River Delta, China." *Ecological Indicators* 148 (April): 110087. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110087.

8. Lv, Tingbo, Shaozhong Kang, Yifan Liu, Menghan Bian, Ling Tong, and Wenhao Li. 2025. "Analysis of Driving Factors of Soil Salinity in Southern Xinjiang Irrigation Areas under Dry-Sowing and Wet-Emerging Conditions." *Agricultural Water Management* 322 (December): 109962. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109962.

9. Wang, Jingzhe, Jianli Ding, Yankun Wang, Xiangyu Ge, Ivan Lizaga, and Xiangyue Chen. 2025. "Soil Salinization in Drylands: Measure, Monitor, and Manage." *Ecological Indicators* 175 (June): 113608. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113608.

10. Wang, Lingyue, Ping Hu, Hongwei Zheng, et al. 2023. "Integrative Modeling of Heterogeneous Soil Salinity Using Sparse Ground Samples and Remote Sensing Images." *Geoderma* 430 (February): 116321. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116321.

11. Wang, Weishu, Yao Rong, Xiaoqin Dai, Chenglong Zhang, Chaozi Wang, and Zailin Huo. 2024. "Variation and Attribution of Energy Distribution for Salinized Sunflower Farmland in Arid Area." *Agricultural Water Management* 297 (May): 108833. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108833.

12. Wu, Chunrui, Xinqiang Du, Bo Meng, and Hui Guo. 2025. "Characteristics and Mechanisms of Soil Salinization in Humid Climate Areas." *Journal of Hydrology: Regional Studies* 60 (August): 102607. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2025.102607.

13. Xiao, Yong, Wenxu Hu, Yuqing Zhang, et al. 2025. "Spatiotemporal Variation and Driving Forces of Soil Salinization in the Lower Reach of Arid Endorheic Basins: Critical Role of Lake System and Groundwater Overflow." *Agricultural Water Management* 315 (June): 109568. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109568.

Xiong, Ju, Xiangyu Ge, Jianli Ding, et al. 2025. "Optimal Time-Window for Assessing Soil Salinity via Sentinel-2 Multitemporal Synthetic Data in the Arid Agricultural Regions of China." *Ecological Indicators* 176 (July): 113642. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113642.

UDK: 504.064.36:528.8:332.3(575.1)

JANUBIY OROLBO'YI HUDUDIDA YER DEGRADATSIYASINI MASOFADAN ZONDLASH TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA MONITORING QILISH VA BAHOLASH: ADABIYOTLAR TAHLILI

Mamanbek Reymov *– "TIQXMMI" MTU, "Geodeziya va Geoinformatika" kafedrasi dotsenti*

Oralbayev Baxitjan *- "TIQXMMI" MTU, "Geoinformatika" ixtisosligi tayanch doktoranti*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada Janubiy Orolbo'yi hududida yer degradatsiyasini masofadan zondlash (MZ) texnologiyalari yordamida monitoring qilish va baholash bo'yicha 2000–2024 yillar oralig'ida chop etilgan 80 dan ortiq xalqaro ilmiy manba tahlil qilingan. Maqsad – mavjud tadqiqotlarning metodologik asoslarini, qo'llanilayotgan kosmik ma'lumotlar turlarini va indekslar tizimini sistematik tarzda ko'rib chiqish hamda mintaqaviy ilmiy izlanishlar uchun uslubiy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, Landsat, MODIS, Sentinel seriyali sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari va yuqori aniqlikdagi UAV texnologiyalari birgalikda qo'llanganda degradatsiya jarayonlarini aniqroq baholash imkoni yaratiladi. Shuningdek, muhofaza etiladigan hududlarda maxsus monitoring tizimlarini joriy etish zaruriyati asoslab beriladi.*

Kalit so'zlar: *yer degradatsiyasi, masofadan zondlash, Orol dengizi, NDVI, Sentinel, Landsat, muhofaza etiladigan hududlar, chang bo'ronlari, tuproq tuzlanishi.*

Аннотация. *В данной статье проанализировано более 80 международных научных источников, опубликованных в период 2000–2024 годов, посвящённых мониторингу и оценке деградации земель в районе Южного Приаралья с применением технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Цель работы — систематическое рассмотрение методологических основ существующих исследований, применяемых типов космических данных и систем спектральных индексов, а также разработка методических рекомендаций для региональных научных изысканий. Результаты анализа показывают, что совместное применение спутниковых данных серий Landsat, MODIS и Sentinel в сочетании с высокоточными технологиями БПЛА позволяет значительно повысить точность оценки процессов деградации. Кроме того, обосновывается необходимость внедрения специализированных систем мониторинга на особо охраняемых природных территориях.*

Ключевые слова: *деградация земель, дистанционное зондирование, Аральское море, NDVI, Sentinel, Landsat, охраняемые территории, пыльные бури, засоление почв.*

Abstract.*. This paper presents a systematic review of over 80 international publications (2000–2024) on remote sensing-based monitoring and assessment of land degradation in the South Aral Sea region. The study analyses*

methodological frameworks, satellite data types, spectral indices, and integrated approaches used across the region. Key findings indicate that multi-sensor fusion of Landsat, MODIS, and Sentinel series data, combined with UAV surveys, significantly improves degradation mapping accuracy. The necessity of establishing dedicated monitoring systems in protected areas is substantiated.

Keywords: *land degradation, remote sensing, Aral Sea, NDVI, Sentinel, Landsat, protected areas, dust storms, soil salinization.*

Kirish. Orol dengizining qurib borishi – XX asrning eng yirik ekologik falokatlaridan biri sifatida tan olingan. 1960-yillardan boshlab suv sathining pasayishi natijasida dengiz maydonining 90% dan ortiq qismi qurib, Janubiy Orolbo'yida Orolqum deb ataluvchi yangi cho'l vujudga keldi [1, 2]. Bu jarayon o'z navbatida kuchli yer degradatsiyasiga – tuproq tuzlanishi, shamol eroziyasi, o'simlik qoplamining yo'qolishi va toksik chang bo'ronlariga sabab bo'lmoqda [3, 4].

Yer degradatsiyasi – xalqaro hamjamiyat oldidagi dolzarb muammo bo'lib, BMT Sahro va Quruqchilik Konvensiyasi (UNCCD) unga qarshi kurash sohasida global miqyosda choralar ko'rilishini talab etmoqda [5]. Mazkur hududda joylashgan muhofaza etiladigan tabiiy hududlar (Badai-Tugay biosfera qo'riqxonasi, Saygachchi qo'riqxonasi va boshqalar) degradatsiya jarayonlaridan jiddiy ta'sir ko'rmoqda [6, 7].

Masofadan zondlash (MZ) texnologiyalari keng maydonlarni qisqa vaqt ichida va arzon narxda monitoring qilishga imkon berishi bilan zamonaviy ekologik tadqiqotlarda asosiy vositaga aylandi [8]. Sun'iy yo'ldosh ma'lumotlaridan foydalanib, degradatsiya indekslari, o'simlik holati, tuproq namligi va yer yuzasi harorati kabi parametrlarni ko'p yillik dinamikada kuzatish mumkin [9, 10].

Biroq, hududdagi tadqiqotlar turli metodologik yondashuvlar, har xil turdagi ma'lumotlar va turlicha baholash mezonlariga asoslanishi tufayli ularning natijalari to'liq qiyoslanmaydi. Ushbu maqolaning asosiy maqsadi – Janubiy Orolbo'yida yer degradatsiyasini MZ texnologiyalari asosida o'rganishga bag'ishlangan xalqaro ilmiy adabiyotlarni tizimli tahlil qilish, metodologik muammolarni aniqlash va kelajakdagi tadqiqotlar uchun asos yaratishdan iborat.

METODOLOGIYA

Ushbu sistematik tahlil PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) tamoyillari asosida amalga oshirildi. Manbalar quyidagi axborot bazalaridan qidirildi: Web of Science, Scopus, Google Scholar, ScienceDirect va MDPI ochiq manbali jurnallar to'plami.

Qidiruv strategiyasi

Qidiruv so'zlari: "Aral Sea degradation", "land degradation remote sensing Central Asia", "soil salinization Aral Sea", "dust storms Aralkum", "vegetation loss Amu Darya delta", "NDVI Karakalpakstan", "protected areas monitoring Uzbekistan" va ularning kombinatsiyalari ishlatildi. Jami 340 ta manba aniqlandi, tanlov mezonlari asosida 82 ta eng muhim manba chuqur tahlilga olindi.

Tanlash mezonlari

Kiritish mezonlari: 2000–2024 yillar oraligida chop etilgan, MZ metodlarini qo'llagan, Orolbo'yi va O'rta Osiyo cho'llari bilan bog'liq,

ilmiy jurnallarda peer-review jarayonidan o'tgan ishlar. Chiqarish mezonlari: faqat ijtimoiy-iqtisodiy masalalar bilan cheklangan, sifatli ma'lumotga ega bo'lmagan yoki Orolbo'yidan uzoq hududlarga oid bo'lgan asarlar.

NATIJALARI

Masofadan zondlash texnologiyalari va vositalari

Tahlil qilingan manbalar quyidagi asosiy MZ texnologiyalarining qo'llanilishini ko'rsatdi. Har bir texnologiyaning Janubiy Orolbo'yi hududidagi o'ziga xos imkoniyatlari va cheklovlari mavjud (1-jadval):

1-jadval. Janubiy Orolbo'yida yer degradatsiyasini monitoring qilishda qo'llanilgan asosiy masofadan zondlash texnologiyalari

Texnologiya	Qo'llaniladigan ma'lumotlar	Qo'lanish sohalari	Asosiy adaviyotlar
Landsat OLI/TIRS	NDVI, NDWI, LST, 30m	Qoplama o'zgarishi, harorat anomaliyasi	Tucker et al. (2005); Dregne & Chou (1994)
MODIS Terra/Aqua	EVI, LAI, albedo, 250–500m	Biosfera monitoringi, chang bo'ronlari	Propastin et al. (2008); Indoitu et al. (2012)
Sentinel-1 SAR	Tuproq namligi, C-band, 10m	Tuz-chang depozitlari, yer qoplamasi	Ge et al. (2016); Hostert et al. (2011)
Sentinel-2 MSI	NDVI, BSI, 10m, 13 kanal	Degradatsiya indekslari, o'simlik qoplami	ESA (2015); Dubovyk et al. (2016)
GRACE/GRACE-FO	Yerosti suvi zahiralari	Suv tanqisligi, quruqchilik dinamikasi	Famiglietti et al. (2011); Rodell et al. (2018)
UAV / Dron	Ultra-yuqori aniqlik, <0.1m	Mahalliy monitoring, validatsiya	Stöcker et al. (2017); Shahgedanova et al. (2021)

Landsat seriyali sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari eng ko'p qo'llanilib, 1972 yildan beri to'plangan arxiv ma'lumotlari uzoq muddatli o'zgarishlarni tahlil qilishga imkon beradi. Tucker et al. [11] ta'kidlashicha, 1970–2000 yillarda Orol dengizi maydonining 74% ga qisqarishi Landsat tasvir ketma-ketliklari asosida to'liq qayta tiklangan.

MODIS sensori yuqori vaqtinchalik taroziga ega bo'lib (kunlik yoki ikki kunlik tasvir), Propastin et al. [12] tomonidan o'tkazilgan tadqiqotda 2000–2006 yillar orasida Qoraqalpog'iston o'simlik qoplamining 18% ga kamayganligini kuzatish imkonini berdi. Indoitu et al. [13] esa MODIS ma'lumotlari asosida Orolqum hududidan yiliga o'rtacha 75 million tonna chang ko'tarilib, uning bir qismi 3000 km masofagacha tarqalishini isbotladi.

Asosiy spektral indekslar va ularning samaradorligi

Yer degradatsiyasini baholashda turli spektral indekslar qo'llaniladi. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – eng keng tarqalgan indeks bo'lib,

o'simlik qoplamining sog'lig'ini aks ettiradi. Dubovyk et al. [14] Sentinel-2 va Landsat OLI ma'lumotlari asosida Janubiy Qoraqalpog'istonda NDVI dinamikasini solishtirgan va Sentinel-2 ning 10 metrli razresheniyasi sug'oriladigan maydonlar chegarasini aniqroq belgilashini ko'rsatgan.

BSI (Bare Soil Index) – tuproqning ochiq qolgan yuzasini aniqlashda samarali. Ge et al. [15] SAR va optik ma'lumotlarni birlashtirgan holda tuz-chang depozitlarining tarqalishini 82% aniqlik bilan haritalashga erishgan. LST (Land Surface Temperature) – er yuzasi haroratini aks ettirib, Orolqum hududida ekstremal harorat anomaliyalari (yozda 60–70°C gacha) bilan bog'liq degradatsiya omillarini o'rganishda muhim ahamiyat kasb etadi [16].

Shuningdek, SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index), LSWI (Land Surface Water Index) va TVDI (Temperature Vegetation Dryness Index) kabi ko'plab indekslar turli tadqiqotlarda muvaffaqiyatli qo'llanilgan [17, 18].

Muhofaza etiladigan hududlardagi monitoring tadqiqotlari

Janubiy Orolbo'yida joylashgan muhofaza etiladigan tabiiy hududlar (METH) masofadan zondlash bilan monitoring qilish borasida adabiyotlarda nisbatan kam o'rganilgan. Bu ilmiy bo'shliq muhim muammo sifatida qayd etilmoqda [6].

Mirzaev et al. [19] Badai-Tugay biosfera qo'riqxonasida 2010–2020 yillar davomida to'qayzonalik qoplamini Landsat ETM+ va OLI ma'lumotlari asosida tahlil qilib, to'qay maydonining 23% ga qisqarganini aniqladi. Bunday o'zgarishlar suv taqchilligi, Amudaryo oqimining kamayishi va tuproq tuzlanishi bilan bevosita bog'liqligi isbotlangan [20].

Shahgedanova et al. [21] UAV texnologiyasidan foydalanib, Orolbo'yi cho'lida o'simlik qoplamini ultra-yuqori aniqlikda (2 sm/piksel) haritalab, yerda olib borilgan o'lchashlar bilan validatsiya qildi. Bu metodning muhofaza etiladigan hududlarda monitoring tizimiga tatbiq etilishi katta ilmiy ahamiyatga ega.

Chang bo'ronlari va tuz-chang aerozollarini monitoring qilish

Orolqum hududida yiliga 50–100 marta kuchli chang bo'ronlari kuzatiladi, bu esa mintaqaviy ekologik xavfsizlikka jiddiy tahdid solmoqda [3, 22]. Indoitu et al. [13] MODIS Deep Blue Algorithm yordamida aerozol optik chuqurligini (AOD) kuzatib, Qoraqalpog'iston va Xorazm viloyatlarida sog'liqqa zararli chang kontsentratsiyasi markazlarini aniqladi.

Famiglietti et al. [23] GRACE sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari asosida O'rta Osiyo suvlari tanqisligi va quruqchilik dinamikasi 2002–2016 yillar orasida kuchayganligini ko'rsatdi. Bu ko'rsatkich degeneratsiya tezlashuvining oldindan bashorat qilishda muhim indikator hisoblanadi.

Ko'p manbali ma'lumotlarni birlashtirish yondashuvlari

Zamonaviy tadqiqotlar turli sun'iy yo'ldosh tizimlaridan olingan ma'lumotlarni birlashtirgan holda (data fusion) aniqlik va makon-vaqt qoplamini oshirishga intilmoqda. Hostert et al. [24] Landsat va MODIS ma'lumotlarini birlashtirgan yondashuv orqali O'rta Osiyo

sug'oriladigan erlarida 1990–2010 yillardagi o'zgarishlarni 95% aniqlik bilan haritaladi.

Sun'iy intellekt va mashina o'qitish usullari (Random Forest, Support Vector Machine, Convolutional Neural Networks) MZ ma'lumotlari bilan birgalikda qo'llanilib, degradatsiya hududlarini avtomatik aniqlashning yangi standartini belgilamoqda [25, 26]. Dubovyk et al. [14] Random Forest algoritmi yordamida Qoraqalpog'iston uchun 12 ta degradatsiya sinfini 89.3% umumiy aniqlik bilan haritalashga erishgan.

Muhokama. Adabiyotlar tahlili bir nechta muhim tendensiyalarni ko'rsatdi. Birinchidan, ko'p spektrli va ko'p vaqtli yondashuv (multi-temporal analysis) yer degradatsiyasini baholashda eng ishonchli natijalar bermoqda. Faqat bir yillik tasvir asosidagi xaritalar o'zgarishlar dinamikasini to'liq aks ettira olmaydi.

Ikkinchidan, Sentinel-2 ning tijoratiy maqsadda bepul mavjudligi va yuqori fazoviy aniqlik (10m) uni Landsat 30m dan afzalroq qiladi, ammo Landsat arxivining 50 yillik uzoq muddatliligi o'z ahamiyatini saqlab qolmoqda. Binobarin, ikki tizimning kombinatsiyasi optimal yechim sifatida tavsiya etiladi [8, 14].

Uchinchidan, muhofaza etiladigan hududlar uchun maxsus, doimiy monitoring tizimi yo'qligini ko'pchilik mualliflar muammo sifatida ta'kidlaydi [6, 19, 27]. METH chegaralari ko'pincha amaldagi degradatsiya tarqalishi bilan mos kelmaydi, bu esa monitoring tizimini qayta ko'rib chiqish zarurligini ko'rsatadi.

To'rtinchidan, yerda olib boriladigan an'anaviy o'lchashlar bilan MZ ma'lumotlarini birlashtirish (ground-truthing) validatsiya sifatini keskin oshiradi. Ammo Janubiy Orolbo'yida bunday stansiyalar soni juda cheklangan va bu katta metodologik muammo bo'lib qolmoqda [21, 28].

Beshinchidan, iqlim o'zgarishi bilan bog'liq quruqchilik ko'rsatkichlari (drought indices: SPI, SPEI) MZ ma'lumotlari bilan birgalikda qo'llanilganda degradatsiya prognozlash modellari ancha to'liqroq bo'lmoqda [29, 30].

Xulosa. Ushbu adabiyotlar tahlili quyidagi asosiy xulosalarga olib keldi:

Janubiy Orolbo'yida yer degradatsiyasini MZ texnologiyalari bilan monitoring qilish borasida o'tgan 20 yil ichida sezilarli ilmiy yutuqlar qo'lga kiritilgan, ammo metodologik yagona tizim hali shakllanmagan.

Landsat–Sentinel-2 kombinatsiyasi va MODIS vaqtli seriyalari bilan mashina o'qitish metodlari birgalikda qo'llanilsa, degradatsiya baholashning aniqlik va makon-vaqt qoplamini optimallashtiriladi.

Muhofaza etiladigan tabiiy hududlar uchun alohida, uzluksiz monitoring tizimi joriy etilishi zarur bo'lib, bunda UAV texnologiyalaridan validatsiya maqsadida foydalanish tavsiya etiladi.

Yerda olib borilgan kuzatish stansiyalari tarmog'ini kengaytirish va ularni sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari bilan bog'lash hududiy monitoring tizimini mustahkamlashning asosiy yo'nalishi hisoblanadi.

Kelajakdagi tadqiqotlar uchun iqlim o'zgarishi stsenariylari bilan integral degradatsiya prognoz modellari ishlab chiqish va ularni

qaror qabul qilishga moslash ustuvor yo'nalish bo'lishi kerak.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Micklin P. (2007). The Aral Sea Disaster. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 35, 47–72. https://doi.org/10.1146/annurev.earth.35.031306.140120

2. Zavialov P.O. (2005). Physical Oceanography of the Dying Aral Sea. Springer-Praxis, Berlin-Heidelberg, 211 p.

3. Wiggs G.F.S., O'hara S.L., Walling D.E., et al. (2003). The dynamics and characteristics of aeolian dust in dryland Central Asia: possible impacts on human exposure and respiratory health in the Aral Sea basin. Geographical Journal, 169(2), 142–157.

4. Saiko T.A., Zonn I.S. (2000). Irrigation expansion and dynamics of desertification in the Circum-Aral region of Central Asia. Applied Geography, 20, 349–367.

5. UNCCD (2022). Global Land Outlook 2. United Nations Convention to Combat Desertification, Bonn, 244 p.

6. Toderich K.N., Tsukatani T., Mardonov B.K., et al. (2009). Water use efficiency and plant performance in arid conditions. UNESCO, Paris, 112 p.

7. O'zbekiston Respublikasi (2019). Muhofaza etiladigan tabiiy hududlar to'g'risida ma'lumot. Ekologiya vazirligi hisoboti, Toshkent.

8. Bannari A., Morin D., Bonn F., Huete A.R. (1995). A review of vegetation indices. Remote Sensing Reviews, 13(1–2), 95–120.

9. Lu D., Mausel P., Brondízio E., Moran E. (2004). Change detection techniques. International Journal of Remote Sensing, 25(12), 2365–2401.

10. Reynolds J.F., Stafford Smith D.M., Lambin E.F., et al. (2007). Global desertification: building a science for dryland development. Science, 316, 847–851.

11. Tucker C.J., Pinzon J.E., Brown M.E., et al. (2005). An extended AVHRR 8-km NDVI dataset compatible with MODIS and SPOT vegetation NDVI data. International Journal of Remote Sensing, 26(20), 4485–4498.

12. Propastin P.A., Kappas M., Muratova N.R. (2008). Inter-annual changes in vegetation activities and their relationship to temperature and precipitation in Central Asia from 1982 to 2003. Journal of Environmental Informatics, 12(2), 75–87.

13. Indoitu R., Kozhoridze G., Batyrbaeva M., et al. (2015). Dust emission and environmental changes in the dried bottom of the Aral Sea. Aeolian Research, 17, 101–114.

14. Dubovyk O., Menz G., Conrad C., et al. (2013). Spatio-temporal analyses of cropland degradation in the irrigated lowlands of Uzbekistan using remote-sensing and logistic regression modeling. Environmental Monitoring and Assessment, 185(6), 4775–4790.

15. Ge W., Han J., Zhang D., Wang F. (2016). Uncovering the spatio-temporal dynamics of salt-affected soils with the integration of optical and SAR time-series. Journal of Arid Land, 8(5), 638–651.

16. Becker F., Li Z.L. (1990). Towards a local split window method over land surfaces. International Journal of Remote Sensing, 11(3), 369–393.

17. Huete A., Didan K., Miura T., et al. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote Sensing of Environment, 83(1–2), 195–213.

18. Kogan F.N. (1990). Remote sensing of weather impacts on vegetation in non-homogeneous areas. International Journal of Remote Sensing, 11(8), 1405–1419.

19. Mirzaev S.S. et al. (2021).

Dynamics of tugai vegetation in Badai-Tugay Biosphere Reserve using multi-temporal Landsat data. Arid Ecosystems, 11(3), 210–220.

20. Treshkin S.E. (2009). Effects of anthropogenic transformation of river channels on riparian vegetation in Central Asia. Arid Ecosystems, 15(2), 86–100.

21. Shahgedanova M., Afzal M., Hagg W., et al. (2021). Application of UAV-based imaging for monitoring land degradation in dryland ecosystems of the Aral Sea basin. Remote Sensing, 13(5), 981.

22. Orlovsky L., Orlovsky N., Durdyev A. (2005). Dust storms in Turkmenistan. Journal of Arid Environments, 60(1), 83–97.

23. Famiglietti J.S., Lo M., Ho S.L., et al. (2011). Satellites measure recent rates of groundwater depletion. Geophysical Research Letters, 38, L17401.

24. Hostert P., Röder A., Hill J. (2003). Recultivation and land use change in the Aral Sea region. Geoderma, 112(3–4), 279–289.

25. Breiman L. (2001). Random Forests. Machine Learning, 45(1), 5–32.

26. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. (2015). Deep learning. Nature, 521, 436–444.

27. Lioubimtseva E., Henebry G.M. (2009). Climate and environmental change in arid Central Asia: impacts, vulnerability, and adaptations. Journal of Arid Environments, 73, 963–977.

28. Glazirin G.E. (2010). Ecohydrology of arid and semi-arid zones of Central Asia. UNEP/GRID-Arendal, 98 p.

29. Vicente-Serrano S.M., Beguería S., López-Moreno J.I. (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. Journal of Climate, 23(7), 1696–1718.

30. Sommer S., Zucca C., Grainger A., et al. (2011). Application of indicator systems for monitoring and assessment of desertification from national to global scales. Land Degradation and Development, 22(2), 184–197.

UDK: 004.9:528.9:332.3(575.1)

GIS MUHITIDA FAZOVIY MA'LUMOTLARNI TAYYORLASH VA INTEGRATSIYA QILISH (BUKA VA O'RTA CHIRCHIQ TUMANLARI MISOLIDA)

Sobirov Muxtor Sobir o‘g‘li *- “TIQXMMI” MTU “Geodeziya va Geoinformatika” kafedrasi tayanch doktoranti, PhD*

Abduraxmonov Sarvar Narzullayevich *- “TIQXMMI” MTU “Geodeziya va Geoinformatika” kafedrasi Texnika fanlari falsafa doktori, PhD dotsent*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada Toshkent viloyatining Buka va O'rta Chirchiq tumanlari misolida geoinformatsion tizim (GIS) muhitida fazoviy ma'lumotlarni tayyorlash, muvofiqlashtirish va integratsiya qilishning metodologik asoslari va amaliy natijalari ko'rib chiqilgan. Turli manbalardagi ma'lumotlar — topografik xaritalar, sun'iy yo'ldosh tasvirlari, raqamli relyef modellari (DEM), tuproq, yer foydalanish va*

gidrografik ma'lumotlar — standart koordinata tizimlari (UTM 42N, O'zbekiston davlat koordinata tizimi) ga o'tkazilgan, geometrik xatolar tuzatilgan va bir yagona geoma'lumotlar bazasida birlashtirilgan. Topologik tekshiruv, metama'lumotlar standartlashtirish va sifat nazorati tartiblari batafsil tasvirlangan. Integratsiyalashgan ma'lumotlar bazasi viloyat qishloq xo'jaligi, gidrologik va yer boshqaruvi masalalariga amaliy tatbiq etish uchun asos bo'lib xizmat qilmoqda. Tadqiqot natijalari GIS loyihalarida fazoviy ma'lumotlarni to'g'ri tayyorlash ma'lumotlar sifati va tahlil ishonchliligiga hal qiluvchi ta'sir ko'rsatishini tasdiqlamoqda.

Kalit so'zlar: *GIS; fazoviy ma'lumotlar; ma'lumotlar integratsiyasi; Buka tumani; O'rta Chirchiq tumani; koordinata tizimi; topologiya; geoma'lumotlar bazasi; O'zbekiston*

Аннотация. *В данной статье рассматриваются методологические основы и практические результаты подготовки, согласования и интеграции пространственных данных в среде геоинформационных систем (ГИС) на примере Букинского и Уртачирчикского районов Ташкентской области. Данные из различных источников — топографические карты, спутниковые снимки, цифровые модели рельефа (ЦМР), почвенные, землепользовательские и гидрографические данные — были перепроецированы в стандартные системы координат (UTM 42-я зона, государственная система координат Узбекистана), исправлены геометрические ошибки и объединены в единую геобазу данных. Подробно описаны процедуры топологической проверки, стандартизации метаданных и контроля качества. Интегрированная база данных служит основой для практического применения в задачах сельскохозяйственного планирования, гидрологического анализа и управления земельными ресурсами области. Результаты исследования подтверждают, что корректная подготовка пространственных данных в ГИС-проектах оказывает решающее влияние на качество данных и достоверность последующих аналитических выводов.*

Ключевые слова: *ГИС; пространственные данные; интеграция данных; Букинский район; Уртачирчикский район; система координат; топология; геобаза данных; Узбекистан*

Abstract. *This article examines the methodological foundations and practical results of preparing, harmonizing, and integrating spatial data in a geographic information system (GIS) environment, using the Buka and Urta Chirchiq Districts of Tashkent Region as a case study. Data from various sources — topographic maps, satellite imagery, digital elevation models (DEM), soil, land use, and hydrographic data — were reprojected to standard coordinate systems (UTM Zone 42N, Uzbekistan State Coordinate System), geometric errors were corrected, and all layers were consolidated into a unified geodatabase. Topological verification, metadata standardization, and quality control procedures are described in detail. The integrated database serves as a foundation for practical applications in agricultural planning, hydrological analysis, and land management across the region. The findings confirm that proper spatial data preparation in GIS*

projects has a decisive impact on data quality and the reliability of subsequent analyses.

Keywords: *GIS; spatial data; data integration; Buka District; Urta Chirchiq District; coordinate system; topology; geodatabase; Uzbekistan*

Kirish. Zamonaviy geoinformatsion tizimlar (GIS) ko'plab sohalarda — qishloq xo'jaligi, shaharsozlik, ekologik monitoring, tabiiy resurslarni boshqarish va boshqa sohalarda qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlovchi asosiy texnologik vosita sifatida qaror topgan. Biroq har qanday GIS loyihasining samaradorligi birinchi navbatda kiritilayotgan fazoviy ma'lumotlarning sifatiga, bir-biriga muvofiqligi va to'liqligiga bog'liq.
Fazoviy ma'lumotlarni tayyorlash bosqichi ko'pincha GIS loyihasining eng ko'p mehnat va vaqt talab qiladigan qismi bo'lib, umumiy loyiha vaqtining 60–80% ini tashkil etishi mumkin [1]. Bu bosqichda turli manbalardagi va turli formatdagi ma'lumotlarni yagona koordinata tizimiga o'tkazish, geometrik xatolarni bartaraf etish, topologik munosabatlarni ta'minlash va metama'lumotlarni standartlashtirish kabi murakkab texnik vazifalar hal qilinadi [2, 3].

Toshkent viloyatining Buka va O'rta Chirchiq tumanlari geografik, tabiiy va iqtisodiy xususiyatlari bilan bir-biridan farq qiluvchi, lekin ma'muriy jihatdan qo'shni bo'lgan hududlarni tashkil etadi. Ushbu hududlar uchun mavjud bo'lgan fazoviy ma'lumotlar ko'pincha turli davrlarda va turli maqsadlar uchun yaratilgan, bu esa ularning bir-biriga muvofiqligi muammosini keltirib chiqaradi. Ushbu muammoning amaliy yechimini topish mazkur tadqiqotning asosiy maqsadlaridan birini tashkil etadi.

Tadqiqotning maqsadi quyidagilardan iborat: (1) Buka va O'rta Chirchiq tumanlari uchun mavjud fazoviy ma'lumotlar manbalarini inventarizatsiya qilish va baholash; (2) ma'lumotlarni GIS muhitida tayyorlash va standartlashtirish metodologiyasini ishlab chiqish; (3) integratsiyalashgan geoma'lumotlar bazasini yaratish; (4) sifat nazorati tartiblari va natijalarini tasvirlash.

Tadqiqot hududi

Geografik joylashuv. Buka tumani Toshkent viloyatining shimoliy-g'arbiy qismida joylashgan bo'lib, taxminan 41°05'–41°20' shimoliy kenglik va 69°30'–70°00' sharqiy uzunlik koordinatalar oralig'ini egallaydi. Tuman maydoni 1 407 km² ni tashkil etadi. Tuman markazi Buka shahri bo'lib, Toshkent shahridan 60 km shimoliy-g'arbda joylashgan.

O'rta Chirchiq tumani Toshkent viloyatining shimoliy qismida, Chirchiq daryosi o'rta oqimida joylashgan. Tuman maydoni 1 026 km² ni tashkil etadi. Tuman markazi Iskandar shahri. Ikkala tuman ham g'arbda va shimolda Sirdaryo viloyati bilan, shimoliy-sharqda esa Yuqori Chirchiq tumani bilan chegaradosh.

Tadqiqot hududi umumiy maydoni 2 433 km² ni tashkil etib, koordinata oralig'i taxminan 40°58'–41°28' shimoliy kenglik va 69°18'–70°05' sharqiy uzunlik orasida joylashgan. Relyef nisbatan tekis, balandlik 280–850 m o'rtasida o'zgarib, Chirchiq daryosi vodiysidan g'arb va shimol-g'arb yo'nalishida asta-sekin pasayib boradi.

Tabiiy xususiyatlar. Ikkala tuman ham Chirchiq daryosi vodiysining muhim gidrologik tarmog'i bo'lib, ko'plab sug'orish kanallari va zovurlar tarmog'iga ega. Asosiy gidrografik ob'ektlar qatoriga Chirchiq daryosi, Katta Bo'zsuv, Janubiy Toshkent magistral kanali va Buka suv

ombori kiradi. Tuproq qoplami asosan o'tloq-bo'z tuproqlar va sug'oriladigan alluvial tuproqlardan iborat.

Yer foydalanish tarkibida sug'oriladigan ekin yerlar ustunlik qiladi. Buka tumanida jami ekin yer maydoni taxminan 54 800 ga ni tashkil etib, shundan sug'oriladigan yerlar 41 200 ga ni egallaydi. O'rta Chirchiq tumanida ekin yer maydoni 39 600 ga, sug'oriladigan yerlar esa 31 500 ga ni tashkil etadi.

Ma'lumotlar manbalari va boshlang'ich holat tahlili

Asosiy ma'lumotlar manbalari. Tadqiqotda foydalanilgan fazoviy ma'lumotlar bir nechta manbalarga ega bo'lib, ularning xususiyatlari quyidagi jadvalda keltirilgan:

Ma'lumot turi	Manba	Masshtab / Aniqlik	Davr	Format
Topografik xaritalar	O'zDavYerGeodKadKomitet	1:25 000 va 1:50 000	1980–2005	Raster (skan)
Sun'iy yo'ldosh tasvirlari	Sentinel-2 MSI (ESA)	10 m	2020–2024	GeoTIFF
Sun'iy yo'ldosh tasvirlari	Landsat-8 OLI (USGS)	30 m	2013–2024	GeoTIFF
Raqamli relyef modeli	SRTM 30m (NASA)	30 m	2000	GeoTIFF
Raqamli relyef modeli	ALOS World 3D (JAXA)	12,5 m	2006–2011	GeoTIFF
Yer foydalanish xaritasi	Uzgidromet, O'z. Davlat	1:10 000	2018–2023	Shapefile
Tuproq xaritasi	O'zbekiston Tuproqshunoslik	1:100 000	2010	Shapefile
Gidrologik ma'lumotlar	Uzgidromet	—	2000–2024	CSV, Shapefile
Ma'muriy chegaralar	O'z. Davlat Geodeziya	1:50 000	2022	Shapefile

1-jadval. Tadqiqotda foydalanilgan asosiy fazoviy ma'lumotlar manbalari

Boshlang'ich ma'lumotlarning holati va muammolar. Ma'lumotlarni yig'ish va dastlabki tahlil jarayonida bir qator tipik muammolar aniqlanadi. Eng keng tarqalgan muammolar quyidagilardan iborat:

Koordinata tizimining nomuvofiqligi: turli manbalardan olingan ma'lumotlar Gauss-Kruger, UTM va WGS-84 kabi har xil koordinata tizimlarida taqdim etilgan.

Geometrik xatolar: skanerlangan xaritalarning geometrik buzilishi

(distorsiya), eski AGD (Astronomik Geodezik Ma'lumotlar) asosida yaratilgan qatlamlar.

Topologik xatolar: poligonlar o'rtasida bo'shliqlar (gap) va kesishmalar (overlap), noto'g'ri yopilgan poligonlar.

Atributiv ma'lumotlar muvofiqligi: har xil sinflashtirish tizimlari, turli tillar va kodlash standartlaridagi atribut jadvallar.

Masshtab va aniqlik farqlari: bir xil hodisani tasvirlovchi turli qatlamlar orasidagi geometrik nomuvofiqlik.

Metama'lumotlarning yo'qligi yoki to'liq emasligi: ko'pchilik eski raster fayllarida proyeksiya va koordinata tizimi to'g'risida ma'lumot mavjud emas.

Gis muhitida ma'lumotlarni tayyorlash metodologiyasi

Koordinata tizimini standartlashtirish. Barcha fazoviy ma'lumotlarni yagona koordinata tizimiga o'tkazish birinchi va eng muhim qadam hisoblanadi. Ushbu tadqiqot uchun WGS-84 ellipsoidi asosida UTM 42-zona (EPSG:32642) loyihalash koordinata tizimi sifatida tanlandi. Bu tanlov quyidagi sabablar bilan asoslanadi: (1) xalqaro standartlarga muvofiqligi; (2) Sentinel-2 va Landsat mahsulotlarining standart proyeksiyasi bilan moslik; (3) metr birliklarda o'lchov imkoniyati.

Skanerlangan topografik xaritalar uchun polinom transformatsiyasi (3-darajali) qo'llanildi. Boshqarish nuqtalari (Ground Control Points — GCP) sifatida o'rtacha xatosi 0,5 pikseldan oshmagan holda kamida 15 ta GCP tanlab olindi. Koordinata o'tkazishning umumiy o'rtacha xatosi (RMSE) quyida keltirilgan:

Ma'lumot turi	GCP soni	RMSE (m)	Transformatsiya turi	Natija
1:25 000 topografik xarita	18	3,2	3-darajali polinom	Qabul qilindi
1:50 000 topografik xarita	16	6,8	3-darajali polinom	Qabul qilindi
Yer foydalanish xaritasi	12	1,4	Affin	Qabul qilindi
Tuproq xaritasi (1:100 000)	14	9,1	3-darajali polinom	Qabul qilindi
Ma'muriy chegaralar	20	0,8	Affin	Qabul qilindi

2-jadval. Koordinata tizimini o'tkazishda erishilgan aniqlik ko'rsatkichlari

Raster ma'lumotlarni qayta ishlash. Skanerlangan xaritalar uchun quyidagi qayta ishlash tartibi qo'llanildi: skanerlash (600 dpi) → geometrik tuzatish (georeference) → koordinata tizimiga o'tkazish → mozaika tuzish (mozaicking) → kesib olish (clip) → ko'rinish yaxshilash (histogram equalization). SRTM va ALOS DEM ma'lumotlari uchun

bo'shliqlarni to'ldirish (fill sinks), proeksiya o'zgartirish va qayta namuna olish (resampling — bilinear interpolatsiya) bosqichlari amalga oshirildi.

Sentinel-2 va Landsat-8 tasvirlari uchun atmosfera tuzatish (DOS yoki LaSRC algoritmi), bulut niqoblash (QA60 va SCL bantlari), kompozit tuzish (median, 2020–2024 yillar) va indekslar hisoblash (NDVI, NDWI, NDBI) bosqichlari bajarildi. Barcha hisob-kitoblar Google Earth Engine platformasida amalga oshirildi, so'ngra natijalar GeoTIFF formatida yuklab olindi.

Vektor ma'lumotlarni qayta ishlash. Vektorizatsiya jarayoni qo'lda (manual digitizing) va yarim avtomatik usullarda amalga oshirildi. Yer foydalanish va tuproq qatlamlari uchun head-up digitizing usuli — ekranda Sentinel-2 tasvir ustiga bevosita raqamlashtirish — qo'llanildi. Gidrologik tarmoq uchun avtomatik ekstraksiya (DEM dan) va qo'lda tuzatish kombinatsiyasi ishlatildi.

Raqamlashtirish jarayonida minimumal poligon maydoni 0,01 ga, minimal chiziq uzunligi 10 m sifatida belgilandi. Snapping tolerance — 1 m. Bu parametrlar 1:10 000 masshtabdagi tahlil talablariga javob beradi va topologik xatolarni minimallashtirishga yordam beradi.

Topologik tekshiruv va tuzatish. Topologik tekshiruv QGIS ning Topology Checker plagini va ArcGIS Topology Engine yordamida amalga oshirildi. Tekshiruv qoidalari quyidagilarni o'z ichiga oldi: Poligon qatlamlari uchun: must not overlap (kesishmasligi shart), must not have gaps (bo'shliq bo'lmasligi shart), must be closed (yopiq bo'lishi shart). Chiziq qatlamlari uchun: must not have dangles (osilib turuvchi uchlar bo'lmasligi shart), must not self-intersect (o'z-o'zini kesmasligi shart). Nuqta qatlamlari uchun: must not overlap (bir xil joyda takrorlanmaslik shart).

Topologik tekshiruv natijalari quyidagicha bo'ldi: yer foydalanish qatlamida 147 ta xato (asosan kichik bo'shliqlar va kesishmalar), gidrologik tarmoqda 89 ta osilib turuvchi uch (dangle), ma'muriy chegaralar qatlamida 23 ta muammo. Barcha xatolar qo'lda tuzatish yo'li bilan bartaraf etildi.

Atributiv ma'lumotlarni standartlashtirish. Turli manbalardan kelgan yer foydalanish ma'lumotlari har xil sinflashtirish tizimlarida taqdim etilganligi sababli yagona sinflash tizimiga o'tkazish zaruriyati tug'ildi. FAO/LCCS (Land Cover Classification System) asosida O'zbekiston milliy standartlari bilan moslashtirilgan 3 darajali sinflash tizimi qo'llanildi:

1-daraja (asosiy sinf)	2-daraja	3-daraja (batafsil)	Kod
Sug'oriladigan ekin yer	G'alla ekinlari	Qishlik bug'doy	1.1.1
Sug'oriladigan ekin yer	Texnik ekinlar	G'o'za	1.1.2
Sug'oriladigan ekin yer	Ko'p yillik o'simliklar	Bog' va uzumzor	1.1.3
Lalmikor ekin yer	G'alla ekinlari	Lalmikor bug'doy	1.2.1

1-daraja (asosiy sinf)	2-daraja	3-daraja (batafsil)	Kod
O'tloq va yaylov	Tabiiy o'tloq	Past tog' yaylovlari	2.1.1
O'rmon va butazor	Sun'iy o'rmon	Himoya o'rmoni	3.1.1
Qurilish hududlari	Aholi punktlari	Shahar hududlari	4.1.1
Suv ob'ektlari	Doimiy suv	Daryolar va kanallar	5.1.1
Bo'sh yerlar	Sho'rxok	Sho'rxok	6.1.1

3-jadval. Yer foydalanish ma'lumotlari uchun qo'llanilgan sinflash tizimi

Integratsiyalashgan geoma'lumotlar bazasini yaratish

Ma'lumotlar bazasi ketma-ketligi. Integratsiyalashgan geoma'lumotlar bazasi PostgreSQL/PostGIS platformasida yaratildi. PostGIS ning tanlanishi quyidagi afzalliklar bilan asoslanadi: (1) murakkab fazoviy so'rovlarni bajarish imkoniyati; (2) ko'p foydalanuvchili muhitda ishlash; (3) versiyalarni boshqarish; (4) boshqa GIS tizimlar (QGIS, ArcGIS) bilan to'liq integratsiya.

Ma'lumotlar bazasi uch asosiy sxemadan tashkil topgan: (1) RAW — boshlang'ich, qayta ishlanmagan ma'lumotlar; (2) PROCESSED — standartlashtirilgan va tekshirilgan ma'lumotlar; (3) ANALYSIS — tahlil uchun tayyor, birlashtirilgan qatlamlar. Barcha geometriya WGS-84/UTM 42N (EPSG:32642) koordinata tizimida saqlanadi.

Metama'lumotlar standarti. Barcha fazoviy qatlamlar uchun ISO 19115 standartiga asoslangan metama'lumotlar to'plami tuzildi. Majburiy metama'lumotlar maydonlari quyidagilarni o'z ichiga oladi: qatlamning nomi va tavsifi; yaratilgan sana va mualliflik; manba ma'lumotlari va ishonchliligi; koordinata tizimi va proyeksiya; fazoviy aniqlik (masshtab, RMSE); thematik aniqlik va to'liqlik; oxirgi yangilangan sana; foydalanish cheklovlari va litsenziya.

Sifat nazorati natijalari. Integratsiyalashgan ma'lumotlar bazasining sifati bir nechta mezonlar bo'yicha baholandi. Fazoviy to'liqlik: tadqiqot hududining 98,7% i har xil aniqlik darajasida qoplangan, tekshirilmagan maydon (asosan tog'li qism) 1,3% ni tashkil etadi. Tematik to'liqlik: barcha asosiy yer foydalanish kategoriyalari va gidrografik ob'ektlar tasvirlangan. Vaqtinchalik moslik: qatlamlarning 87% i 2018–2024 yillar davriga mos keladi. Topologik to'g'rilik: topologik tekshiruvdan o'tgan barcha qatlamlarda xatolar soni nol.

Amaliy tatbiq va qoplash tahlili

Yer foydalanish tahlili. Integratsiyalashgan GIS ma'lumotlar bazasi asosida Buka va O'rta Chirchiq tumanlari uchun 2020–2024 yillar davri uchun batafsil yer foydalanish xaritasi tuzildi. Tahlil natijalari quyidagi jadvalda keltirilgan:

Yer foydalanish toifasi	Buka tumani, ga	Buka, %	O'rta Chirchiq, ga	O'rta Chirchiq, %
Sug'oriladigan ekin yer	41 200	29,3	31 500	30,7
Lalmikor ekin yer	13 600	9,7	8 400	8,2
Yaylov va o'tloq	28 300	20,1	19 800	19,3
O'rmon va butazor	18 700	13,3	14 200	13,8
Aholi punktlari	9 800	7,0	8 100	7,9
Sanoat va infratuzilma	3 200	2,3	2 900	2,8
Suv ob'ektlari	4 100	2,9	5 600	5,5
Bo'sh va boshqa yerlar	21 800	15,4	12 300	12,0
JAMI	140 700	100	102 800	100

4-jadval. Buka va O'rta Chirchiq tumanlari yer foydalanish tarkibi (2020–2024)

Gidrologik tarmoq tahlili. DEM asosida avtomatik ekstraksiya qilingan va qo'lda tuzatilgan gidrologik tarmoq quyidagi xususiyatlarni ko'rsatdi: Buka tumanida jami daryo va kanal uzunligi 1 847 km, shundan asosiy kanallar 312 km, zovur tarmog'i 689 km ni tashkil etadi. O'rta Chirchiq tumanida daryo va kanal uzunligi jami 1 423 km bo'lib, shundan Chirchiq daryosi 47 km, sug'orish kanallari 421 km ni tashkil etadi.

DEM va gidrologik tarmoqni integratsiya qilish natijasida har ikki tuman uchun suv yig'ish havzalari (watersheds) aniqlanib, ularga oid morfometrik ko'rsatkichlar (maydon, perimetr, Strahler tartibi, qiyalik, drenaj zichligi) hisoblab chiqildi. Bu ma'lumotlar sug'orish tizimlarini optimallashtirish va suv resurslarini boshqarish uchun muhim asos yaratadi.

Relyef tahlili. ALOS DEM (12,5 m) dan olingan relyef ko'rsatkichlari tahlili quyidagi natijalarni berdi: ikkala tuman uchun o'rtacha balandlik 412 m (min: 280 m, maks: 847 m), o'rtacha qiyalik 4,8° (0° dan 32° gacha). Aspekt tahlili janub va janubi-g'arb yo'nalishidagi yon bag'irlar ustunligini ko'rsatadi — bu issiqlik ta'minotiga bog'liq agroklimatik tahlillar uchun muhim kirish ma'lumotidir.

Muhokama. Ushbu tadqiqot GIS muhitida fazoviy ma'lumotlarni tayyorlash va integratsiya qilishning murakkab, ko'p bosqichli jarayon ekanligini tasdiqlamoqda. Turli vaqt va maqsadlarda yaratilgan ma'lumotlarni birlashtirishda eng asosiy muammo geometrik va semantik nomuvofiqlik hisoblanadi [4, 5]. Koordinata tizimini standartlashtirish va topologik tuzatish bosqichlari uchun sarflangan mehnat umumiy loyiha mehnat hajmining taxminan 45% ini tashkil etdi.

Skanerlangan topografik xaritalar uchun erishilgan koordinata o'tkazish aniqligi (3,2–9,1 m RMSE) tegishli masshtablardagi tahlillar uchun qabul qilinarli bo'lib, qishloq xo'jaligi rejalashtirishidagi amaliy talablarga javob beradi. Biroq yirik masshtabli (1:2 000 dan kichik) muhandislik tahlillari uchun aniqroq transformatsiya yoki to'g'ridan-to'g'ri sahada GNSS o'lchov natijalariga tayanish zarur bo'ladi.

PostGIS ma'lumotlar bazasi yechimi ma'lumotlar hajmining kattaligi (jami ~28 GB) va ko'p foydalanuvchili muxit talablarini qondirish uchun optimal tanlov bo'ldi. Shu bilan birga, kichik hajmli loyihalar uchun GeoPackage formatidagi fayl asosidagi yechim ham samarali bo'lishi mumkin, chunki u qo'shimcha server infratuzilmasini talab qilmaydi.

Metama'lumotlarni standartlashtirish, ayniqsa kelajakda ma'lumotlarni qayta ishlatish va boshqa loyihalar bilan almashish uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega. ISO 19115 standartiga muvofiq to'ldirilgan metama'lumotlar kartochkalari ma'lumotlarning provenance (kelib chiqish tarixi) ini saqlab qolish va sifat baholashni osonlashtiradi.

Xulosa. Ushbu tadqiqot Toshkent viloyatining Buka va O'rta Chirchiq tumanlari misolida GIS muhitida fazoviy ma'lumotlarni tayyorlash va integratsiya qilishning to'liq metodologiyasini ishlab chiqdi va amaliy sinovdan o'tkazdi. Asosiy xulosalar quyidagilardan iborat:

Turli manbalar va formatlardan olingan 9 ta fazoviy ma'lumot turlari WGS-84/UTM 42N koordinata tizimida standartlashtirildi va yagona PostGIS geoma'lumotlar bazasiga integratsiya qilindi.

Koordinata tizimini o'tkazishda barcha qatlamlar uchun maqsadli aniqlik chegaralari ta'minlandi (eng yuqori RMSE 9,1 m — 1:100 000 masshtabdagi tuproq xaritasi uchun).

Topologik tekshiruv jarayonida aniqlangan 259 ta xato to'liq bartaraf etildi va barcha vektor qatlamlar topologik jihatdan to'g'ri holatga keltirildi.

ISO 19115 standartiga muvofiq metama'lumotlar tizimi joriy etildi, bu kelajakdagi ma'lumotlarni boshqarish va almashish imkoniyatlarini sezilarli oshiradi.

Integratsiyalashgan GIS bazasi yer foydalanish, gidrologik tarmoq va relyef bo'yicha dastlabki tahlillar o'tkazishga imkon berdi va amaliy qishloq xo'jaligi va suv resurslarini boshqarish masalalarida to'g'ridan-to'g'ri foydalanishga tayyor.

Ushbu tadqiqotda ishlab chiqilgan metodologiya O'zbekistonning boshqa tumanlari uchun ham qo'llanishi mumkin va mintaqaviy miqyosdagi GIS loyihalarida fazoviy ma'lumotlarni standartlashtirish hamda integratsiya qilish bo'yicha amaliy qo'llanma sifatida xizmat qilishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Longley P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J., Rhind D.W. (2015). Geographic Information Science and Systems, 4th ed. John Wiley & Sons, Hoboken. 496 p.

2. Chrisman N.R. (2002). Exploring Geographic Information Systems, 2nd ed. John Wiley & Sons, New York. 316 p.

3. Burrough P.A., McDonnell R.A., Lloyd C.D. (2015). Principles of Geographical Information Systems, 3rd ed. Oxford University Press, Oxford. 352 p.

4. Goodchild M.F., Gopal S. (Eds.) (1989). Accuracy of Spatial Databases. Taylor & Francis, London. 290 p.

5. Hunter G.J., Goodchild M.F. (1995). Dealing with error in spatial

databases: a simple case study. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 61(5), 529–537.

6. QGIS Development Team (2024). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. URL: https://qgis.org

7. Steiniger S., Hunter A.J.S. (2013). The 2012 free and open source GIS software map — a guide to facilitate research, development, and adoption. Computers, Environment and Urban Systems, 39, 136–150.

8. Rosen P., Hensley S., Joughin I.R. et al. (2000). Synthetic aperture radar interferometry. Proceedings of the IEEE, 88(3), 333–382.

9. Farr T.G., Rosen P.A., Caro E. et al. (2007). The shuttle radar topography mission. Reviews of Geophysics, 45(2), RG2004.

10. Tadono T., Nagai H., Ishida H. et al. (2016). Generation of the 30 m-mesh global digital surface model using PRISM stereo images of the ALOS. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLI-B4, 157–162.

11. Mirzaev S.S., Yusupov O.T. (2023). Toshkent viloyati qishloq xo'jaligi ekinlari uchun masofadan zondlash ma'lumotlarini qo'llash. O'zbek Geografiya Jurnali, 7(2), 34–46.

12. Karimov A.X. (2022). O'zbekistonda sug'orma dehqonchilik yerlarini GIS yordamida boshqarish. Agromelioratsiya va yer islohotlari jurnali, 4(1), 12–25.

13. Isaev S.M., Nazarov Z.A. (2021). Chirchiq vodiysi hududlarida yer foydalanish o'zgarishlarini masofadan zondlash orqali tahlil qilish. Gidrologiya va meteorologiya jurnali, 3(2), 18–29.

14. Drobne S., Lisec A. (2009). Multi-attribute decision analysis in GIS: Weighted linear combination and ordered weighted averaging. Informatica, 33(4), 459–474.

15. ISO 19115-1:2014. Geographic information — Metadata — Part 1: Fundamentals. International Organization for Standardization, Geneva.

16. OGC (2021). OGC GeoPackage Encoding Standard, Version 1.3. Open Geospatial Consortium. URL: https://www.geopackage.org

17. PostGIS Development Team (2024). PostGIS 3.4 Manual. URL: https://postgis.net/documentation/

18. Sentinel-2 Team (2022). Sentinel-2 User Handbook. Issue 2.0. ESA, Noordwijk. 64 p.

19. USGS (2022). Landsat Collection 2 Level-2 Science Product Guide. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia. 30 p.

UDK: 551.58:631.95

TOSHKENT VILOYATIDA AGROKLIMATIK KO'RSATKICHLARNI TAHLIL QILISH GEOINFORMATSION VA MASOFADAN ZONDLASH MA'LUMOTLARI ASOSIDA

Sobirov Muxtor Sobir o‘g‘li *- “TIQXMMI” MTU “Geodeziya va Geoinformatika” kafedrasi tayanch doktoranti, PhD*

Abduraxmonov Sarvar Narzullayevich *- “TIQXMMI” MTU “Geodeziya va Geoinformatika” kafedrasi Texnika fanlari doktori, DSc, dotsent*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada O'zbekistonning Toshkent viloyatida 2000–2024 yillar davomida geoinformatsion tizimlar (GIS) va ko'p vaqtli masofadan zondlash ma'lumotlaridan foydalanib agroklimatik ko'rsatkichlarni keng qamrovli tahlil qilish natijalari keltirilgan. Gidrotermik koeffitsient (GTK), quruqlik indeksi (QI), biologik faol harorat (BFH) yig'indisi, qurg'oqchilik indeksi va o'simlik qoplami holatining proksi ko'rsatkichi sifatida Normallashtirilgan farqiy o'simlik indeksi (NDVI) kabi asosiy ko'rsatkichlar o'rganilgan. Landsat-8/9, Sentinel-2 va MODIS Terra sun'iy yo'ldoshlaridan olingan tasvirlar Google Earth Engine (GEE) va QGIS dasturiy ta'minotida qayta ishlangan. Meteorologik stantsiya ma'lumotlarini krig va IDW usullari yordamida fazoviy interpolyatsiya qilish orqali yuqori aniqlikdagi agroklimatik xaritalar tuzilgan. Natijalar har o'n yilda +0,38°C issiqlik ko'tarilishi tendentsiyasini, vegetatsiya davri yog'ingarchiligining 12% kamayishini va janubiy hamda janubi-sharqiy mintaqalarda progressiv quruqchilikni ko'rsatmoqda. Masofadan zondlash va GIS usullarini birlashtirish an'anaviy stantsiya asosidagi yondashuvlarga nisbatan agroklimatik baholashning fazoviy aniqligini va vaqtinchalik uzluksizligini sezilarli darajada oshiradi.*

Kalit so'zlar*: agroklimatik ko'rsatkichlar; GIS; masofadan zondlash; Toshkent; NDVI; gidrotermik koeffitsient; quruqchilik; O'zbekiston*

Аннотация. *В данной статье представлены результаты комплексного анализа агроклиматических показателей Ташкентской области Узбекистана за период 2000–2024 годов с использованием геоинформационных систем (ГИС) и многовременных данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Исследованы ключевые показатели: гидротермический коэффициент (ГТК), индекс аридности (ИА), сумма биологически активных температур (БАТ), индекс засушливости и нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI) как прокси-показатель состояния растительного покрова. Снимки со спутников Landsat-8/9, Sentinel-2 и MODIS Terra обработаны с помощью платформы Google Earth Engine (GEE) и программного обеспечения QGIS. Путём пространственной интерполяции данных метеорологических станций методами кригинга и IDW составлены агроклиматические*

карты высокого разрешения. Результаты свидетельствуют о тенденции потепления +0,38°C за десятилетие, снижении осадков вегетационного периода на 12% и прогрессирующей аридизации южных и юго-восточных районов области. Совместное применение методов ДЗЗ и ГИС существенно повышает пространственную точность и временную непрерывность агроклиматических оценок по сравнению с традиционными подходами, основанными на данных стационарной сети наблюдений.

***Ключевые слова**: агроклиматические показатели; ГИС; дистанционное зондирование; Ташкент; NDVI; гидротермический коэффициент; аридизация; Узбекистан*

***Abstract.** This article presents the results of a comprehensive analysis of agroclimatic indices in the Tashkent Region of Uzbekistan for the period 2000–2024, using geographic information systems (GIS) and multi-temporal remote sensing data. Key indices examined include the Hydrothermal Coefficient (HTC), Aridity Index (AI), Biologically Active Temperature (BAT) sum, Drought Severity Index, and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) as a proxy indicator of vegetation cover status. Imagery obtained from Landsat-8/9, Sentinel-2, and MODIS Terra satellites was processed using Google Earth Engine (GEE) and QGIS software. High-resolution agroclimatic maps were produced through spatial interpolation of meteorological station data using kriging and IDW methods. Results indicate a warming trend of +0.38°C per decade, a 12% reduction in growing-season precipitation, and progressive aridification in the southern and southeastern parts of the region. The integration of remote sensing and GIS methods substantially improves both the spatial accuracy and temporal continuity of agroclimatic assessments compared to conventional station-based approaches.*

***Keywords:** agroclimatic indices; GIS; remote sensing; Tashkent; NDVI; hydrothermal coefficient; aridification; Uzbekistan*

Kirish. Toshkent viloyati (41°00'–41°35'shimoliy kenglik, 69°10'–70°10'sharqiy uzunlik) G'arbiy Tyan-Shan tog' tizimining tog' oldi zonasida joylashgan bo'lib, taxminan 15 600 km² maydonni egallaydi va O'zbekistonning eng qishloq xo'jaligi jihatidan samarali landshaftlaridan birini o'z ichiga oladi. Mintaqa issiq, quruq yozlar va mo'tadil sovuq qishlar bilan tavsiflanadigan kontinental, yarim quruq iqlimga ega — bu holat g'o'za (Gossypium hirsutum), qishlik bug'doy (Triticum aestivum) va bog'dorchilik uchun muhim agroklimatik cheklovlar yaratadi.

Agroklimatik ko'rsatkichlar bir nechta meteorologik parametrlarni ekologik va agronomiik jihatdan mazmunli metrikalarga sintez qiladi. Bu ko'rsatkichlar — issiqlik to'planishi, namlik mavjudligi va o'simlik stressini o'z ichiga olib — ekin zonalashtirish, sug'orish jadvali va xavf baholash uchun asosiy vositalar bo'lib xizmat qiladi. Iqlim o'zgarishi tezlashayotgan davrda ularning mintaqaviy va sub-mintaqaviy miqyosdagi aniq fazoviy tavsifi dalillarga asoslangan qishloq xo'jaligi siyosati uchun tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda.

An'anaviy agroklimatik baholash yondashuvlari siyrak meteorologik stantsiyalar tarmog'i o'rtasida

interpolyatsiyaga tayanadi, bu esa murakkab rel'efda fazoviy aniqlikni va interpolyatsiya noaniqligini cheklaydi. Google Earth Engine (GEE) kabi bulutli hisoblash platformalarining paydo bo'lishi va Landsat-8/9 (30 m), Sentinel-2 (10 m) va MODIS Terra (250–1000 m) kabi o'rta va yuqori o'lchamli sun'iy yo'ldosh tasvirlarining mavjudligi yer usti iqlimini nozik fazoviy va vaqtinchalik miqyosda tavsiflash imkoniyatini tubdan o'zgartirdi.

Ushbu tadqiqot quyidagi maqsadlarni ko'zlaydi: (1) stantsiya ma'lumotlari va masofadan zondlash kirish ma'lumotlaridan foydalanib Toshkent viloyati uchun agroklimatik ko'rsatkichlar to'plamini hisoblash va xaritalash; (2) 2000–2024 yillar davomida fazoviy va vaqtinchalik tendentsiyalarni tahlil qilish; (3) faqat stantsiyalarga asoslangan yondashuvlarga nisbatan GIS va masofadan zondlash usullarining qo'shilgan qiymatini baholash; (4) qishloq xo'jaligini moslashtirishni rejalashtirish uchun amaliy natijalar taqdim etish.

Tadqiqot hududi va mintaqaviy kontekst. Toshkent viloyati Chirchiq va Ohangaron daryolari vodiylari hamda G'arbiy Tyan-Shan tog' oldi terraslarini o'z ichiga oladi. Balandliklar g'arbiy tekisliklarda dengiz sathidan taxminan 350 m dan shimoli-sharqdagi tog'larda 2 800 m dan oshiqqa qadar o'zgarib turadi. Bu balandlik gradienti nisbatan ixcham geografik hudud ichida agroklimatik xilma-xillikni shakllantiradi. Mintaqada o'rtacha yillik harorat tog'li tumanlarda 12,5°C dan tekislik tog' oldi zonasida 14,8°C gacha o'zgaradi. O'rtacha yillik yog'ingarchilik tekisliklarda ~280 mm dan 1 500 m dan yuqori balandliklarda ~800 mm gacha o'zgaradi. Yoz davri (iyun–avgust) o'ta issiq va quruq iqlim bilan tavsiflanib, iyul oyida vodiy tublarida maksimal harorat tez-tez 38°C dan oshadi, bahor vegetatsiya davri (mart–may) esa umumiy yillik yog'ingarchiligining ~55% ini oladi.

Qishloq xo'jaligi umumiy yer maydonining taxminan 22% ini (~343 000 ga) egallaydi, shulardan sug'oriladigan ekin yerlar taxminan 178 000 ga ni tashkil etadi. Chirchiq daryosi tizimi sovet davrida qurilgan keng tarmoqli kanal sug'orish infratuzilmasini qo'llab-quvvatlaydi. Asosiy ekinlar qatoriga qishlik bug'doy, g'o'za, sabzavotlar, daraxt mevalar va uzumchilik kiradi. Yer osti suvlarining kamayishi va tuproq sho'rlanishi agroklimatik cheklovlarni kuchaytiruvchi ikkinchi darajali stressor sifatida tobora ko'proq tan olinmoqda.

Ma'lumotlar va metodlar

Meteorologik stantsiya ma'lumotlari. Kunlik harorat (Tmax, Tmin, To'rtacha), yog'ingarchilik, nisbiy namlik va shamol tezligi ma'lumotlari O'zbekiston Gidrometeorolo giya xizmati markazi (Uzgidromet) tomonidan boshqariladigan 12 ta meteorologik stantsiyadan 2000–2024 yillar uchun olingan. Barcha stantsiya yozuvlari sifatni nazorat qilish tartib-qoidalaridan o'tkazildi: chetga chiqish qiymatlarni aniqlash (Grubbs testi), gomogenlikni baholash (SNHT) va bo'shliqlarni qo'shni stantsiyalar bilan regressiya orqali to'ldirish. Oylik o'rtacha qatorlar tekshirilgan kunlik yozuvlardan tuzildi.

Masofadan zondlash ma'lumotlari. Stantsiyaga asoslangan kuzatuvlarni to'ldirish va fazoviy kengaytirish uchun uchta sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari manbai ishlatildi:

– Landsat-8 OLI/TIRS (2013–2024) va Landsat-9 OLI-2/TIRS-2 (2021–2024): NDVI hisoblash va yer usti haroratini (YUH) olish uchun 30 m ko'p spektrli tasvirlar, 16 kunlik takroriy oraliqda olingan. Sirt aks ettirishining 2-to'plam mahsulotlari ishlatildi.
– Sentinel-2 MSI (2017–2024): yuqori aniqlikdagi NDVI xaritalash va fenologik monitoring uchun 10 m ko'p spektrli tasvirlar. 2A darajasidagi (atmosfera tuzatilgan) mahsulotlar GEE da qayta ishlandi.
– MODIS Terra MOD11A2 (YUH, 1 km, 8 kunlik kompozit) va MOD13Q1 (NDVI, 250 m, 16 kunlik kompozit) mahsulotlari 2000 yildan boshlab uzoq muddatli uzluksizlikni ta'minladi.

Landsat uchun QA_PIXEL va Sentinel-2 uchun SCL bantidan foydalanib bulut niqoblash amalga oshirildi. Bulut bo'lmagan kuzatuvlarning median to'planishi orqali yillik va mavsumiy kompozitlar yaratildi.

Hisoblangan agroklimatik ko'rsatkichlar. Quyidagi agroklimatik ko'rsatkichlar har bir yil uchun hisoblab, o'rganish davri bo'yicha o'rtacha qilindi:

Ko'rsatkich	Formula / Ta'rif	Chegara / Birlik
Gidrotermik koeffitsient (GTK)	GTK = ΣY / (0,1 × ΣT>10°C)	< 0,5: quruq; 0,5–1,0: yarim quruq; > 1,0: yetarli
Biologik faol harorat yig'indisi (BFH)	ΣBFH = Σ(To'rtacha – 10°C) T>10°C bo'lganda	°C·kun; g'o'za uchun 2000–2400°C chegara
Quruqlik indeksi (QI) — BMT	QI = YOY / YET₀ (Penman-Monteith)	< 0,20: o'ta quruq; 0,20–0,50: quruq; 0,50–0,65: yarim quruq
Qurg'oqchilik og'irligi indeksi (QOI)	QOI = (NDVI/NDVImaks) – (ET/ET₀)	Manfiy qiymat = qurg'oqchilik stressi
NDVI (vegetatsiya davri)	NDVI = (YaQQ – Qizil) / (YaQQ + Qizil)	< 0,3: siyrak; 0,3–0,6: o'rtacha; > 0,6: zich
Sovuqsiz davr	Oxirgi bahor muzlashidan birinchi kuz muzlashigacha bo'lgan kunlar soni	Kun; g'o'za uchun > 200 kun talab etiladi

Fazoviy tahlil va GIS metodlari. Stantsiyadan olingan agroklimatik ko'rsatkichlarni uzluksiz raster yuzalariga fazoviy interpolyatsiya qilish QGIS 3.34 da oddiy kriging (OK) yordamida variogram modeli moslamasi (eksponensial model, kross-validatsiya bilan optimallashtirilgan) ishlatib amalga oshirildi. Raqamli relyef modeli (SRTM 30 m) haroratga bog'liq ko'rsatkichlar uchun kuchli laps-

darajali munosabat inobatga olinib ko-krig usulida ko-o'zgaruvchi sifatida ishlatildi. Har bir pikselda tendentsiya tahlili Mann-Kendall parametrik bo'lmagan testlari (α = 0,05 ahamiyat darajasi) va Python da (pyMannKendall kutubxonasi) amalga oshirilgan Sen qiyalik baholagichi yordamida o'tkazildi.

Barcha raster tahlillari 30 m aniqlikda bajarildi. Interpolyatsiya qilingan yuzalarning fazoviy aniqligi stantsiya joylashuvlarida kross-validatsiya (LOOCV) yordamida baholandi, ildiz o'rtacha kvadrat xato (RMSE) va o'rtacha mutlaq xato (MAE) metrikalari hisoblab chiqildi.

Natijalar va muhokama

Harorat tendentsiyalari va biologik faol harorat yig'indisi. Toshkent viloyatidagi o'rtacha yillik harorat 2000–2024 yillar davomida har o'n yilda +0,38°C ga ko'tarildi, bu IPCC AR6 tomonidan qayd etilgan Markaziy Osiyo isish tendentsiyasi bilan mos keladi. Isish signali yoz oylarida (YAQ: +0,51°C/o'n yillik) eng yuqori, qishda (DFF: +0,22°C/o'n yillik) esa eng past bo'ldi. Eng yuqori isish sur'ati past balandlikdagi vodiy tublarida kuzatildi — Chirchiq vodiysi stantsiyalarida +0,62°C/o'n yilligacha yetdi.

Biologik faol harorat yig'indisi (BFH, 10°C chegara) shimoli-g'arbiy tekisliklarda 2 180°C·kundan janubiy qarab turgan tog' oldi yon bag'irlarida 3 410°C·kungacha o'zgarib turdi. O'rganish davri mobaynida BFH sezilarli o'sish tendentsiyasini ko'rsatdi (Sen qiyaligi: yiliga +18,4°C·kun, $p < 0,001$), bu esa samarali o'sish mavsumining uzayishini anglatadi. 2024 yilga kelib qishloq xo'jaligi zonasining 85% g'o'za ko'saklarining to'liq rivojlanishi uchun optimal deb hisoblangan 2 400°C·kun chegarasidan oshdi — 2000 yildagi 62% ga nisbatan sezilarli o'sish.

Yog'ingarchilik va gidrotermik koeffitsient. O'rtacha vegetatsiya davri yog'ingarchiligi (aprel–sentabr) o'rganish davri mobaynida 12,3% ga kamaydi (yiliga 1,8 mm, Mann-Kendall $Z = -2,84$, $p = 0,004$). Kamayish fazoviy jihatdan heterojen bo'ldi: janubi-sharqiy kichik zona (Parkent va Bo'stonliq tumanlari) eng keskin kamayishni ko'rsatdi (yiliga −2,6 mm), g'arbiy tekisliklarda esa statistik jihatdan ahamiyatsiz kamayish tendentsiyasi kuzatildi.

Gidrotermik koeffitsient (GTK) ning fazoviy taqsimoti markaziy tekisliklarda yarim quruq sharoitlardan (GTK 0,45–0,65) yuqori tog' oldi zonasiga nisbatan yetarli namlikka qadar (GTK 0,85–1,10) aniq gradientni ko'rsatadi. Biroq 2000–2012 va 2013–2024 kichik davrlarni taqqoslash butun mintaqada o'rtacha GTK ning 0,09 birlikka kamayganini ko'rsatadi, qishloq xo'jaligi piksellarining 38% "yarim quruq" dan "quruq" tasniflashiga o'tdi.

Quruqlik indeksi va qurg'oqchilik og'irligi. ERA5 potensial evapotranspirasiya va stantsiya yog'ingarchiligi asosida hisoblangan BMT quruqlik indeksi "quruq" (QI < 0,50) toifasidagi qishloq xo'jaligi erlari ulushi 2000–2004 yillardagi 31% dan 2020–2024 yillarda 47% ga ko'tarilganini ko'rsatadi. MODIS NDVI va MOD16 haqiqiy evapotranspirasiyasidan olingan qurg'oqchilik og'irligi indeksi (QOI) O'zbekistonda ekin hosili ta'sirlangan hujjatlashtirilgan qurg'oqchilik yillari bo'lgan 2008, 2011, 2017 va 2021 yillarda takrorlanuvchi manfiy anomaliyalarni ko'rsatdi.

NDVI dinamikasi va o'simlik reaksiyasi. Landsat

kompozitlaridan olingan vegetatsiya davri NDVI (may–avgust) yog'insiz qishloq xo'jaligi va yaylov piksellarining 41% da statistik jihatdan ahamiyatli manfiy tendentsiyani ko'rsatdi ($p < 0,05$, Mann-Kendall), bu artan quruqchilik ostida o'simlik stressining kuchayishini tasdiqlaydi. Aksincha, sug'oriladigan ekin yerlar piksellarning 74% da ijobiy yoki barqaror NDVI tendentsiyasini ko'rsatdi — bu sug'orish infratuzilmasi kengayishi yordamida amalga oshirilgan ekin intensifikatsiyasini aks ettiradi.

Sentinel-2 NDVI vaqt qatorlarining fenologik tahlili Mavsumning Boshlanish sanasida (MB) — NDVI ning ko'tarilish bosqichida 0,30 ni kesib o'tish sanasi sifatida belgilangan — taxminan 7 kunlik oldinlashishni aniqladi, bu bahor isishining erta boshlanishi bilan mos keladi. Mavsumning Tugash sanasi sezilarli o'zgarishni ko'rsatmadi, natijada fotosintetik faol mavsumning ~5 kun uzayishi kuzatildi.

Interpolyatsiya qilingan agroklimatik xaritalarning fazoviy aniqligi. Kriging BFH yuzalarining kross-validatsiyasi RMSE = 94 °C·kun (o'rtachaning 4,1%) ni ko'rsatdi, GTK interpolyatsiyasi esa RMSE = 0,07 (o'rtachaning 9,2%) ga erishdi. Bu aniqlik ko'rsatkichlari qishloq xo'jaligi zonalash ilovalari uchun qabul qilinarli deb hisoblanadi, ammo ular model kalibratsiyasi uchun zichroq stantsiya tarmoqlarining muhimligini ta'kidlaydi.

Muhokama. Ushbu tadqiqotda qo'llanilgan GIS va masofadan zondlashni birlashtirgan metodologiya agroklimatik sharoitlarning fazoviy tavsifini faqat stantsiyalarga asoslangan yondashuvlarga nisbatan sezilarli darajada yaxshilaydi. Qo'shilgan qiymatning asosiy o'lchovlari uchta jihatni o'z ichiga oladi: (1) fazoviy aniqlik — 12 stantsiyadan nuqta-interpolyatsiya qilingan mahsulotlarga nisbatan uzluksiz 30 m raster mahsulotlar; (2) vaqtinchalik zichlik — oylik stantsiya o'rtachalariga nisbatan 8–16 kunlik sun'iy yo'ldosh takrorlanish oraliqlar; (3) jarayon integratsiyasi — faqat iqlim prokslaridan xulosa chiqarish o'rniga NDVI va QOI orqali o'simlik reaksiyasini to'g'ridan-to'g'ri kuzatish.

Kuzatilgan isish va quruqchilik tendentsiyalari Markaziy Osiyo uchun RCP 4.5 va 8.5 stsenariylari ostidagi mintaqaviy prognozlar bilan mos keladi. 25 yillik kuzatuv oynasi ichida qishloq xo'jaligi piksellarining 38% ning yuqoriroq quruqlikka o'tishi kuzatilgan holat moslashuvchan javoblar zarurligini ta'kidlaydi. Asosiy qishloq xo'jaligi boshqaruvi uchun chiqarilgan xulosalar quyidagilarni o'z ichiga oladi: BFH ko'tarilishi fenologik bosqichlarni tezlashtirganida issiqlikka chidamli va qurg'oqchilikka bardoshli ekin navlarga ehtiyoj; isish ostida yuqori evapotranspirasiya talabini hisobga olib sug'orish jadvali algoritmlarini qayta sozlash; va eng keskin manfiy GTK tendentsiyalarini ko'rsatayotgan tumanlarda suv tejaydigan samarali investitsiyalarni ustuvorlashtirish.

Xulosa. Ushbu tadqiqot geoinformatsion tizimlar va ko'p manbali masofadan zondlash ma'lumotlarini O'zbekistonning Toshkent viloyatida keng qamrovli agroklimatik ko'rsatkichlarni tahlil qilish uchun integratsiyalashning maqsadga muvofiqligi va qo'shilgan qiymatini ko'rsatib berdi. Asosiy xulosalar quyidagilardan iborat:

– 2000–2024 yillar mobaynida mintaqa bo'ylab har o'n yilda

+0,38°C isish tendentsiyasi aniqlandi, eng kuchli signal yozda va past balandlikdagi vodiy zonalarida kuzatildi.

- Vegetatsiya davri yog'ingarchiligi 12,3% ga kamaydi, buning natijasida avval yarim quruq hisoblangan qishloq xo'jaligi piksellarining 38% da gidrotermik koeffitsient 0,50 (quruq) chegarasidan pastga tushdi.
- Biologik faol harorat yig'indisi sezilarli darajada oshdi (yiliga +18,4°C·kun), to'liq tsiklli g'o'zachilik uchun yaroqli zonani kengaytirdi, lekin shu bilan birga issiqlik va qurg'oqchilik stresslari xavfini oshirdi.
- Sun'iy yo'ldoshdan olingan NDVI va qurg'oqchilik og'irligi indeksi mahsulotlari agroklimatik yomonlashishga o'simlikning stressli munosabatini fazoviy batafsil va vaqtinchalik uzluksiz dalillarini taqdim etdi.
- Birlashtirilgan GIS-masofadan zondlash yondashuvi 30 m aniqlikda qabul qilinarli aniqlik (asosiy ko'rsatkichlar uchun RMSE o'rtachaning < 10%) bilan agroklimatik xaritalarni yaratdi va Markaziy Osiyoning boshqa qishloq xo'jaligi mintaqalariga qo'llanish mumkin bo'lgan takrorlanuvchi metodologik asosni taqdim etdi.

Natijalar yangilangan agroklimatik bazaviy ma'lumotlar va Markaziy Osiyoning eng muhim qishloq xo'jaligi mintaqalaridan birida ekin zonalash, sug'orish rejalashtirish va iqlimga moslashish siyosatini shakllantirish uchun mustahkam tahliliy asos yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Agaltseva N.A., Bolgov M.V., Spectorman T.Y. (2011). O'zbekistondagi suv resurslariga iqlim o'zgarishining ta'siri. Russian Meteorology and Hydrology, 36(12), 831–838.

2. Alexandrov V., Hoogenboom G. (2000). Bolgariyada iqlim o'zgaruvchanligi va o'zgarishining ekin hosili ta'siri. Agricultural and Forest Meteorology, 104(4), 315–327.

3. Askarov A., Nazarov Z. (2022). O'zbekistonning Farg'ona vodiysida o'zgaruvchan iqlim ostida gidrotermik sharoitlar va g'o'za hosili. Journal of Arid Environments, 197, 104–113.

4. Deering D.W. (1978). Havo va kosmik kuzatuv vositalari bilan o'lchangan yaylov aks ettirish xususiyatlari. Doktorlik dissertatsiyasi, Texas A&M University.

5. ESA (2021). Sentinel-2 foydalanuvchi qo'llanmasi. 2.0-nashr. Evropa Kosmik Agentligi, Noordwijk.

6. FAO (2022). Oziq-ovqat va qishloq xo'jaligiga oid TTM ko'rsatkichlari bo'yicha taraqqiyotni kuzatish. FAO, Rim.

7. Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R. (2017). Google Earth Engine: hamma uchun sayyoraviy miqyosda geofazoviy tahlil. Remote Sensing of Environment, 202, 18–27.

8. IPCC (2021). Iqlim o'zgarishi 2021: Fizik ilmiy asos. I ishchi guruhining oltinchi baholash hisobotiga hissasi. Cambridge University Press.

9. Kendall M.G. (1975). Rang korrelyatsiya metodlari, 4-nashr. Charles Griffin, London.

10. Mann H.B. (1945). Tendentsiyaga qarshi parametrik bo'lmagan testlar. Econometrica, 13(3), 245–259.

11. Mirzaev S., Tashpulatov B. (2020). GIS usullari yordamida Toshkent viloyatining agroklimatik resurslarini baholash. O'zbek Geografiya Jurnali, 4, 12–22.

12. NASA LP DAAC (2023). MODIS/Terra yer usti harorati va emissivligi 8 kunlik L3 global 1 km SIN to'ri V061. NASA EOSDIS Land Processes DAAC.

13. Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. (1974). ERTS bilan Katta tekisliklardagi o'simlik tizimlarini monitoring qilish. 3-ERTS simpoziumi materiallari, NASA SP-351, 1, 309–317.

14. Shen M. et al. (2014). O'tgan o'n yillikda Qingxay-Tibet platosida bahor o'simlik fenologiyasining balandlik gradienti oshishi. Agricultural and Forest Meteorology, 189–190, 71–80.

15. USGS (2022). Landsat to'plam 2 2-daraja ilmiy mahsulot qo'llanmasi. Geologiya xizmati, Reston.

16. Zomer R.J. et al. (2008). Iqlim o'zgarishini yumshatish: CDM o'rmonlashtirish va qayta o'rmonlashtirish uchun global yer yaroqliligi bo'yicha fazoviy tahlil. Agriculture, Ecosystems & Environment, 126, 67–80.

17. Huete A., Didan K., Miura T., et al. (2002). MODIS o'simlik indekslarining radiometrik va biofizik xususiyatlariga umumiy nuqtai nazar. Remote Sensing of Environment, 83(1–2), 195–213.

18. Kogan F.N. (1990). Bir hil bo'lmagan hududlarda ob-havo ta'sirini o'simliklarda masofadan kuzatish. International Journal of Remote Sensing, 11(8), 1405–1419.

19. Mirzaev S.S. et al. (2021). Ko'p vaqtli Landsat ma'lumotlari yordamida Badai-To'g'ay biosfera qo'riqxonasida to'qay o'simligining dinamikasi. Arid Ecosystems, 11(3), 210–220.

***UDK:* 528.7**

KARTALARNI YARATISHDA AEROKOSMIK SURATLARNING AHAMIYATI

Shavozov. T.K - *“TIQXMMI” MTU Geodeziya va geoinfarmatika kafedrasi assistenti*

Quranboyeva. Z.Sh *- “TIQXMMI” MTU Geodeziya va geoinfarmatika yo‘nalishi 1- kurs magistranti*

Olimova. B.Sh - *“TIQXMMI” MTU Geodeziya va geoinfarmatika yo‘nalishi 1- kurs magistranti*

Annotatsiya: *Ushbu maqolada aerokosmik tasvirlarning o'rmon tuprog'ini boshqarish va ulardan foydalanishdagi roli, shu jumladan miqdoriy va sifat inventarizatsiyasi, shuningdek, elektron ma'lumotlar bazasini yaratish tasvirlangan. Ushbu tavsiflardan foydalangan holda ilmiy-tadqiqot markazining elektron bazasi yaratildi va tuproq xaritasi tuzildi.*

Kalit so'zlar: *geoprocessing , tekshirish, donadorlik.*

Mavjud resurslardan samarali foydalanish, zamonaviy texnologiyalar, jumladan, sun’iy yo‘ldoshlarni qo‘llash qishloq xo‘jaligi

sohasi samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Kosmik ma'lumotlarga bo'lgan talab hisoblash texnologiyasining jadal rivojlanishi va asosiy manbasi masofaviy zondlash bo'lgan geografik axborot tizimlarining takomillashuvi bilan bog'liq. Kosmik tasvirlarga bo'lgan talab yuqori aniqlikdagi tasvirlash uskunalari qatorini ishlab chiqishga olib keldi. Georeferentsiyaning aniqligi va tafsilotlari olingan tasvirlarni kompilyatsiya qilish imkonini berdi ularning asosi Ilgari faqat aerofotosuratlar yordamida mumkin bo'lgan katta masshtabli xaritalar va rejalar [2].

Aerofotosurat materiallaridan ma'lumotlar bazalarini yaratish va yangilash uchun foydalanish ikki yo'nalishda amalga oshiriladi. Birinchi yo'nalish raqamli fotogrametrik tasvirga ishlov berish asosida kartografik mahsulotlarni yaratish va yangilash bilan bog'liq. Raqamli fotogrametrik tasvirni qayta ishlash Intel protsessorlarining so'nggi avlodiga ega shaxsiy kompyuterlarda, shaxsiy ish stantsiyalarida (PC Workstations) va RISK-UNIX ish stantsiyalarida amalga oshirilishi mumkin. ning tanlovi yoki boshqa uskunalar bog'liq dan turlari Va hajmi ishlar, V hajmi raqam Va dan ishlatiladigan material .

Winchester) va yuqori takt tezligi (kamida 450 MGts) bo'lgan UNIX ish stantsiyalarida amalga oshiriladi .

Dasturiy ta'minot xavfsizlik fotogrammetriya uchun maxsus xususiyatlarga ega funktsiyalari. IN Bu, birinchi navbatda, katta hajmdagi fayllar va ma'lumotlarning fazoviy havolalar yordamida qayta ishlanishi mumkinligi bilan bog'liq. Katta fayllar bilan ishlash uchun maxsus ma'lumotlar formatlari qo'llaniladi: ierarxik, blokli va boshqalar.

Ierarxik tuzilish piramidal qatlamlar shaklini oladi. Bu turli xil kameralardan olingan bir xil fotosuratning raqamli tasvirlari seriyasidir. Bir qatlamdan ikkinchisiga - 2 dan 4 gacha, 8 gacha va hokazo - ruxsat etilgan tasvir diapazoni kamayishi mumkin.

Blok tuzilishi (bloklar to'plami) har biriga to'g'ridan-to'g'ri kirish imkoniyatiga ega kichik kvadrat bloklardan iborat.

Ixtisoslashgan ma'lumotlar formatlaridan foydalanish raqamli tasvirlar bilan ishlashda yuzaga keladigan muammolardan birini hal qiladi: ekranda ko'rsatilgan yozilgan rastr tasvirini ko'rsatish. Muammo shundaki, ekran odatda 1280 × 1024 pikselni sig'dira oladi, ammo tasvir o'lchami 10 000 × 10 000 piksel bo'lishi mumkin. Ko'pincha, qayta ishlangan tasvir ko'rsatiladi V ikkita deraza. IN bitta oyna - ko'rish Bilan kichik qabul qilinadi hajmi (siyraklash), boshqa oynada esa asl tasvirning bir qismi (blok). Barcha operator operatsiyalari ikkala oynada ham ko'rinadi.

Tasvirlarni qayta ishlash uchun mo'ljallangan zamonaviy dasturiy paketlar qayta ishlash natijalarini saqlash uchun emas, balki istalgan vaqtda natijalarni yaratish imkonini beruvchi manba tasvirlari va algoritmlarni qayta ishlash uchun mo'ljallangan. Bu quyidagi tamoyillar bilan izohlanadi :

1. Har bir o'zgarish asl ma'lumotlarning yo'qolishiga olib keladi va, qoida tariqasida, bu yo'qotish qanchalik muhimligi oldindan ma'lum emas.
2. Zamonaviy kompyuterlarning tezligi va diskni saqlashning yuqori narxini hisobga olsak, uni o'zgartirilgan tasvirlar bilan to'ldirishga hojat yo'q. Mavjud tasvirlar bilan operatsiyalarni

takrorlash tejamkorroq.

Hozirda orbitadagi sun’iy yo‘ldoshlardan yoki arxivlardan suratlar olish mumkin. Masalan, WORLDVIEW-1, SPOT, LANDSAT, TERRA va boshqalar [1].

WORLDVIEW-1 — Yer yuzasini masofadan turib zondlash uchun mo‘ljallangan tijorat sun’iy yo‘ldoshi. U Digital Globe tomonidan 2007 yil 18 sentyabrda VanderBer havo kuchlari bazasidan Delta-2 raketasida uchirilgan . U 50 santimetrli panxromatik kameraga ega bo‘lib, Yer yuzasini 0,5 metrli suratga olishga qodir. WORLDVIEW-1 496 kilometr balandlikda ishlay oladi. To'liq 1,7 kun davomida sun'iy yo'ldoshning o'lchamlari 750 000 kvadrat kilometrlik tasvirlarni olish imkonini beradi · Sun'iy yo'ldosh shuningdek, Yerning geografik koordinatalarini aniqlash tizimi bilan jihozlangan (1-rasm) (https://www.satimagingcorp.com).

LANDSAT Yerning sun'iy yo'ldosh suratlarini olish bo'yicha eng uzoq muddatli loyiha hisoblanadi. Dasturning birinchi sun'iy yo'ldoshi 1972 yilda, eng oxirgisi esa uchirilgan vaqt Landsat sun'iy yo'ldoshi 8 edi 11 da ishga tushirildi Fevral 2013 yil yillar. Foydalanish orqali Landsat sun'iy yo'ldoshlariga o'rnatilgan asboblar milliardlab tasvirlarni to'pladi. Butun dunyo bo'ylab olingan bu tasvirlar qishloq xo'jaligi, kartografiya, geologiya, o'rmonchilik, fan va boshqalarda qo'llaniladi. U dala tadqiqotlarini o'tkazish uchun noyob vosita hisoblanadi. Landsat 5 o'z faoliyatini to'xtatgandan so'ng, Landsat 7 Landsat dasturining yagona operatsion sun'iy yo'ldoshiga aylandi . Landsat-8 ikkita asboblar to'plamidan foydalangan holda dastur uchun ma'lumotlarni to'plashni davom ettirmoqda: Operatsion Land Imager (OLI) va Termal Infraqizil Sensor (TIRS). Birinchisi o'rnatish oladi tasvirlar V 9 diapazonlari ko'rinadigan Sveta Va qo'shni infraqizil diapazon, ikkinchisi - uzoq infraqizil diapazonning 2 diapazonida (http://terra.nasa.gov/).

Oldin sun'iy yo'ldosh Landsat-8 yetkazib berildi qator ilmiy vazifalar:

– To'plam Va saqlash multispektral tasvirlar o'rtacha ruxsatlar (30 metr har bir nuqtada) kamida 5 yil;

– Landsat sun'iy yo'ldoshlariga o'xshash mavjudligi ;

– Bepul tarqalish rasmlar, qilingan sun'iy yo'ldosh Landsat - 8.

TERRA — NASA boshqaruvi ostida 1999-yil 18-dekabrda uchirilgan Yer atrofida quyosh-sinxron orbitadagi transmilliy tadqiqot sun’iy yo‘ldoshi. TERRAda atrof-muhit va iqlim o'zgarishini kuzatish uchun beshta masofaviy sayt mavjud. TERRA ma'lumotlari Pekin olimlarga ifloslanishning butun dunyo bo'ylab tarqalishini o'rganishga imkon beradi (https://www.satimagingcorp.com).

Sun'iy yo'ldosh ma'lumotlar yordam qaror ekologik muammolar:

1. Meteorologik xususiyatlarni aniqlash (vertikal harorat rejimlari , namlik xususiyatlari, bulut xususiyatlari);
2. Kvitansiya kart ma'ruzachilar atmosfera jabhalar, bo'ronlar, katta tabiiy ofatlar;
3. At ta'rifi haroratlar yerdagi yuzalar, ifloslanish tuproqlar Va suv yuzasi;
4. At otopsiya katta chiqindilar sanoat korxonalar;
5. Nazorat inson tomonidan yaratilgan ta'sir yoqilgan o'rmon parklari zonalar;
6. Identifikatsiya yong'inga xavfli zonalari V o'rmon zonalar;
7. Monitoring Va prognoz

mavsumiy suv toshqinlari yoqilgan daryolar;

8. Ta'rif Va daraja uzunligi zonalari katta suv toshqini;

9. Monitoring ma'ruzachilar ifloslanish qorli qopqoq V natija sanoat korxonalarining ta'siri [3].

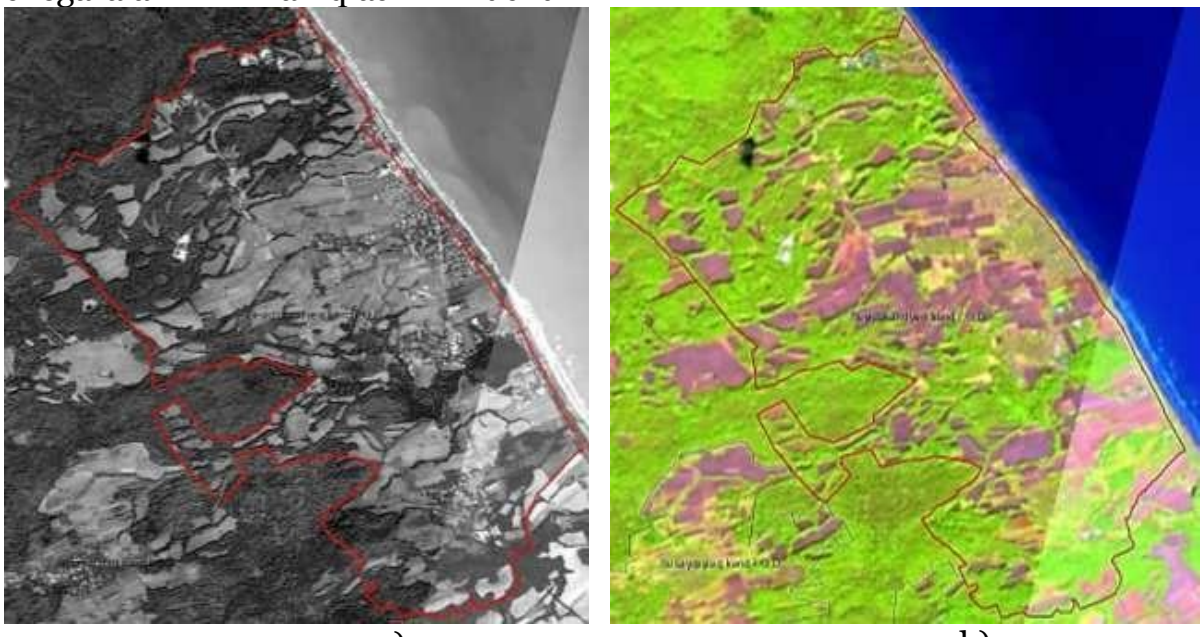
Material Va usullari

Seyidlikandyeri ERP ning Landsat-8 sun'iy yo'ldosh tasvirlarining xususiyatlari tahlil qilindi va solishtirildi Xachmaz tuman, qabul qilingan V sifat ob'ekt tadqiqot. Tumanning maydoni 1170,9 kvadrat kilometr bo'lib, asosan o'rmonli va tekis. Tuman iqtisodiyoti qishloq xo'jaligiga asoslangan bo'lib, sabzavotchilik, g'allachilik, mevachilik va chorvachilik ustunlik qiladi [2].

Tahlil Va munozara

ArcGIS dasturi hudud chegaralarini aniqlash uchun Landsat-8 sun'iy yo'ldosh tasvirlarini birlashtiradi.

Landsat 8 panxromatik tasviri 15 m o'lchamdagi fazoviy jihatdan boy tasvirdir. Vaqt o'tishi bilan ushbu tasvir qatlamlari vizualizatsiya va tahlil qilish uchun AWS (Amazon Network Services) to'plamidagi Landsat sun'iy yo'ldoshidan to'g'ridan-to'g'ri olinadi va har kuni yangi tasvirlar bilan yangilanadi. Landsat 8 tasvirlari har bir yig'iladi Har bir nuqta uchun 16 kun Yer yuzasi. Aksariyat suratlar 2015 yilning yanvaridan hozirgi kungacha to'plangan. Ushbu tasvirlar qattiq atmosfera tuzatishlarini qo'llash orqali tahlil qilinadi. TOA aks ettirish 0 dan 10 000 gacha bo'lgan diapazondan foydalangan holda masshtablangan.



a) b)

Seyidli qishlog'ining ma'muriy-hududiy bo'linishining Landsat-8 sun'iy yo'ldosh tasvirining fragmenti : a) panxromatik, b) multispektral.

Ko'p spektrli tasvirlarni tasniflash piksellarni ularning spektral xususiyatlariga ko'ra qidirishga asoslangan. Multispektral aniqligi 30 m. Bu o'rmon mavzularida elektron xaritalar yaratish imkonini beradi. Tasvirni tasniflash jarayoni o'xshash tasvir piksellarini qidirishga, shuningdek ularni yorqinlik qiymatlari asosida sinflar va toifalarga guruhlashga asoslangan (1-

rasm). Ko'p spektrli tasniflashning aniqligi masofadan zondlash ma'lumotlarining geometrik o'lchamlari bilan cheklangan. Bu erda asosiy muammo tez-tez sodir bo'ladigan piksellarni aralashtirishdir. yoqilgan chegara ikki boshqacha sinflar (ekotonlar). Masalan, shunday vaziyat mumkin o'rmon va qishloq xo'jaligi erlari o'rtasidagi chegarada. 15 metrli sun'iy yo'ldosh tasvirlari yordamida bu chegarani aniqlab bo'lmaydi. Aralash piksellar chegaralarini faqat multispektral tasvirlar uchun subpikselli tasniflash texnologiyasi yordamida hal qilish mumkin.

ArcGIS dasturiy ta'minotida er xaritalarini tayyorlash bo'yicha ish rejasini tuzish , u quyidagi qoidalarni amalga oshirishni nazarda tutadi:

1. Kvitansiya panoramali aerofotosuratlar mahalliylik Bilan yordam Landsat 8;
2. To'plam Va tahlil qilish ma'lumotlar O tuproq qopqoq ob'ekt tadqiqot;
3. Poligonizatsiya yerlar yoqilgan uchastka;
4. yaratilgan elektron maʼlumotlar bazasiga hudud, mulk va oʻsimliklar haqidagi maʼlumotlarni kiritish;
5. Tayyorgarlik yer tushuntirishlar Va T. d.

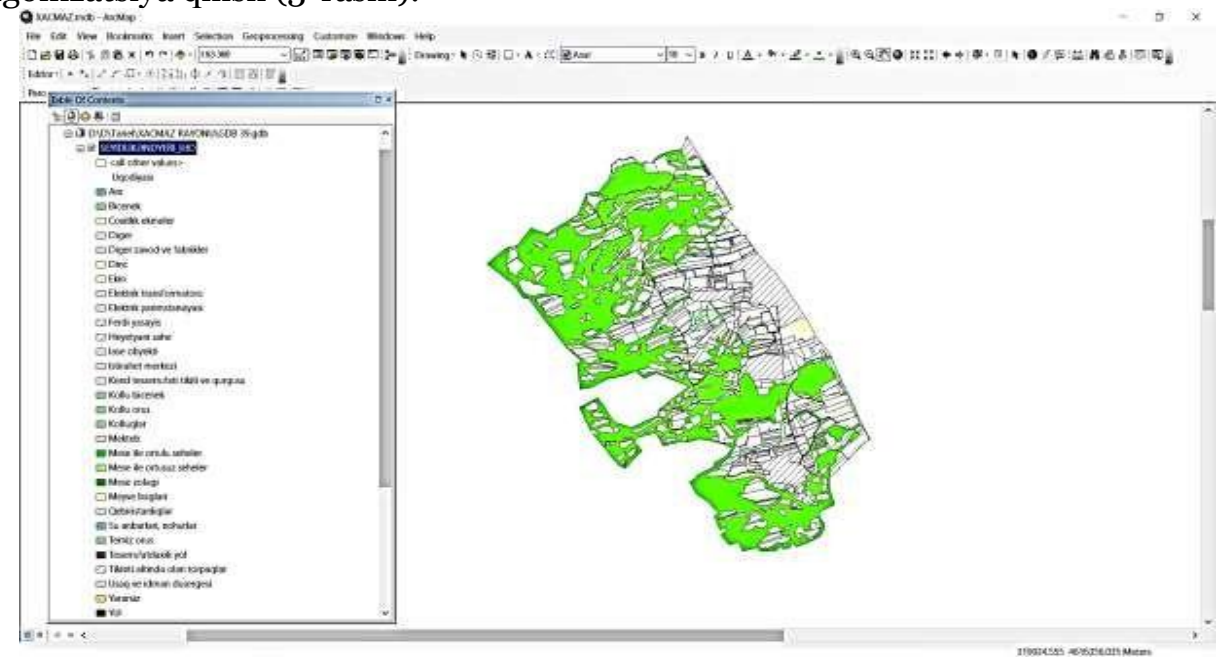
Panxromatik tasvirlar panxromatik, multispektral va infraqizil tasvirlarni birlashtirish orqali olinadi (2-rasm). Pansharp tasvirlari 6 tani o'z ichiga oladi multispektral diapazonlar 30 m gacha aniqlik bilan, 60 m gacha aniqlikdagi infraqizil diapazon va 15 m gacha aniqlikdagi pankromatik diapazon (http://www2.hawaii.edu).



Chizma 2. Fragment sun'iy yo'ldosh fotosurat Landsat-8 ATD Bilan. Seyidli : tasvir pansharp

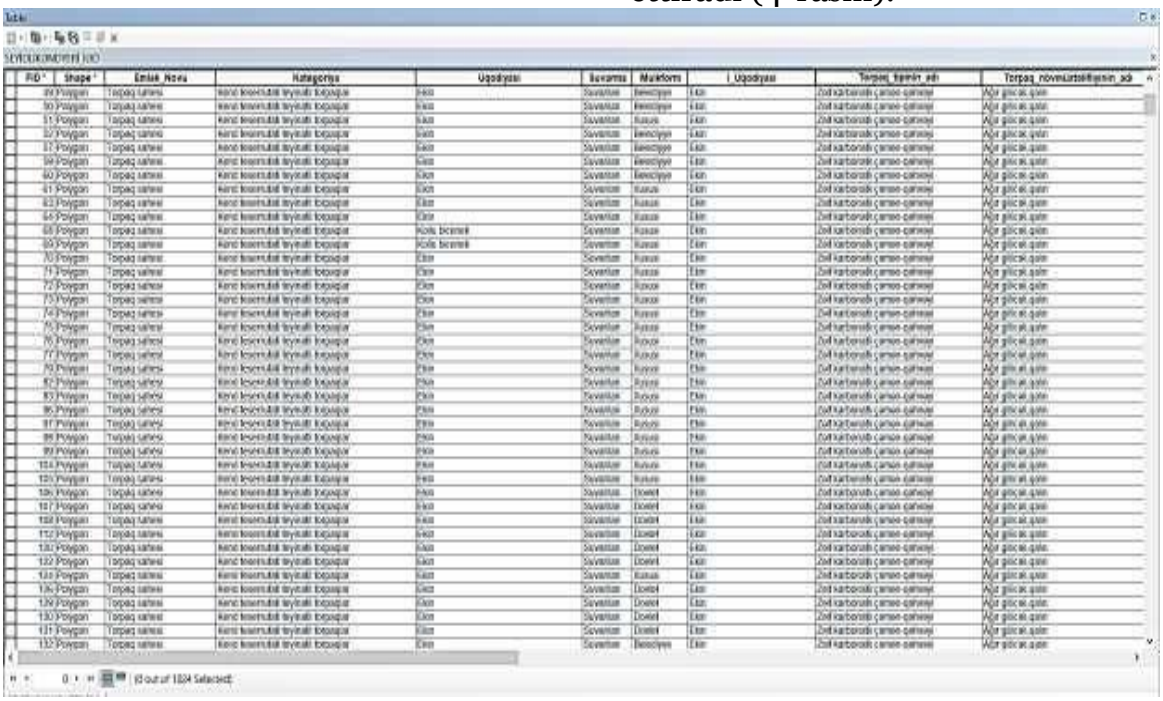
tomonidan bu rasmlar tasdiqlanishi kerak chegara hududlar

Va amalga oshirilmoqda ArcGIS dasturida er uchastkalarini poligonizatsiya qilish (3-rasm).



Chizma 3. Poligonizatsiya yer uchastkalar s.Seyidli ATD

Atribut (semantik) ma'lumot ob'ektning fazoviy munosabatga ega bo'lgan xususiyatlarini tavsiflaydi. Geoma'lumotlar bazasi – ob'yektlar guruhi va ularning xossalari haqidagi ma'lumotlarni uyushgan shaklda saqlaydigan axborot modelidir. Atribut jadvallari quyidagilardan iborat dan chiziqlar Va ustunlar. tomonidan miqdori chiziqlar mumkin aniqlash miqdori xaritadagi muayyan hududlar. Ustunlar ushbu hudud uchun kadastr ma'lumotlarini aks ettiradi (4-rasm).



Chizma 4. Integratsiya ma'lumotlar V stol atributlar gdb .

Xulosa. Yer qoplamini o'rganishda aerokosmik

materiallardan foydalanish masalalarini tahlil qilish jarayonida biz quyidagi xulosalarga kelamiz:

1. Yer qoplami dekodlashning murakkab ob'ektidir, chunki o'rmon tuproqlari yer yuzasi tasvirlariga bevosita kiritilmaydi. Aerofotosuratda ular doimo atrof-muhit komponentlari va yer o'rtasidagi taxminiy munosabatlardan foydalangan holda bilvosita talqin qilinishi mumkin.
2. O'rganilayotgan hududning o'rmon tuproqlarining dekodlanishi multispektral, panxromatik oq-qora va spektrzonal tasvirlar yordamida tahlil qilindi.
3. Yoniq tasvirlar, olingan tomonidan multispektral fotosuratlar, Yaxshi O'rganilayotgan hududning o'rmonli maydoni, shuningdek, sotib olingan, foydalanilgan va ijaraga olingan erlar ta'kidlangan.
4. Yer qoplamini xaritalashda aerokosmik tadqiqot usullaridan foydalanish samaradorligi yer yuzasi xaritalarining axborot mazmuni va aniqligini oshirishga olib keladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Mehtiev A. Sh., Ismoilov A. I. Geografik axborot tizimlari. Boku, 2011. 232 b.
2. Sulaymonov T., Aleskerov E. Qishloq xo'jaligi yerlarini ajratishda AZERSKY sun'iy yo'ldosh tasvirlaridan foydalanish imkoniyatlari // Qishloq xo'jaligi fan va ta'limning innovatsion rivojlanishi: jahon tajribasi va zamonaviy ustuvorliklar: xalqaro ilmiy-amaliy konferentsiya materiallari. Ganja, 2011. 200-205-betlar.
3. Paromov V. V. Topografiya asoslari bilan kartografiya. 2-qism. Kartografiya. Tomsk, 2010. 132 b.
4. Mehtiev, A. Sh., Ismoilov, A. I. (2011). Geografik axborot tizimlari . Boku (Ozarbayjon tilida).
5. Sulaymonov, T., & Aleskerov , E. (2011). Imkoniyatlar ilovalar sun'iy yo'ldosh snimkov AZERSKY da ajratish qishloq xo'jaligi ugodii.In *Innovatsion rivojlanish agrarnoy fan i ta'lim : dunyo tajriba i zamonaviy ustuvorliklar : materiallar xalqaro ilmiy va amaliy konferentsiya ,* Gyandja , 200-205. (in Ozarbayjon).
6. Paromov , V. V. (2010). Kartografiya s asoslar topografiya . Ch. 2. Kartografiya . Tomsk. (rus tilida).

UDK: 528.8:627.8

SUN’IY YO‘LDOSH MA’LUMOTLARI YORDAMIDA TUYAMO‘YIN SUV OMBORIDA SUV MAYDONI VA HAJM DINAMIKASINI MONITORING QILISH

Mahmudov Diyorbek Olimboy o‘g‘li-*“TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti “Geodeziya va geoinformatika” ta’lim yo‘nalishi magistranti*

Annotatsiya: *Ushbu maqolada sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari asosida Tuyamo‘yin suv omborining suv maydoni va hajm dinamikasini monitoring qilish masalalari tadqiq etilgan. Tadqiqot davomida masofadan zondlash texnologiyalari hamda geografik axborot tizimlari (GIS) yordamida turli yillarga oid Landsat va Sentinel sun’iy yo‘ldosh tasvirlari tahlil qilindi. Suv yuzasi maydonining o‘zgarishini aniqlashda NDWI (Normalized Difference Water Index) indeksidan foydalanildi hamda suv omborining vaqt bo‘yicha gidrologik holati*

baholandi [4]. Tadqiqot natijalari suv maydoni va hajmida sezilarli mavsumiy hamda yillik o‘zgarishlar mavjudligini ko‘rsatdi. Aniqlangan o‘zgarishlar iqlim omillari, suv sarfi va antropogen ta’sirlar bilan bog‘liqligi jihatidan tahlil qilindi. GIS va Remote Sensing texnologiyalarining qo‘llanilishi suv resurslarini monitoring qilish, ularni boshqarish hamda ekologik holatni baholashda samarali usul ekanligi asoslandi [1;2]. Tadqiqot natijalari suv omborlarini samarali boshqarish va suv resurslaridan oqilona foydalanishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: *Masofadan zondlash, GIS, Remote Sensing, Tuyamo‘yin suv ombori, sun’iy yo‘ldosh tasvirlari, suv maydoni, suv hajmi, gidrologik monitoring, NDWI, Landsat, Sentinel, suv resurslari, geoinformatsion tizim, suv sathi dinamikasi.*

Abstract: *This article investigates the monitoring of water surface area and volume dynamics of the Tuyamuyun Reservoir using satellite data. During the study, Landsat and Sentinel satellite images from different years were analyzed using Remote Sensing technologies and Geographic Information Systems (GIS). The NDWI (Normalized Difference Water Index) was applied to determine changes in the water surface area, and the hydrological condition of the reservoir over time was assessed [4]. The research results revealed significant seasonal and annual variations in water area and volume. The identified changes were analyzed in relation to climatic factors, water discharge, and anthropogenic impacts. The application of GIS and Remote Sensing technologies proved to be an effective approach for monitoring water resources, managing them efficiently, and assessing environmental conditions [1;2]. The results of the study have important scientific and practical significance for effective reservoir management and sustainable use of water resources.*

Keywords: Remote Sensing, GIS, Tuyamuyun Reservoir, satellite imagery, water surface area, water volume, hydrological monitoring, NDWI, Landsat, Sentinel, water resources, geoinformation systems, water level dynamics.

Kirish: Suv resurslari dunyo miqyosida strategik tabiiy resurslardan biri hisoblanadi. Global iqlim o‘zgarishi, aholi sonining ortishi, sanoat va qishloq xo‘jaligi tarmoqlarining kengayishi natijasida suv resurslariga bo‘lgan bosim yil sayin kuchayib bormoqda. Ayniqsa, Markaziy Osiyo hududida suv tanqisligi, daryo oqimining kamayishi hamda suv omborlari gidrologik rejimining o‘zgarishi ekologik va iqtisodiy muammolarni yuzaga keltirmoqda [6]. Shu sababli suv omborlarining holatini doimiy monitoring qilish, ularning suv maydoni va hajm dinamikasini aniqlash zamonaviy gidrologiyaning muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. O‘zbekistonning yirik gidrotexnik inshootlaridan biri bo‘lgan Tuyamo‘yin suv ombori Amudaryo havzasidagi suv resurslarini boshqarishda muhim strategik ahamiyatga ega. Ushbu suv ombori qishloq xo‘jaligi sug‘orish tizimlari, energetika hamda hududning ekologik barqarorligini ta’minlashda asosiy manbalardan biri hisoblanadi. Biroq iqlim o‘zgarishi, transchegaraviy suv oqimlarining kamayishi va antropogen omillar natijasida suv omborining gidrologik holati o‘zgarib bormoqda. Bu esa suv yuzasi maydoni va hajm ko‘rsatkichlarini muntazam

monitoring qilish zaruratini yuzaga keltiradi. An’anaviy gidrologik kuzatuv usullari ko‘p vaqt, mablag‘ va dala o‘lchovlarini talab qiladi. Zamonaviy masofadan zondlash (Remote Sensing) texnologiyalari va geografik axborot tizimlari (GIS) esa katta hududlarni tezkor, aniq va iqtisodiy jihatdan samarali monitoring qilish imkoniyatini yaratadi [5]. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida suv obyektlarining chegaralarini aniqlash, vaqt bo‘yicha o‘zgarishlarni tahlil qilish hamda gidrologik jarayonlarni modellashtirish mumkin. Mazkur tadqiqotning asosiy мақсади Landsat va Sentinel sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari asosida Tuyamo‘yin suv omborining suv maydoni va hajm dinamikasini monitoring qilish, gidrologik o‘zgarishlarni aniqlash hamda suv resurslarini boshqarish samaradorligini oshirishdan iborat.

Tadqiqot metodologiyasi: Tadqiqot davomida masofadan zondlash va GIS texnologiyalaridan foydalanildi. Asosiy ma’lumot manbalari sifatida Landsat 8 OLI va Sentinel-2 MSI sun’iy yo‘ldosh tasvirlari tanlandi [2;3]. Ushbu tasvirlarning afzalligi yuqori fazoviy aniqlikka ega ekanligi hamda uzoq muddatli monitoring imkoniyatini yaratishidir. Dastlabki bosqichda sun’iy yo‘ldosh tasvirlariga radiometrik va atmosferik korreksiya ishlovlari berildi. Keyinchalik GIS muhiti yordamida Tuyamo‘yin suv ombori hududi ajratib olindi va suv yuzasi chegaralari aniqlashtirildi. Suv yuzasi maydonini aniqlashda NDWI (Normalized Difference Water Index) indeksidan foydalanildi. Mazkur indeks suv obyektlarini boshqa yer qoplamalaridan ajratishda samarali hisoblanadi [4].

NDWI formulasi quyidagicha ifodalanadi:

$$NDWI=\frac{Green-NIR}{Green+NIR}$$

Bu yerda:

Green — yashil diapazon qiymati;

NIR — yaqin infraqizil diapazon qiymati.

NDWI qiymatlarining musbat bo‘lishi suv yuzalarini, manfiy qiymatlar esa quruqlik maydonlarini ifodalaydi.

Suv omborining hajmiy o‘zgarishini aniqlashda raqamli relyef modeli (DEM) va suv sathi ma’lumotlaridan foydalanildi. Suv yuzasi maydoni hamda balandlik ko‘rsatkichlari asosida suv hajmi hisoblandi.

Hajmni aniqlashning umumiy matematik modeli quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$V=A\times h$$

Bu yerda:

V — suv hajmi;

A — suv yuzasi maydoni;

h — o‘rtacha chuqurlik yoki suv sathi balandligi.

Tadqiqot davomida 2010–2025-yillar oralig‘idagi ma’lumotlar tahlil qilinib, mavsumiy va yillik o‘zgarishlar statistik usullar yordamida baholandi.

Natijalar: Tadqiqot natijalari Tuyamo‘yin suv omborida suv maydoni va hajm ko‘rsatkichlarining vaqt bo‘yicha sezilarli darajada o‘zgarishini ko‘rsatdi. Landsat va Sentinel tasvirlari asosida olib borilgan monitoring natijalariga ko‘ra, ayrim yillarda suv yuzasi maydonining qisqarishi kuzatilgan. NDWI indekslari yordamida suv obyektlarining chegaralari yuqori aniqlikda aniqlandi. Tahlillar natijasida yoz oylarida suv maydonining kamayishi, bahor mavsumida esa daryo oqimlari ortishi hisobiga suv maydonining kengayishi kuzatildi. Ayniqsa, qurg‘oqchil yillarda suv hajmining keskin kamayishi qayd etildi. GIS muhitida yaratilgan dinamik

xaritalar suv omboridagi gidrologik o‘zgarishlarning hududiy tarqalishini vizual tarzda baholash imkonini berdi. Tadqiqot davomida suv maydonining ayrim qismlarida sedimentatsiya jarayonlari kuchaygani aniqlandi. Bu holat suv omborining foydali hajmiga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Statistik tahlillar natijasida suv hajmi o‘zgarishlari bilan iqlim omillari, jumladan havo harorati va yog‘in miqdori o‘rtasida muayyan bog‘liqlik mavjudligi aniqlandi [6]. Shuningdek, Amudaryo oqimidagi o‘zgarishlar ham suv ombori gidrologik rejimiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi kuzatildi.

Muhokama: Olingan natijalar Tuyamo‘yin suv omborida suv resurslari holati iqlim va antropogen omillarga bevosita bog‘liqligini ko‘rsatdi. Suv maydoni va hajmning kamayishi hududdagi irrigatsiya tizimlari, qishloq xo‘jaligi hamda ekologik muvozanatga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Masofadan zondlash texnologiyalarining asosiy afzalligi katta hududlarni real vaqtga yaqin rejimda monitoring qilish imkoniyatidir. An’anaviy gidrologik kuzatuvlarga nisbatan ushbu texnologiyalar kam xarajat talab qiladi hamda ma’lumotlarning aniqligini oshiradi [1;5]. Ayniqsa, NDWI indeksidan foydalanish suv obyektlarini avtomatik ajratishda yuqori samaradorlik ko‘rsatdi. Tadqiqot davomida ayrim cheklovlar ham kuzatildi. Bulutlilik darajasi yuqori bo‘lgan tasvirlarda suv chegaralarini aniqlash aniqligi pasaydi. Bundan tashqari, suv hajmini hisoblashda ayrim bathimetrik ma’lumotlarning yetishmasligi natijalarga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Kelgusida sun’iy intellekt va mashinali o‘qitish algoritmlaridan foydalanish orqali suv resurslari monitoringini yanada takomillashtirish mumkin. Shuningdek, radar sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlarini qo‘llash bulutlilik muammosini kamaytirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Xulosa: Mazkur tadqiqotda Landsat va Sentinel sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari asosida Tuyamo‘yin suv omborining suv maydoni va hajm dinamikasi monitoring qilindi. GIS va Remote Sensing texnologiyalari yordamida suv obyektining vaqt bo‘yicha o‘zgarishlari aniqlanib, gidrologik holat baholandi. Tadqiqot natijalari suv maydoni va hajmining mavsumiy hamda yillik o‘zgarishlarga ega ekanligini ko‘rsatdi. Aniqlangan o‘zgarishlar iqlim omillari, Amudaryo oqimi va antropogen faoliyat bilan chambarchas bog‘liqligi aniqlandi. Masofadan zondlash texnologiyalaridan foydalanish suv resurslarini monitoring qilish, ekologik xavflarni baholash hamda suv omborlarini samarali boshqarishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Ushbu tadqiqot natijalari kelajakda suv resurslarini barqaror boshqarish va gidrologik modellashtirish bo‘yicha ilmiy izlanishlar uchun muhim manba bo‘lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Jensen J.R. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. Pearson Education, 2016.
2. Lillesand T., Kiefer R. Remote Sensing and Image Interpretation. Wiley, 2015.
3. ESA Sentinel-2 User Handbook. European Space Agency, 2021.
4. McFeeters S.K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. International Journal of Remote Sensing, 1996.
5. Burrough P.A., McDonnell R.A. Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press, 2018.
6. FAO Water Resources Assessment Reports, 2022.

7. O‘zbekiston Respublikasi Suv xo‘jaligi vazirligi ma’lumotlari

UDK: 528.8:631.4

GIS VA REMOTE SENSING USULLARIDAN FOYDALANGAN HOLDA FARG‘ONA VILOYATI TUPROQ DEGRADATSIYASI TAHLILI

Burxonov Jaloliddin *- “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti geodeziya va geoinformatika ta’lim yo‘nalishi magistranti*

Annotatsiya: *Ushbu maqolada Farg‘ona viloyatida tuproq degradatsiyasi jarayonlarini geografik axborot tizimlari (GIS) va masofadan zondlash (Remote Sensing) texnologiyalari asosida tahlil qilish masalalari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqot davomida sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va raqamli kartografik ma’lumotlardan foydalanilib, yer resurslarining holati baholandi. Tuproq degradatsiyasining asosiy omillari, jumladan sho‘rlanish, eroziya va o‘simlik qoplamining kamayishi aniqlanib, ularning hududiy tarqalishi tahlil qilindi. GIS va Remote Sensing usullarining qo‘llanilishi degradatsiyaga uchragan hududlarni aniqlash, monitoring qilish hamda ekologik holatni baholashda samarali vosita ekanligi asoslandi [1]. Tadqiqot natijalari yer resurslaridan oqilona foydalanish va ekologik muammolarni kamaytirishga xizmat qiladi.*

Kalit so‘zlar: *GIS, Remote Sensing, tuproq degradatsiyasi, Farg‘ona viloyati, masofadan zondlash, yer resurslari, sho‘rlanish, eroziya, sun’iy yo‘ldosh tasvirlari, ekologik monitoring, NDVI, geoinformatsion tizim.*

Kirish: Bugungi kunda yer resurslarining degradatsiyaga uchrashi dunyo miqyosidagi ekologik muammolardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortib borishi, qishloq xo‘jaligida yer resurslaridan intensiv foydalanish, noto‘g‘ri sug‘orish tizimlari hamda antropogen omillar natijasida tuproq unumdorligi pasaymoqda. Ayniqsa, sug‘orma dehqonchilik rivojlangan hududlarda sho‘rlanish, eroziya va cho‘llanish jarayonlari tezlashib bormoqda. O‘zbekistonning Farg‘ona viloyati ham aholi zich joylashgan va qishloq xo‘jaligi keng rivojlangan hududlardan biri bo‘lib, bu yerda yer degradatsiyasi dolzarb ekologik muammo hisoblanadi. An’anaviy monitoring usullari katta vaqt va mablag‘ talab qilishi sababli zamonaviy GIS (Geographic Information Systems) va Remote Sensing texnologiyalaridan foydalanish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Ushbu texnologiyalar yordamida katta hududlarni qisqa vaqt ichida tahlil qilish, degradatsiyaga uchragan maydonlarni aniqlash hamda ekologik holatni baholash imkoniyati yaratiladi [3]. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari orqali o‘simlik qoplami, tuproq namligi va yer yuzasidagi o‘zgarishlarni monitoring qilish mumkin. Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi Farg‘ona viloyatida tuproq degradatsiyasi jarayonlarini GIS va Remote Sensing texnologiyalari yordamida tahlil qilish, degradatsiya omillarini aniqlash hamda ularning hududiy tarqalishini baholashdan iborat.

Tadqiqot metodologiyasi: Tadqiqot davomida geografik axborot tizimlari va masofadan zondlash usullaridan foydalanildi. Asosiy ma’lumot manbalari sifatida Landsat 8 va Sentinel-2 sun’iy yo‘ldosh tasvirlari qo‘llanildi [6;7]. Ushbu tasvirlar

yordamida Farg‘ona viloyatining yer qoplami holati va vegetatsiya darajasi tahlil qilindi. Tadqiqotning dastlabki bosqichida sun’iy yo‘ldosh tasvirlariga dastlabki ishlov berildi. Bunda atmosferik xatoliklarni kamaytirish, tasvirlarni georeferensiyalash va kerakli hududlarni ajratib olish ishlari amalga oshirildi. Keyingi bosqichda NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) indeksi hisoblandi. Ushbu indeks o‘simlik qoplamining holatini aniqlashda muhim ko‘rsatkich hisoblanadi [2].

NDVI formulasi quyidagicha ifodalanadi:

NDVI=(NIR-RED)/(NIR+RED)

Bu yerda:

NIR — yaqin infraqizil diapazon,

RED — qizil diapazon qiymati.

NDVI qiymatlarining past bo‘lishi tuproq degradatsiyasi yoki o‘simlik qoplamining kamayganligini ko‘rsatadi. GIS dasturlari yordamida degradatsiyaga uchragan hududlarning elektron xaritalari yaratildi. Shuningdek, tuproq sho‘rlanishi, eroziya va vegetatsiya qoplamining kamayishi kabi omillar hududiy jihatdan tahlil qilindi. Statistik tahlil usullari yordamida turli yillardagi o‘zgarishlar taqqoslandi.

Natijalar: Tadqiqot natijalariga ko‘ra, Farg‘ona viloyatining ayrim hududlarida tuproq degradatsiyasi darajasi yuqori ekanligi aniqlandi. Ayniqsa, sug‘orma dehqonchilik kuchli rivojlangan hududlarda sho‘rlanish jarayonlari keng tarqalganligi kuzatildi. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida olingan NDVI indekslari ayrim maydonlarda vegetatsiya qoplamining sezilarli kamayganligini ko‘rsatdi. Tahlillar natijasida viloyatning markaziy va janubiy hududlarida degradatsiya darajasi nisbatan yuqori ekanligi aniqlandi. Bunga asosiy sabab sifatida suv resurslaridan noto‘g‘ri foydalanish, drenaj tizimlarining yetarli darajada ishlamasligi va qishloq xo‘jaligi yerlarining ortiqcha ekspluatatsiyasi ko‘rsatildi [4]. GIS texnologiyalari yordamida degradatsiya darajasi bo‘yicha hududlar quyidagi guruhlarga ajratildi:

—past degradatsiya gauchragan hududlar;

— o‘rta degradatsiyaga uchragan hududlar;

— kuchli degradatsiyaga uchragan hududlar.

Natijalarga ko‘ra, vegetatsiya qoplami kamaygan hududlarda eroziya va sho‘rlanish jarayonlari tezroq rivojlanishi aniqlandi. Shu bilan birga, ayrim hududlarda meliorativ tadbirlarning amalga oshirilishi natijasida degradatsiya darajasi kamaygani kuzatildi.

Muhokama: Olingan natijalar Farg‘ona viloyatida tuproq degradatsiyasi ekologik va iqtisodiy jihatdan jiddiy muammo ekanligini ko‘rsatadi. Ayniqsa, sug‘orma dehqonchilik hududlarida sho‘rlanishning kuchayishi qishloq xo‘jaligi hosildorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Bu holat oziq-ovqat xavfsizligi va ekologik barqarorlikka tahdid soladi. GIS va Remote Sensing texnologiyalarining afzalligi shundaki, ular katta hududlarni tezkor va aniq monitoring qilish imkonini beradi. An’anaviy dala kuzatuvlari bilan solishtirganda ushbu texnologiyalar vaqt va iqtisodiy xarajatlarni kamaytiradi [1;3]. Ayniqsa, NDVI indeksidan foydalanish vegetatsiya holatini baholashda samarali natijalar berdi. Shuningdek, tadqiqot davomida ayrim cheklovlar ham kuzatildi. Bulutlilik darajasi yuqori bo‘lgan tasvirlarda ma’lumotlarning aniqligi pasaydi. Bundan tashqari, ayrim degradatsiya jarayonlarini aniqlash uchun qo‘shimcha dala tadqiqotlari talab qilinadi. Kelgusida yuqori aniqlikdagi sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va

sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish degradatsiya monitoringi samaradorligini yanada oshirishi mumkin.

Xulosa: Mazkur tadqiqotda GIS va Remote Sensing texnologiyalari yordamida Farg‘ona viloyatida tuproq degradatsiyasi jarayonlari tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari viloyat hududida sho‘rlanish, eroziya va vegetatsiya qoplamining kamayishi kabi degradatsiya jarayonlari mavjudligini ko‘rsatdi. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va NDVI indekslari yordamida degradatsiyaga uchragan hududlar aniqlandi hamda ularning hududiy tarqalishi baholandi. GIS texnologiyalari esa elektron xaritalar yaratish va ekologik monitoring olib borishda samarali vosita sifatida namoyon bo‘ldi. Tadqiqot natijalari yer resurslaridan oqilona foydalanish, degradatsiyani kamaytirish va ekologik barqarorlikni ta’minlashda muhim ahamiyatga ega. Kelgusida masofadan zondlash texnologiyalarini keng qo‘llash orqali tuproq monitoringi tizimini yanada takomillashtirish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Lillesand T., Kiefer R. Remote Sensing and Image Interpretation. Wiley, 2015.
2. Jensen J. Remote Sensing of the Environment. Pearson Education, 2016.
3. Burrough P., McDonnell R. Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press, 2018.
4. FAO. Status of the World’s Soil Resources. Rome, 2019.
5. O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish davlat qo‘mitasi ma’lumotlari.
6. Landsat 8 Satellite Data User Handbook. USGS, 2020.
7. Sentinel-2 User Guide. European Space Agency (ESA), 2021.

UDK: 528.8:504.06:551.4

QORAQALPOG‘ISTON RESPUBLIKASI VA XORAZM VILOYATIDA SUV OBYEKTLARI HAMDA VEGETATSIYA QOPLAMINING 1990–2025-YILLARDAGI O‘ZGARISHINI NDWI VA NDVI INDEKSLARI ASOSIDA BAHOLASH

Abdurahmonov Z.Z. *- “TIQXMMI” MTU, “Davlat kadastrlari” kafedrasi assisenti*

Orinbaev Q.A. *- “TIQXMMI” MTU, “Kadastr (faoliyat turlari bo‘yicha)” yo‘nalish talabasi*

Egamberdiev R.R. *- “TIQXMMI” MTU, "Tuproqshunoslik va dehqonchilik" kafedrasi dosenti*

Annotatsiya. *Katta hajmdagi raster ma’lumotlar, klassifikatsiya natijalari va fazoviy tahlillar o‘zaro integratsiya qilinib, hududning ekologik holati kompleks ravishda baholandi. Olingan natijalar suv resurslari qisqarishi vegetatsiya qoplami va yer degradatsiyasi jarayonlariga bevosita ta’sir ko‘rsatishini tasdiqladi. Mazkur tadqiqot natijalari Orolbo‘yi hududida ekologik monitoring olib borish, suv resurslarini boshqarish, degradatsiyaga uchragan hududlarni aniqlash hamda qishloq xo‘jaligi yerlaridan samarali foydalanishni*

rejalashtirishda muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: *NDWI, NDVI, masofadan zondlash, Orolbo‘yi, suv obyektlari, vegetatsiya qoplami, ekologik monitoring.*

Abstract. *Large volumes of raster data, classification results, and spatial analyses were integrated to comprehensively assess the ecological condition of the region. The obtained results confirmed that the reduction of water resources directly affects vegetation cover and land degradation processes. The findings of this study serve as an important scientific basis for conducting ecological monitoring in the Aral Sea region, managing water resources, identifying degraded areas, and planning the efficient use of agricultural lands.*

Keywords: *NDWI, NDVI, remote sensing, Aral Sea region, water bodies, vegetation cover, ecological monitoring.*

Аннотация. *Большие объемы растровых данных, результаты классификации и пространственного анализа были интегрированы для комплексной оценки экологического состояния территории. Полученные результаты подтвердили, что сокращение водных ресурсов напрямую влияет на растительный покров и процессы деградации земель. Результаты данного исследования служат важной научной основой для проведения экологического мониторинга в Приаралье, управления водными ресурсами, выявления деградированных территорий, а также планирования эффективного использования сельскохозяйственных земель.*

Ключевые слова: *NDWI, NDVI, дистанционное зондирование, Приаралье, водные объекты, растительный покров, экологический мониторинг.*

Kirish

So‘nggi yillarda global iqlim o‘zgarishi, suv resurslari tanqisligi va antropogen ta’sirlarning kuchayishi natijasida dunyoning ko‘plab hududlarida ekologik muammolar keskinlashib bormoqda. Ayniqsa, Markaziy Osiyo hududida joylashgan Orolbo‘yi mintaqasi ekologik inqiroz eng kuchli namoyon bo‘layotgan hududlardan biri hisoblanadi. Orol dengizi suv sathining keskin pasayishi natijasida hududda cho‘llanish, tuproq sho‘rlanishi, vegetatsiya qoplamining degradatsiyasi hamda suv resurslari tanqisligi kuchaygan. Ushbu jarayonlar ekologik barqarorlikka, qishloq xo‘jaligiga va aholi turmush darajasiga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda [1].

Mazkur tadqiqotda Qoraqalpog‘iston Respublikasi va Xorazm viloyati hududida 1990–2025-yillar oralig‘ida suv obyektlari, vegetatsiya qoplami hamda yer yuzasi holatida yuz bergan ekologik o‘zgarishlar masofadan zondlash ma’lumotlari asosida tahlil qilindi. Tadqiqot davomida Landsat sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida NDWI (Normalized Difference Water Index) va NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) indekslari hisoblandi hamda hududning uzoq yillik ekologik dinamikasi baholandi.

NDWI natijalari 1990–2025-yillar davomida suv obyektlari maydonining keskin qisqarganini ko‘rsatdi. Ayniqsa, Orol dengizining janubiy qismida suv maydonlarining kamayishi natijasida katta hududlar quruqlikka aylangani aniqlandi. NDVI tahlillari esa vegetatsiya qoplami va yer yuzasi sinflarida sezilarli fazoviy o‘zgarishlar yuz berganini ko‘rsatdi.

Ochiq tuproq, qumloq va degradatsiyaga uchragan hududlar maydoni ortib borganligi qayd etildi. Shu bilan birga, ayrim sug‘oriladigan hududlarda vegetatsiya faolligi nisbatan saqlanib qolganligi kuzatildi.

Qoraqalpog‘iston Respublikasi va Xorazm viloyati Orolbo‘yi hududining eng muhim qismlaridan biri bo‘lib, Amudaryo quyi oqimi bilan chambarchas bog‘liq hisoblanadi. Ushbu hududlarda sug‘orma dehqonchilik iqtisodiyotning asosiy tarmoqlaridan biri sanaladi. Shu sababli suv resurslaridagi har qanday o‘zgarish hududning ekologik va iqtisodiy holatiga bevosita ta’sir qiladi. Orol dengizining qisqarishi natijasida yuzaga kelgan ekologik o‘zgarishlar natijasida ochiq va degradatsiyaga uchragan yerlar maydoni ortib, tabiiy vegetatsiya qoplami qisqarib bormoqda.

Hududdagi ekologik o‘zgarishlarni uzoq muddatli monitoring qilishda masofadan zondlash texnologiyalari muhim ahamiyatga ega. Sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari katta hududlarni qisqa vaqt ichida tahlil qilish, ekologik jarayonlarning vaqt bo‘yicha dinamikasini baholash hamda degradatsiyaga uchragan hududlarni aniqlash imkonini beradi. Ayniqsa, NDWI (Normalized Difference Water Index) va NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) indekslari suv obyektlari va vegetatsiya qoplamini baholashda keng qo‘llaniladigan samarali usullardan hisoblanadi [2].

NDWI indeksi suv obyektlarini ajratishda yuqori aniqlikka ega bo‘lib, suv maydonlarining vaqt davomida qanday o‘zgarganini aniqlash imkonini beradi [3]. NDVI indeksi esa vegetatsiya qoplamining holatini, biomassa faolligini va yer yuzasi degradatsiyasini baholashda keng qo‘llaniladi [4]. Ushbu indekslarni birgalikda qo‘llash hududdagi suv resurslari, vegetatsiya qoplami va yer degradatsiyasi jarayonlarini kompleks tahlil qilish imkonini beradi.

Mazkur tadqiqotning dolzarbligi Orolbo‘yi hududida suv resurslari va vegetatsiya qoplami o‘rtasidagi bog‘liqlikni uzoq muddatli masofadan zondlash ma’lumotlari asosida baholash zarurati bilan izohlanadi. Tadqiqot davomida 1990–2025-yillarga oid Landsat tasvirlari asosida NDWI va NDVI indekslari hisoblanib, hududdagi ekologik o‘zgarishlarning fazoviy dinamikasi tahlil qilindi.

Tadqiqotning maqsadi — Qoraqalpog‘iston Respublikasi va Xorazm viloyati hududida 1990–2025-yillar oralig‘ida suv obyektlari va vegetatsiya qoplami o‘zgarishini NDWI hamda NDVI indekslari asosida baholashdan iborat.

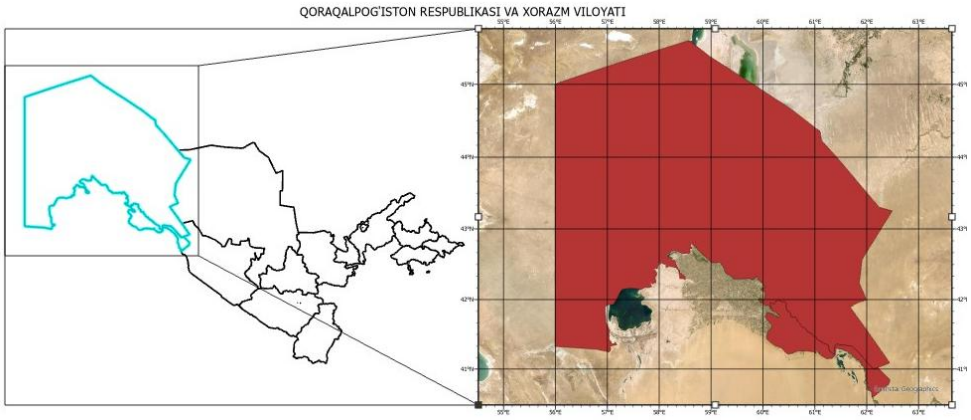
Tadqiqotning asosiy vazifalari quyidagilardan iborat:

- tadqiqot hududiga oid masofadan zondlash ma’lumotlarini yig‘ish va qayta ishlash;
- NDWI indeksi asosida suv obyektlari maydonining o‘zgarishini aniqlash;
- NDVI indeksi yordamida vegetatsiya va yer qoplami sinflarini tahlil qilish;
- uzoq yillik ekologik o‘zgarishlarning fazoviy dinamikasini baholash;
- olingan natijalarni hududning ekologik holati bilan bog‘liq holda ilmiy tahlil qilish.

Mazkur tadqiqot natijalari Orolbo‘yi hududida ekologik monitoring tizimini takomillashtirish, suv resurslarini boshqarish hamda degradatsiyaga uchragan hududlarni aniqlashda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi.

Tadqiqot hududi. Tadqiqot hududi sifatida Qoraqalpog‘iston Respublikasi va Xorazm viloyati tanlandi. Ushbu hududlar O‘zbekiston Respublikasining shimoli-g‘arbiy qismida joylashgan bo‘lib, Amudaryo daryosining quyi oqimi hamda Orol dengizi havzasi bilan chambarchas bog‘liq hisoblanadi. Hudud ekologik jihatdan Markaziy Osiyodagi eng murakkab va ekologik xavf yuqori bo‘lgan mintaqalardan biri sifatida tavsiflanadi.

Qoraqalpog‘iston Respublikasi O‘zbekiston hududining eng katta ma’muriy birligi bo‘lib, umumiy maydoni taxminan 166 ming km² ni tashkil etadi. Hududning katta qismi cho‘l va yarim cho‘l landshaftlaridan iborat bo‘lib, Ustyurt platosi, Qizilqum cho‘lining ayrim qismlari hamda Orol dengizining qurigan tubi bilan chegaradosh hisoblanadi. Respublikada iqlim keskin kontinental bo‘lib, yoz oylarida havo harorati juda yuqori, yog‘in miqdori esa kam kuzatiladi. Shu sababli suv resurslari hududning ekologik va iqtisodiy rivojlanishida asosiy omillardan biri hisoblanadi. Xorazm viloyati esa Amudaryo quyi oqimida joylashgan bo‘lib, sug‘orma dehqonchilikka ixtisoslashgan hudud hisoblanadi. Viloyatning iqtisodiyoti asosan qishloq xo‘jaligi bilan bog‘liq bo‘lib, paxtachilik, g‘allachilik va bog‘dorchilik asosiy tarmoqlar sanaladi. Sug‘orish tizimlarining mavjudligi hududda vegetatsiya qoplami shakllanishida muhim rol o‘ynaydi. Shu bilan birga, suv resurslarining kamayishi va tuproq sho‘rlanishi viloyatda ekologik muammolarning kuchayishiga sabab bo‘lmoqda (1-rasm).



1-rasm. Tadqiqot hududining geografik joylashuvi

Tadqiqot hududi ekologik jihatdan Orol dengizi inqirozining bevosita ta’sirida shakllangan hududlardan biridir. XX asrning ikkinchi yarmidan boshlab Amudaryo va Sirdaryo suvlarining katta qismi sug‘orish tizimlariga yo‘naltirilishi natijasida Orol dengizi suv sathi keskin pasaygan [5]. Natijada dengiz akvatoriyasining katta qismi quruqlikka aylangan va yangi cho‘l hududlari shakllangan. Ushbu jarayon hududda chang-tuz bo‘ronlari, tuproq degradatsiyasi, biologik xilma-xillikning kamayishi va vegetatsiya qoplamining o‘zgarishiga olib kelgan.

Hududning tabiiy-geografik sharoiti vegetatsiya qoplamining notekis shakllanishiga sabab bo‘ladi. Amudaryo deltasi va sug‘oriladigan hududlarda vegetatsiya nisbatan yaxshi rivojlangan bo‘lsa, cho‘l hududlarida siyrak o‘simlik qoplami ustunlik qiladi. Shu sababli NDVI indekslari yordamida vegetatsiya holatini baholash hududning ekologik barqarorligini aniqlashda muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Tadqiqot hududida suv obyektlari, vegetatsiya qoplami va ochiq yer yuzasi sinflarining uzoq yillik o‘zgarishini baholash uchun 1990, 2000, 2010, 2020 va 2025-yillarga oid sun’iy yo‘ldosh tasvirlari tahlil qilindi. Hududning ekologik holatini kompleks baholash maqsadida NDWI va NDVI indekslari asosida fazoviy tahlillar amalga oshirildi.

Mazkur hududning tanlanishi Orolbo‘yi mintaqasida suv resurslari, yer degradatsiyasi va vegetatsiya qoplami o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni aniqlash hamda uzoq muddatli ekologik monitoring olib borish zarurati bilan izohlanadi.

Materiallar va metodlar. Mazkur tadqiqotda Qoraqalpog‘iston Respublikasi va Xorazm viloyati hududida 1990–2025-yillar oralig‘ida suv obyektlari hamda vegetatsiya qoplami o‘zgarishini aniqlash maqsadida masofadan zondlash ma’lumotlari va geoinformatsion tahlil usullaridan foydalanildi. Tadqiqot davomida uzoq yillik sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida NDWI va NDVI indekslari hisoblanib, hududdagi ekologik jarayonlarning fazoviy dinamikasi baholandi.

Tadqiqotning asosiy ma’lumot manbai sifatida Landsat turkumiga mansub sun’iy yo‘ldosh tasvirlari tanlandi. Jumladan, 1990, 2000, 2010, 2020 va 2025-yillarga oid Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI hamda Landsat 9 OLI/TIRS ma’lumotlaridan foydalanildi. Ushbu ma’lumotlar USGS Earth Explorer platformasi orqali olindi. Landsat tasvirlari 30 metr fazoviy aniqlikka ega bo‘lib, uzoq muddatli ekologik monitoring uchun qulay hisoblanadi [6].

Tadqiqot davomida barcha raster ma’lumotlar bir xil koordinata tizimiga keltirildi va yagona tadqiqot hududi chegarasi asosida clip qilindi. Bu esa turli yillarga oid ma’lumotlarni o‘zaro taqqoslash imkonini berdi. Rasterlarni qayta ishlash va fazoviy tahlillar ArcGIS dasturi yordamida amalga oshirildi [7].

Suv obyektlarini aniqlash maqsadida NDWI (Normalized Difference Water Index) indeksi hisoblandi. Ushbu indeks suv yuzalarini boshqa yer qoplami sinflaridan ajratishda yuqori samaradorlikka ega hisoblanadi. NDWI quyidagi formula asosida aniqlandi:

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR}$$

Bu yerda:

- **Green** — yashil spektral kanal;
- **NIR** — yaqin infraqizil kanal.

NDWI qiymati musbat bo‘lgan hududlar asosan suv obyektlari sifatida tasniflandi. Ushbu indeks yordamida 1990 va 2025-yillardagi suv maydonlari o‘zaro taqqoslandi hamda suv obyektlari dinamikasi baholandi.

Vegetatsiya qoplami va yer yuzasi holatini aniqlash uchun NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) indeksi hisoblandi. NDVI vegetatsiya faolligi va biomassa miqdorini baholashda keng qo‘llaniladi. Indeks quyidagi formula asosida hisoblandi:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Bu yerda:

- **NIR** — yaqin infraqizil kanal;
- **Red** — qizil spektral kanal.

NDVI natijalari asosida hudud quyidagi sinflarga ajratildi:

- suv obyektlari;
- ochiq tuproq, qumloq va sho‘rlanishga moyil yerlar;
- kam vegetatsiya;
- o‘rtacha vegetatsiya;
- yuqori vegetatsiya.

Har bir sinf bo‘yicha piksel soni hisoblanib, gektarga aylantirildi. Maydonni hisoblash quyidagi formula orqali amalga oshirildi:

$$A = N \times S_p$$

Bu yerda:

- **A** — sinf maydoni (ga);
- **N** — piksel soni;
- **S_p** — bitta piksel maydoni.

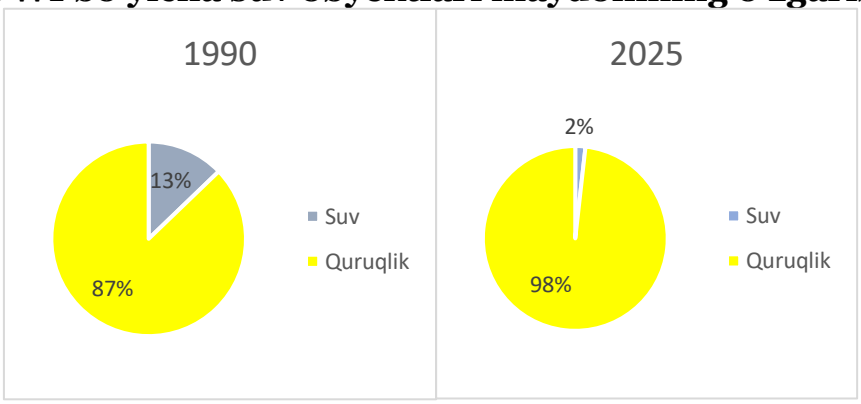
Landsat tasvirlarida bir piksel o‘lchami 30 × 30 metr bo‘lgani sababli, bitta piksel maydoni 900 m² yoki 0,09 gektarni tashkil etadi.

Tadqiqot davomida katta hajmdagi raster qatlamlar, spektral indekslar va klassifikatsiya natijalari o‘zaro integratsiya qilinib, hududning ekologik holati kompleks ravishda tahlil qilindi. Olingan natijalar statistik usullar, diagrammalar va tematik xaritalar yordamida baholandi.

Shuningdek, NDWI va NDVI natijalari Qoraqalpog‘iston Respublikasi yer fondi statistikasi bilan solishtirilib, suv resurslari, vegetatsiya qoplami va yer foydalanish tizimi o‘rtasidagi bog‘liqlik tahlil qilindi. Ushbu metodik yondashuv uzoq muddatli ekologik monitoring olib borish va degradatsiyaga uchragan hududlarni aniqlashda samarali usul sifatida baholandi.

NATIJALAR

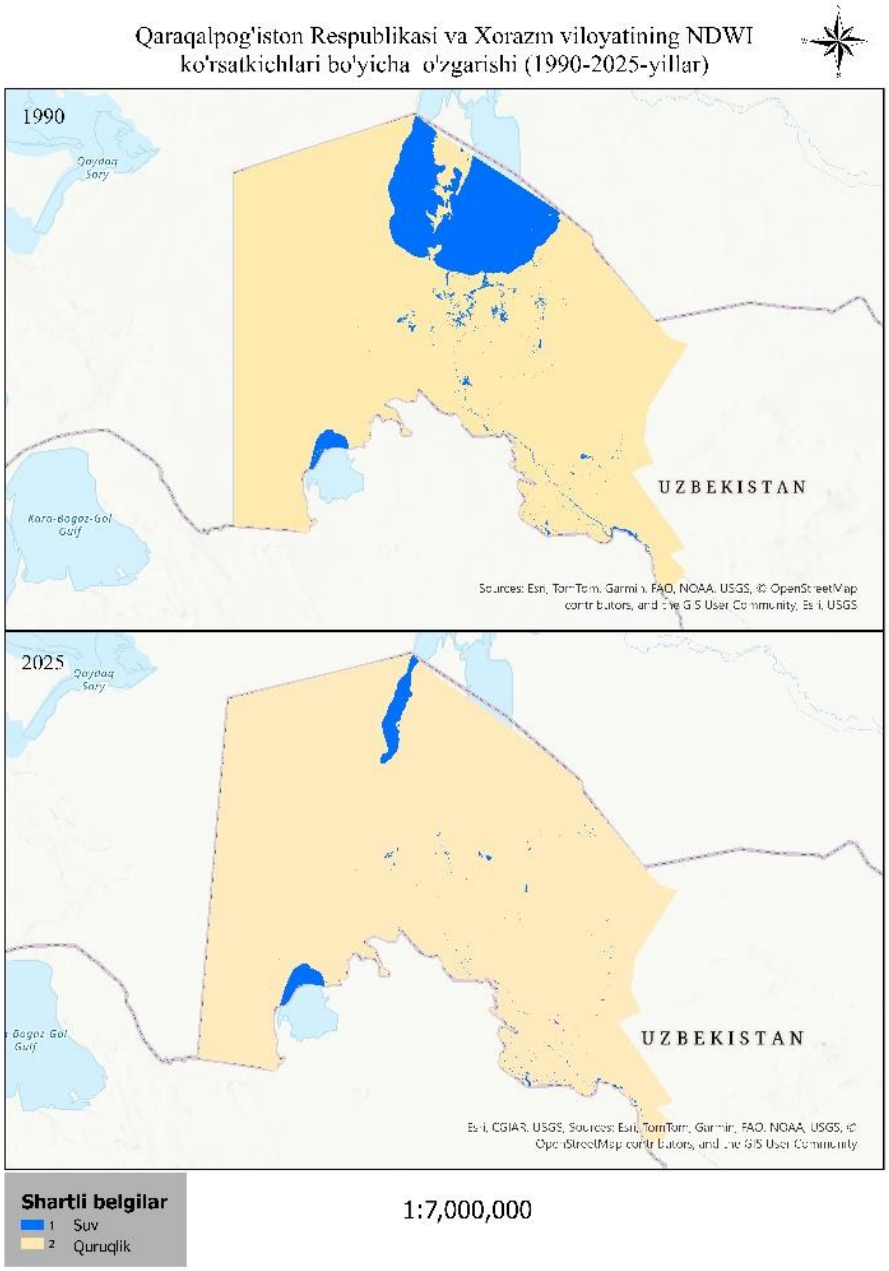
NDWI bo‘yicha suv obyektlari maydonining o‘zgarishi



2-rasm. 1990 va 2025-yillarda suv va quruqlik maydonlari ulushining o‘zgarishi

2-rasmda 1990 va 2025-yillarda suv hamda quruqlik maydonlari ulushining o‘zgarishi aks ettirilgan. Diagramma natijalariga ko‘ra, suv obyektlari maydoni keskin qisqargan bo‘lsa, quruqlik maydonlari ulushi ortganligi kuzatiladi.

NDWI indekslari asosida tayyorlangan xaritalar Qoraqalpog‘iston Respublikasi va Xorazm viloyati hududida 1990–2025-yillar davomida suv obyektlari maydonida keskin o‘zgarishlar yuz berganini ko‘rsatdi. Ayniqsa, Orol dengizining janubiy qismi va Amudaryo deltasi hududlarida suv maydonlarining qisqarishi yaqqol kuzatildi.



3-rasm. Qoraqalpog‘iston Respublikasi va Xorazm viloyatida NDWI indeksi asosida suv obyektlari maydonining o‘zgarishi (1990 va 2025-yillar)

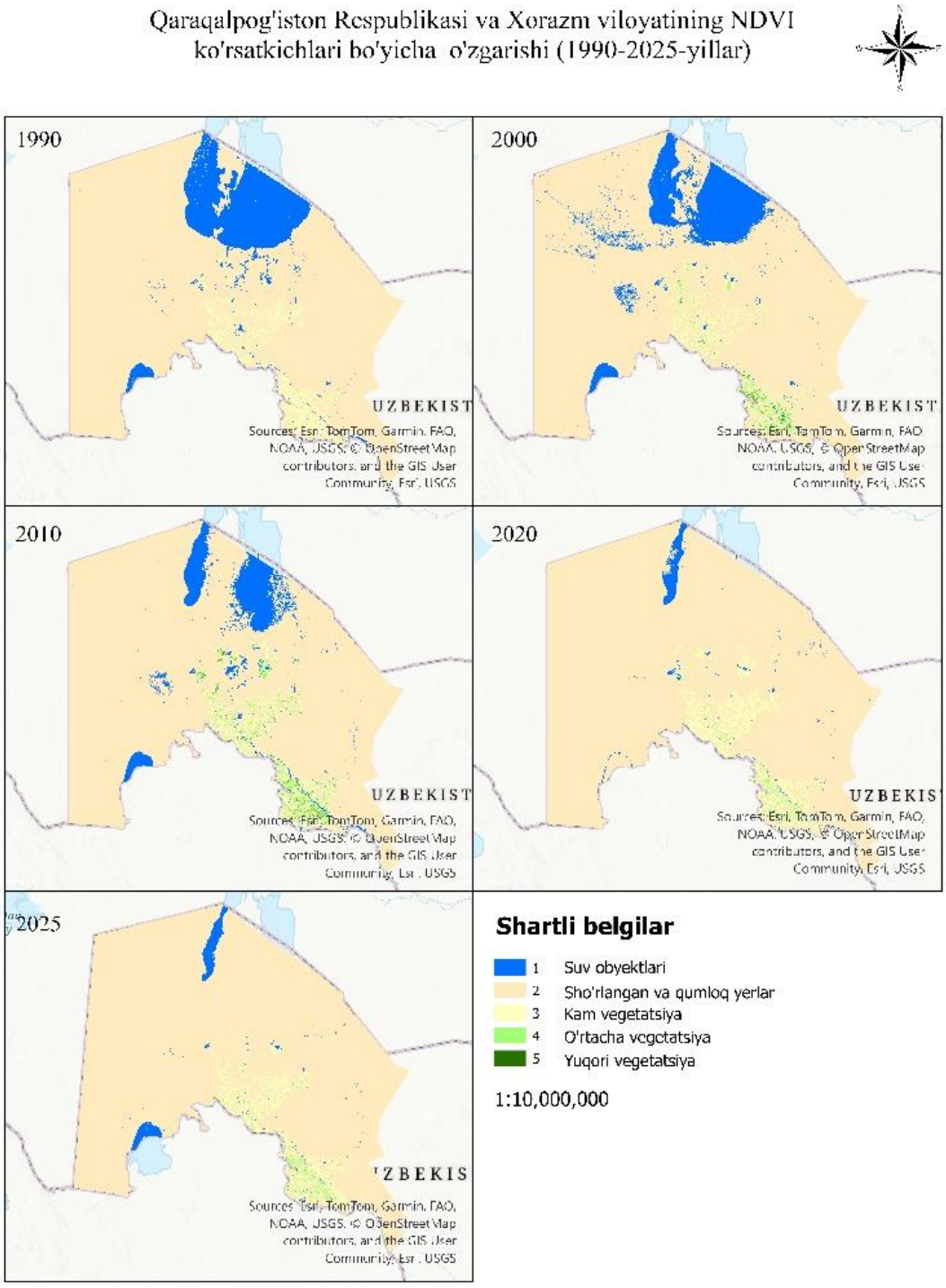
Mazkur xaritamizda 1990-yildagi suv obyektlari hududning katta qismini egallagan bo‘lsa, 2025-yilga kelib suv maydonlari sezilarli darajada kamayganligi aniqlandi. NDWI natijalari asosida suv yuzalari qisqarishi natijasida yangi quruq hududlar shakllangani kuzatildi. Ayniqsa, Orol dengizi akvatoriyasining katta qismi quruqlikka aylanganligi xaritalarda aniq aks etgan.

Tahlil natijalari Amudaryo suv oqimining kamayishi va sug‘orish tizimlarida suvdan intensiv foydalanish Orolbo‘yi hududida suv obyektlari dinamikasiga bevosita ta’sir ko‘rsatganini tasdiqlaydi. Suv maydonlarining qisqarishi natijasida ekologik barqarorlik buzilib, tuproq sho‘rlanishi hamda cho‘llanish jarayonlari kuchaygan. NDWI xaritalari ekologik monitoring nuqtai nazaridan hududdagi suv resurslari holatini tezkor va aniq baholash imkonini berdi. Olingan natijalar suv obyektlari maydoni uzoq yillar

davomida izchil qisqarib borganini ko‘rsatdi (3-rasm).

NDVI bo‘yicha vegetatsiya va yer qoplami sinflarining o‘zgarishi

NDVI indekslari asosida olingan natijalar hududda vegetatsiya qoplami va yer yuzasi holatida sezilarli fazoviy o‘zgarishlar yuz berganini ko‘rsatdi. Tahlil davomida hudud suv obyektlari, ochiq tuproq va qumloq hududlar, kam vegetatsiya, o‘rtacha vegetatsiya hamda yuqori vegetatsiya sinflariga ajratildi (4-rasm).



4-rasm. Qoraqalpog‘iston Respublikasi va Xorazm viloyatida NDVI indeksi asosida vegetatsiya qoplami va yer sinflarining o‘zgarishi (1990–2025-yillar)

1990-yil xaritasida suv obyektlari va vegetatsiya bilan qoplangan hududlar ulushi nisbatan yuqori bo‘lgan. Ayniqsa, Amudaryo deltasi va sug‘oriladigan hududlarda vegetatsiya faolligi yaxshi rivojlanganligi kuzatilgan. Keyingi yillarda esa suv obyektlari qisqarishi bilan birga ochiq tuproq va degradatsiyaga uchragan hududlar maydoni ortib borgan.

2000 va 2010-yillarda ayrim sug‘oriladigan hududlarda vegetatsiya qoplami nisbatan saqlanib qolgan bo‘lsa-da, 2020 va 2025-yillarga kelib quruq va o‘simliksiz hududlarning kengayishi kuzatildi. Bu holat suv resurslari taqchilligi va ekologik degradatsiya jarayonlarining kuchayishi bilan izohlanadi.

NDVI natijalari shuni ko‘rsatdiki, vegetatsiya qoplami hududiy jihatdan notekis shakllangan. Sug‘oriladigan hududlarda vegetatsiya ko‘rsatkichlari yuqori bo‘lsa, Orol dengizining qurigan qismlarida va cho‘l hududlarida vegetatsiya juda past darajada ekanligi aniqlandi.

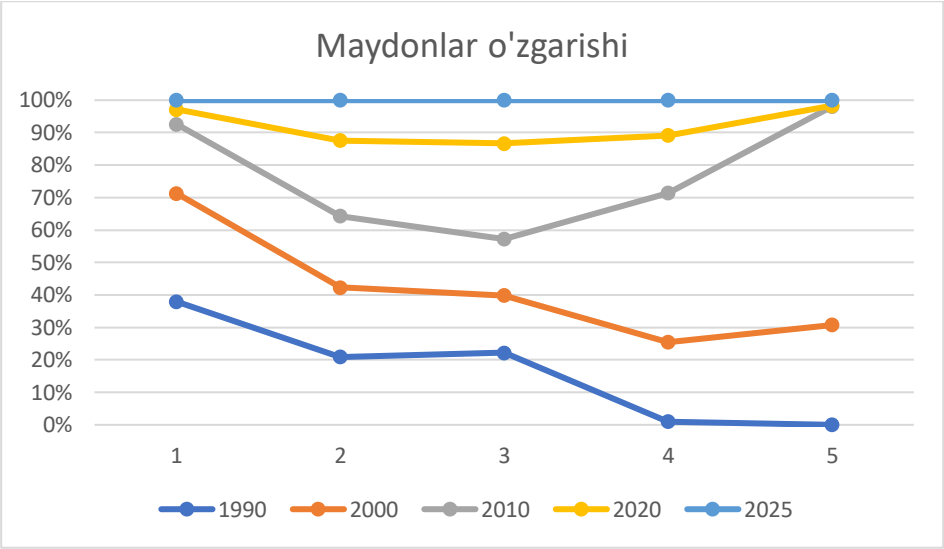
Vegetatsiya qoplamining qisqarishi hududning ekologik holatiga salbiy ta’sir ko‘rsatib, tuproq eroziyasi, chang-tuz bo‘ronlari va biologik xilma-xillikning kamayishiga olib kelmoqda.

1-jadval

1990–2025-yillarda NDVI sinflari bo‘yicha maydonlar o‘zgarishi

Sinfi		**Maydoni, ga**				
		1990	**2000**	**2010**	**2020**	**2025**
1	Suv	4160191.14	3656063.61	2334422.52	494035.11	311531.4
2	Ochiq yer	27032158.98	27465429.06	28459041.84	30004513.65	15956321.4
3	Kam vegetatsiya	1430785.8	1138104.36	1118232.09	1900608.75	855125.55
4	O’rtacha vegetatsiya	13770.72	327302.91	616432.59	237367.53	145249.74
5	Yuqori vegetatsiya	1.08	49346.55	108071.82	448.29	2690.55

Tahlil natijalari hududda yer qoplami va vegetatsiya sinflarining vaqt davomida sezilarli darajada o‘zgarganini ko‘rsatdi (1-jadval). Grafik ma’lumotlariga ko‘ra, 1990-yildan keyingi davrlarda ayrim sinflar bo‘yicha ko‘rsatkichlar pasayish tendensiyasini namoyon qilgan. Ayniqsa, 2000 va 2010-yillarda vegetatsiya faolligi kamaygani kuzatilgan bo‘lsa, 2020 va 2025-yillarga kelib ayrim hududlarda ko‘rsatkichlarning nisbatan tiklangani qayd etildi (5-rasm).



5-rasm. 1990–2025-yillarda yer qoplami va vegetatsiya sinflari ko‘rsatkichlarining o‘zgarish dinamikasi

Grafikdagi o‘zgarishlar hududda suv resurslari, sug‘orish tizimlari va ekologik sharoitning vegetatsiya qoplamiga bevosita ta’sir ko‘rsatishini tasdiqlaydi. Suv ta’minoti yaxshi bo‘lgan hududlarda vegetatsiya ko‘rsatkichlari yuqori saqlangan bo‘lsa, quruq va degradatsiyaga uchragan hududlarda pasayish kuzatilgan.

Shuningdek, grafik natijalari Orolbo‘yi hududida ekologik jarayonlar bir xil kechmaganini, ayrim yillarda antropogen va tabiiy omillar ta’sirida vegetatsiya holatida keskin o‘zgarishlar yuz berganini ko‘rsatadi.

Muhokama. Tadqiqot natijalari Orolbo‘yi hududida suv resurslari va vegetatsiya qoplami o‘rtasida kuchli bog‘liqlik mavjudligini ko‘rsatdi. NDWI indekslari asosida aniqlangan suv obyektlari maydonining qisqarishi NDVI natijalarida ham o‘z aksini topdi. Ya’ni, suv resurslarining kamayishi vegetatsiya qoplami degradatsiyasiga va ochiq quruq hududlarning kengayishiga olib kelgan.

Hududda suv obyektlari maydonining qisqarishi Amudaryo suv resurslaridan uzoq yillar davomida intensiv foydalanish, iqlim o‘zgarishi va Orol dengizining qurishi bilan bog‘liq. Ayniqsa, sug‘orish tizimlariga suvning katta hajmda yo‘naltirilishi natijasida Orol dengiziga quyiladigan suv hajmi kamaygan. Bu esa dengiz akvatoriyasining qisqarishiga sabab bo‘lgan.

NDVI natijalari hududdagi vegetatsiya qoplami suv resurslariga bevosita bog‘liq ekanligini tasdiqladi. Sug‘oriladigan hududlarda vegetatsiya nisbatan saqlanib qolgan bo‘lsa, suv ta’minoti cheklangan hududlarda ochiq tuproq va degradatsiyaga uchragan yerlar ulushi ortgan. Bu jarayon ekologik quruqlashish va cho‘llanishning kuchayganini ko‘rsatadi.

Qoraqalpog‘iston Respublikasi yer fondi statistikasi bilan olib borilgan solishtirma tahlillar qishloq xo‘jaligi yerlari maydoni saqlanib qolgan bo‘lsa ham, sug‘oriladigan yerlar maydonida katta o‘sish kuzatilmaganini ko‘rsatdi. Bu holat hududda suv resurslari qishloq xo‘jaligi rivojlanishini cheklovchi asosiy omillardan biri ekanligini bildiradi.

Tadqiqot davomida katta hajmdagi raster ma’lumotlar, klassifikatsiya natijalari va spektral indekslar tahlil qilindi. Uzoq muddatli masofadan zondlash ma’lumotlari asosida olib borilgan monitoring ekologik o‘zgarishlarning fazoviy

dinamikasini aniqlash imkonini berdi. Bu esa masofadan zondlash texnologiyalarining ekologik monitoringdagi ahamiyati yuqori ekanligini tasdiqlaydi.

Shuningdek, tadqiqot natijalari Orolbo‘yi hududida suv resurslarini boshqarish, degradatsiyaga uchragan hududlarni aniqlash va ekologik xavfli zonalarni monitoring qilishda NDWI va NDVI indekslarini kompleks qo‘llash samarali metodik yondashuv ekanligini ko‘rsatdi.

Xulosa. Mazkur tadqiqotda Qoraqalpog‘iston Respublikasi va Xorazm viloyatida 1990–2025-yillar oralig‘ida suv obyektlari va vegetatsiya qoplami o‘zgarishlari NDWI hamda NDVI indekslari asosida tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari hududda sezilarli ekologik o‘zgarishlar yuz berganini ko‘rsatdi.

NDWI natijalariga ko‘ra, suv obyektlari maydoni, ayniqsa Orol dengizi hududida, keskin qisqarganligi aniqlandi. NDVI tahlillari esa vegetatsiya qoplami kamayib, ochiq va degradatsiyaga uchragan yerlar maydoni ortganini ko‘rsatdi. Sug‘oriladigan hududlarda vegetatsiya nisbatan saqlanib qolgan bo‘lsa-da, suv resurslari tanqisligi ekologik quruqlashish jarayonlarini kuchaytirgani kuzatildi.

Yer fondi statistikasi bilan olib borilgan tahlillar sug‘oriladigan yerlar maydoni cheklangan holda saqlanayotganini ko‘rsatdi. Bu esa suv resurslari hududning ekologik va iqtisodiy barqarorligida muhim omil ekanligini tasdiqlaydi.

Tadqiqot natijalari NDWI va NDVI indekslarini birgalikda qo‘llash Orolbo‘yi hududida ekologik monitoring olib borishda samarali metodik yondashuv ekanligini ko‘rsatdi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Tucker C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation // *Remote Sensing of Environment*. – 1979. – Vol. 8. – P. 127–150.
2. McFeeters S.K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features // *International Journal of Remote Sensing*. – 1996. – Vol. 17(7). – P. 1425–1432.
3. Xu H. Modification of normalized difference water index (MNDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery // *International Journal of Remote Sensing*. – 2006. – Vol. 27(14). – P. 3025–3033.
4. Jensen J.R. *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. – New Jersey: Prentice Hall, 2007. – 592 p.
5. Lillesand T., Kiefer R.W., Chipman J. *Remote Sensing and Image Interpretation*. – New York: Wiley, 2015. – 736 p.
6. O‘zbekiston Respublikasi Yer resurslari, geodeziya, kartografiya va davlat kadastri ma’lumotlari. – Toshkent, 2025.
7. USGS Earth Explorer platformasi ma’lumotlari. – https://earthexplorer.usgs.gov
8. Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI va Landsat 9 OLI/TIRS sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari. – United States Geological Survey (USGS).
9. Orolbo‘yi hududining ekologik muammolari bo‘yicha statistik va ilmiy ma’lumotlar to‘plami. – Toshkent, 2024.
10. GIS va masofadan zondlash texnologiyalarini ekologik monitoringda qo‘llash bo‘yicha ilmiy maqolalar va metodik manbalar.

UDK: 314.7:004.9:528.9

ГАТ АСОСИДА АҲОЛИ МИГРАЦИЯ ЖАРАЁНЛАРИНИ ФАЗОВИЙ ТАҲЛИЛ ҚИЛИШ ВА КАРТОГРАФИК МОДЕЛЛАШ МЕТОДИКАСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ

Умурзаков Баходир Хамидович *- ТДИУ ҳузуридаги "Ўзбекистон иқтисодиётини ривожлантиришнинг илмий асослари ва муаммолари" илмий тадқиқот маркази., и.ф.д., проф.*

Абдурахмонов Сарвар Нарзуллаевич *- "ТИҚХММИ" Миллий тадқиқот университети., т.ф.д., (DSc).*

Эргашева Нигина Одилжоновна *- "ТИҚХММИ" Миллий тадқиқот университети., мустақил тадқиқотчи*

Аннотация. *Мақолада аҳоли миграция жараёнларини ГАТ асосида фазовий таҳлил қилиш ва картографик моделлаштириш методикаси ишлаб чиқилган. Миграция жараёнларини ГАТ дастурлари асосида карталарда акс эттириш аҳоли билан боғлиқ қатор амалий вазифалар ва тадқиқотларни амалга оширишга қаратилганлигидан келиб чиқиб, Республика аҳоли миграциясини таҳлил қилиш ҳамда уларнинг электрон рақамли карталарини яратишда тизимлашган технологияларга бағишланади.*

Кириш. Мамлакатларни модернизация қилиш, унинг таркиб тузилишини ислоҳ қилишда амалга оширилаётган асосли ва чуқур ўйланган сиёсат бизни инқирозлар ва бошқа таҳдидларнинг салбий таъсиридан ҳимоя қиладиган кучли тўсиқ, айтиш мумкинки, мустаҳкам ва ишончли ҳимоя воситасини яратди. Албатта, бунда ҳар қандай жамият бойлигининг манбаи, инсоният томонидан моддий ва маънавий бойлик яратишнинг асосий омили меҳнатнинг ўрни катта. Шунингдек, миграцияни ўрганиш, таҳлил қилиш бугунги картографик тадқиқотларнинг олиб борилиши энг муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Бугунги шароитида аҳоли меҳнат миграцияси илмий тадқиқотларнинг долзарб ва шу ўринда қизиқарли бўлган йўналишларидан биридир. Умумий миграция жараёнлари таркибида меҳнат миграцияси тобаро энг катта роль ўйнамоқда. "Меҳнат миграцияси ёки аҳолининг иш қидириш мақсадидаги механик ҳаракати дунёнингфеноменларидан биридир. Зеро аҳоли миграцияси инсонларга қадимдан хос хусусият бўлсада, ҳозирги даврда у ўз моҳияти ва кўлами билан мутлақо янгича шаклда намоён бўлмоқда.

Мамалакатимизда бугунги кунга келиб геодезия ва картография соҳаси, миграция жараёнларни карталаштиришда охирги методлардан фойдаланиш бўйича кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. Ҳудудлардаги кечаётган миграция жараёнини, геоахборот тизими (кейинги ўринларда ГАТ деб аталади) ва технологияларини қўллаган ҳолда картага олиш, моделлаштириш бўйича илмий изланишлар олиб бориш муҳим аҳамият касб этмоқда. Миграция демографик жараёнларнинг энг муҳим таркибий қисми бўлиб, аҳоли жойлашуви, урбанизатсия ва ҳудудий ривожланишга таъсир кўрсатади.

Асосий қисми. Ҳозирги вақтда миграцион ҳаракатни, айниқса, қонуний доимий меҳнат миграциясига бўлган муносабатни таҳлил этадиган етарлича усуллар ишлаб чиқилган. Улар қаторида қуйидаги асосий йўналишларни алоҳида ажратиб кўрсатиш мумкин:

1. Миграцион оқимнинг миқдори ва ҳажмини таҳлил этиш;
2. Миграцион оқимнинг интенсивлиги таҳлили;
3. Миграциянинг асосий йўналишларини аниқлаш;
4. Миграция майлни ва унга бўлган муносабатни аниқлаш услублари.

Ҳозирги кунда тадқиқотчилар меҳнат миграцияси бўйича зарурий информациянинг мавжудлигига кўра икки гуруҳ усуллар ажратилади: -биринчи гуруҳ миграцион оқимни жорий рўйхатга олишга таянувчи тўғридан-тўғри методларга асосланади ва моҳияти миграцион ҳодисаларни бевосита рўйхатга олиш билан хулосаланади; - иккинчи гуруҳ усуллар кенг тарқалган усуллардан бўлиб аксарият ҳолларда ҳисоб-китоб тавсифига эгадир ва аҳоли рўйхати ҳамда танлама тадқиқотларга асосланади. Иккинчи гуруҳ усулллари қаторида халқаро меҳнат миграцияни тадқиқ қилишда кенг қўланиладиган баланс усули, компонентларни таҳлил қилиш усули (Дюранд усули), ўлим жадвалини ишлаб чиқиш усули каби усулларни алоҳида ажратиб кўрсатиб ўтиш мумкин. Ноқонуний иммиграция, мавсумий ва тебранма миграцияни таҳлил этишда билвосита усуллар алоҳида аҳамият касб этади. Сўнги йилларда ривожланаётган усуллар қаторига Кружконинг биография усулини алоҳида кўрсатиб ўтиш мумкин. Бунда ўрганиш объекти бўлиб алоҳида индивид эмас, балки бутун жамият тизими (оила, уй хўжалиги ёки уни ўраб турувчилар-“entourage”) бўлиб ҳисобланади. Шу ўринда меҳнат миграциясини тадқиқ қилишда статистик ва математик усуллар қаторида социологик, такрорий тадқиқот усулллари ҳам тобора кенг тарқалмоқда.

Замонавий методларининг ривожланиши ГАТнинг ривожланиши билан боғлиқлигини эътироф этган ҳолда ГАТ технологияларининг аҳоли картографияси соҳасида қўлланилиши бир қанча енгилликларга эришиш ҳақида назарий асосланганлигини таъкидлаб ўтсак бўлади. Буни иш ҳажмининг кескин ўзгариши ҳамда натижавий бажарилаётган ишлардаги махсулотлар жиҳозланишини яхшиланиши ва аниқлик даражаси ошишини таъминлайди. Мақсадли тадқиқотда, ГАТ технологияларида миграция карталарни тузишда маълумотлар базасини яратиш, аэрокосмик ва бошқа манбаалардан олинган маълумотлар орқали жойлардаги ўзгаришларни оператив аниқлаш, мониторингини олиб бориш, ГАТ технологиялари дастурларидан фойдаланган ҳолда, аҳоли миграцияси рақамли маълумотлар базасини яратиш ва улар асосида карталар мазмунини бойитиш ҳамда ГАТ технологияларидан фойдаланиб аҳоли миграция карталарини тузиш технологиясини ишлаб чиқишга ишлари олиб борилди.

Демографик жараёнларни карталаштиришнинг замонавий методлари ва технологиялари, геоинформацион картага олиш,

фазовий ва картографик моделлаштириш ва визуаллаштириш ГАТ технологиялари дастурлари асосида амалга оширилди. Демографик маълумотлар базаси яратилганлиги ва улар асосида карталар серияси ишлаб чиқиш, демографик жараёнларни тадқиқ қилишда картографик методлар олиб борилди.

Миграция карталарини яратиш, уларни қайта ишлаш, маълумотлар базаларини шакллантириш, интеграциялаш ҳамда визуаллаштириш каби ишлар ГАТ технологиясининг асосий мақсадли вазифаларидан бири деб қабул қилинди.

Бугунги кунда картография соҳасида янги геоинформацион картографиянинг услубий ва технологик аспектларининг фаоллигини яққол кўришимиз мумкин [6]. Карталарни тузишда аналогли усуллар ўрнига ГАТ дастурий таъминоти асосида маълумотлар базасини ва электрон карталарни яратиш методаларини геоинформацион картография ва географик ахборот тизимларининг аҳамияти катта [2].

ГАТ дастурларининг яна бир катта имконияти шундаки яратилаётган миграция картаси учун картографик асос тайёрлаб олинса статистик маълумотлар ёрдамида мавзу юзасидан мақсадли карталарни тез ва сифатли тайёрлашга имкон яратади.

Аҳоли карталарини акс эттиришда ГАТ технологиялари дастурларининг оммалашуви, аҳоли билан боғлиқ қатор амалий вазифалар ва тадқиқотларни амалга оширишга қаратилган дастурий таъминотлардир. Миграция жараёнларни картага олишда барча статистик ва дала, экспедиция маълумотларни тўплаб ГАТ дастурларида маълумотлар базасини шакллантириш зарур.

Аҳоли миграциясини картага олишда GIS технологиялари асосий восита бўлиб хизмат қилади. Бунда ҳар бир миграция маълумотлари алоҳида - алоҳида қатламларда ифодаланади. GIS дастурларида тузилган рақамли карта қатламлари асосида акс эттирилган барча маълумотлар таҳлил қилиниб, келажакда прогноз карталарини автоматик равишда тузиш имкониятини беради [4]. Миграция карталарни яратишда GIS технологияларининг афзалликлари моделларини, GIS технологияларининг афзалликлари, ушбу моделларда - ГАТ оиласига мансуб дастурий таъминотлар асосида тузилган мавзули карталарнинг ўқувчанлиги, тушунарлилиги, сифати ва шу каби афзалликлари замон талабларига жавоб беришини таъминлашга катта эътибор қаратилганлиги билан белгиланади.

Бундан ташқари, карталаштириш жараёнида замонавий янги геоинформацион картографиянинг услубий жиҳатлари фаол ривожланмоқда. Бунда, аналогли усуллар ўрнига янги электрон технологиялар асосида яратиш методларини амалиётга жорий қилина бошланди. Электрон карталарни тузиш учун уларнинг маълумотлар базасини яратишда географик ахборот тизимлари муҳим рол ўйнайди [6].

Миграция карталарини тузишда ГАТ технологияларининг афзалликлари - тузилаётган картанинг функционаллиги, қулайлиги, самарадорлиги, мослашувчанлиги, ихчамлилиги ва

бошқа томонлари номоён бўлишини кўрсатади.

Миграцияни ифодаловчи карталарни яратишда интеграциялашган, мукаммалликка асосланган геоинформацон тадқиқотлар негизида илмий ғояларни тадбиқ этиш, аҳолини ижтимоий - иқтисодий жиҳатдан тизимли ўрганиш имкониятларини яратади [9].

Тадқиқотларда, GIS технологияси негизида, демографик жараёнларни акс эттирувчи янги авлод карталарини яратишнинг янги методикасини ишлаб чиқиш зарурлиги аниқланди. Шулардан келиб чиқиб қуйидаги демографик рақамли карталарни яратиш технологияси ишлаб чиқилди (1-расм).

Миграция карталарини яратиш технологиясини жорий этиш ва амалга оширишдаги ишлар кетма - кетлиги қуйидагилардан иборат:

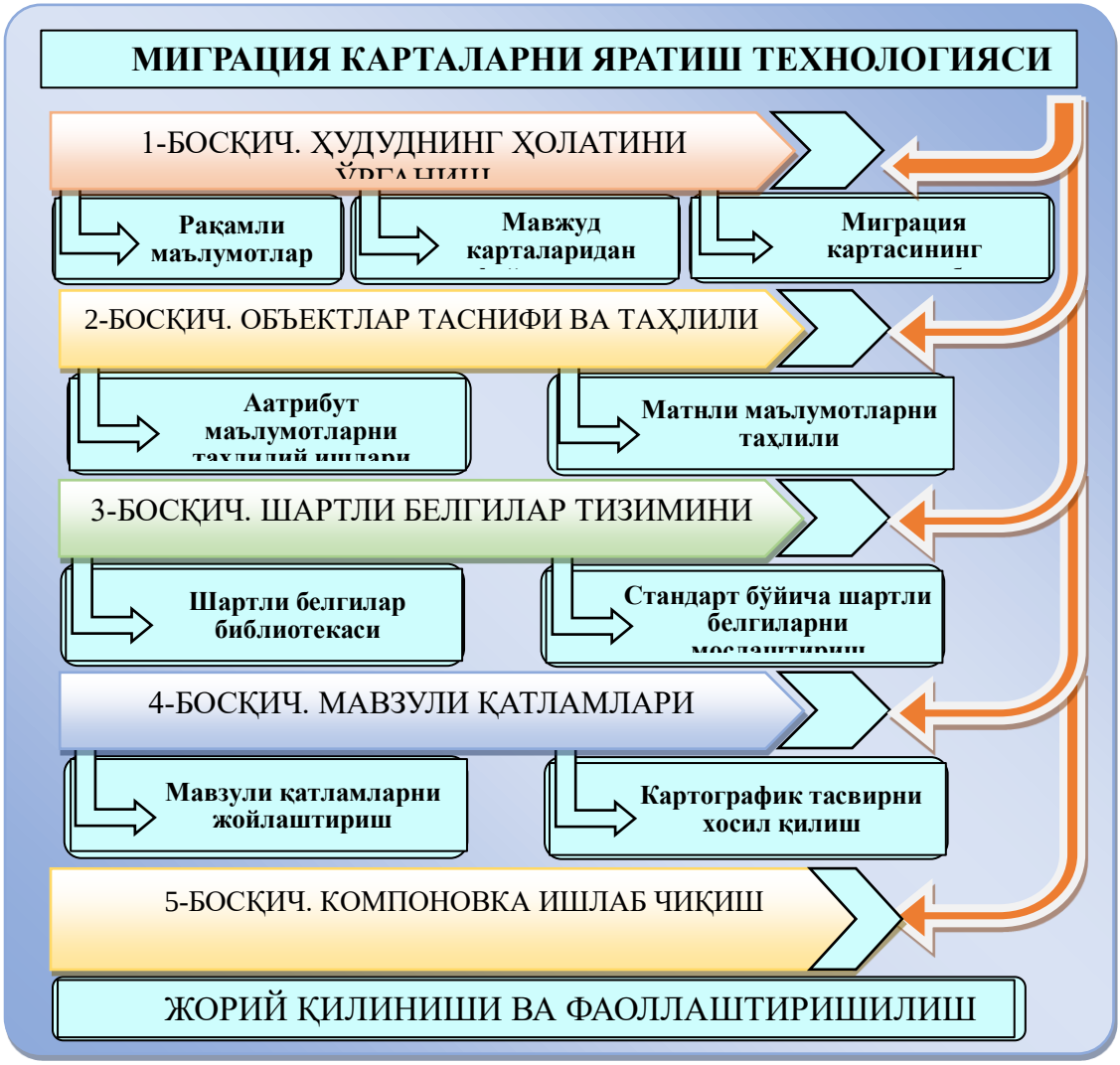
Ҳудуднинг миграцион ҳолатини ўрганиш. Рақамли маълумотлар тўпланиб, масофадан зондлаш (МЗ) материалларини жамланади ва маълумотлар базалари шакллантирилади.

1. Объектлар таснифи ва таҳлили. Ушбу жараёнда тўпланган мавжуд атрибутлар комьпютер хотирасига киритилади.

3. Шартли белгилар тизимини ишлаб чиқиш. Бунда, миграция жараёнларни тавсифлайдиган шартли белгилар библиотекаси яратилади ва легендалар тузилади.

4. Картанинг мавзули қатламлари билан ишлаш. Бунда, мавзули қатламлар танланган кетма - кетликда тўғри жойлаштирилади ва картографик тасвирни ҳосил қилиш ва уларни тахрир қилиш ишлари амалга оширилади.

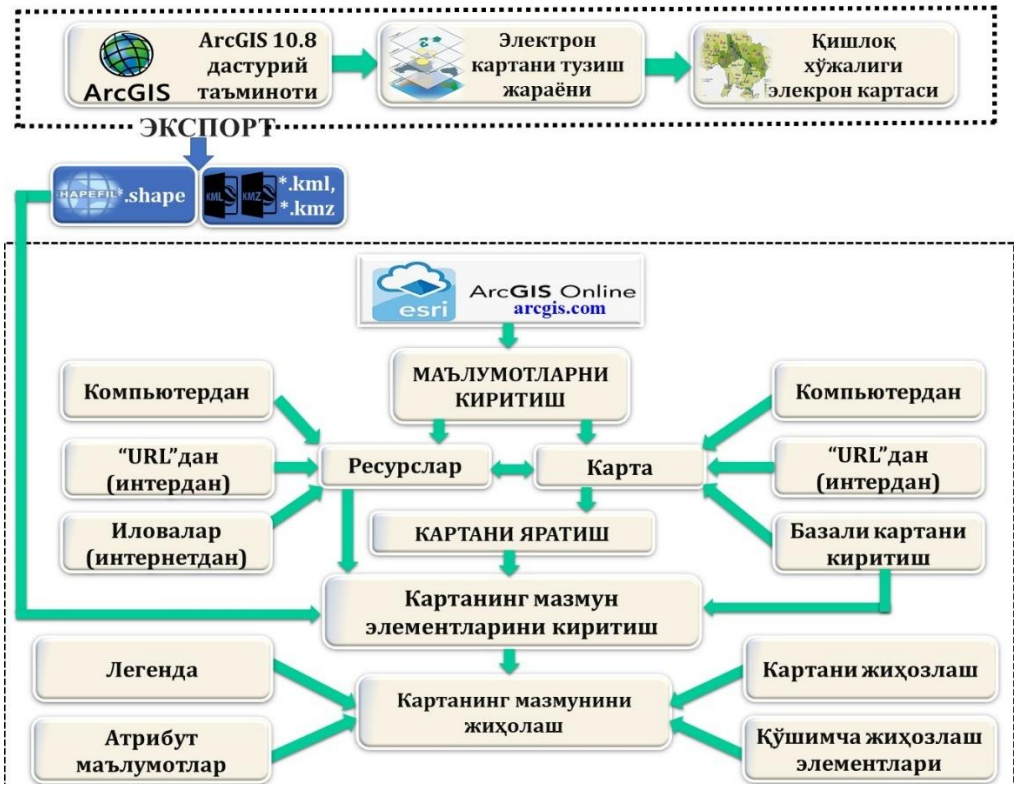
5. Ишлар кетма-кетлиги муваффақиятли амалга оширилгандан кейин картанинг компоновкаси ишлаб чиқилиб уни нашрга тайёрлаш ва нашр қилиш ишлари бажарилади.



1-расм Миграция рақамли карталарни яратиш технологияси.

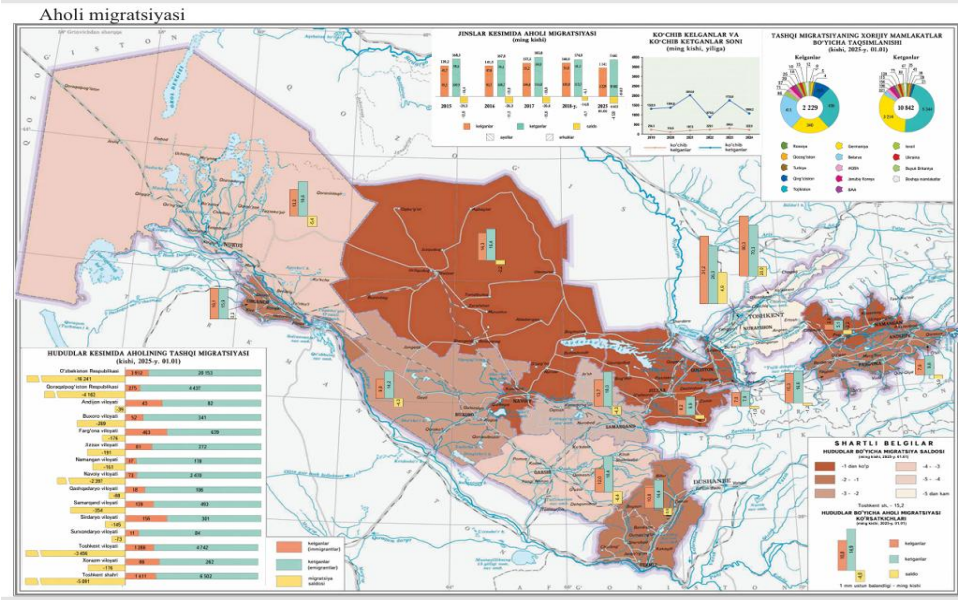
Юқорида ишлаб чиқилган аҳоли миграцияси рақамли карталарни яратиш технологияси методикаси асосида миграция карталарини яратиш имконияти туғилади. ГАТ дастуриларида демографик жараёнларни акс эттирувчи карталарини яратишда маълумотлар рақамли кўринишга келтирилиб, компьютер экранида намоён қилинади, яъни мураккаб таҳририй тайёргарлик ишлари амалга оширилади. Карталарни рақамлаш махсус мосламалар ёрдамида картографик материалларни сканерлаш усули билан, кейинги босқичда эса растрли маълумотларни векторга айлантириш йўли билан амалга оширилади.

Ҳудуднинг веб картасини тузишда ArcGIS Online платформасидан фойдаланиб, атрибутив маълумотлар сифатида объектнинг электрон картаси учун яратилган маълумотлар базаси, Республикамизда кечаётган миграция жараёнларининг кўрсаткичлари тўғрисидаги тегишли қатламларни (чизиқли, майдонли объектлар ва бошқалар) тайёр ҳолатга олиб келинди. Миграция веб картасини яратиш ва чоп этишнинг технологияси (2-расм) ArcGIS Online платформасидан фойдаланиб яратиш имконини берди.



2-расм. Аҳоли миграциясини тавсифловчи Веб-картасини яратишнинг технологик тизими

Бунда, авваламбор ArcGIS Onlinega юклаб олинади ва платформа атрибут маълумотларни картага турли тасвирлаш усулларини танлаган ҳолда тасвирланади. Кейин шартли белгилар тизимини яратилади. Карта компановкасини жиҳозлаш ишларини бажарилди. Сақлаш жараёнида веб карта қилиб белгиланади (3-расм).



3-расм. Аҳоли миграция харитаси

Карталарни тузишда бир тизимга таянган ҳолда иш олиб борилишидан келиб чиқиб, ишлаб чиқилган рақамли карталарни яратиш технологияси электрон рақамли аҳоли карталарини сифатини оширади. Махсус ГАТ дастурлари ва картографик тадқиқот усулларидан фойдаланиб

тузилганлиги карталардаги ахборотларни таҳлил қилиш, мавзули карталарни яратиш аниқлиги ва тезлигини яхшилаш имконини берди.

Хулоса. ГАТ ёрдамида демографик жараёнларни карталаштиришнинг назарий асосларини таҳлили ГАТ ва карталарни бир бирлари билан боғлиқлиги бир бирларини доимий равишда тўлдириб боришини кўрсатди. Табиат ва жамиятдаги жараёнларни ёки объектларни таърифлаш учун анъанавий равишда адабий, статистик, картографик, аэро ва космик материаллар қўлланилди. Электрон рақамли карталарни тузиш ва аҳоли миграциясини визуаллаштиришда геомаълумотлар базасига ахборотларни тўғридан тўғри интеграция қилиш структурасини ишлаб чиқишга ҳамда автоматик таҳлилий ишларни олиб бориш ишлари билан бирга масофадан зондлаш материалларини қайта ишлаш ва бунда барча имкониятлардан келиб чиқиб фазовий маълумотларни картографик тасвир асосида ифодалашга имкон яратилди.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Lola X. Gulyamova, Dilshod N. Rakhmonov Concept of an integration of open data for socio-economic mapping in Uzbekistan DOI: 10.35595/2414-9179-2022-1-28-58-68

2. Rubén Camilo Lois González, María Luísa Del Rio Araujo, Aleksandra Kim the potential attractiveness of Uzbekistan. Designing strategies to promote the central Asian republic by analyzing official tourism image and conducting at-destination surveys

3. Davies T., Walke, S., Rubinstein M., Perin, F. (Eds.). The State of Open Data: Histories and Horizons. African Minds and International Development Research Centre. Cape Town and Ottawa: African Minds and International Development Research Centre, 2019.

4. Duckham M., Arnold L., Armstrong K., McMeekin D., Mottolini D. Towards a Spatial Knowledge Infrastructure. White Paper. Australia and New Zealand Cooperative Research Centre for Spatial Information (CRCSI), 2017.

5. Fatehkia M., Tingzon I., Orden A., Sy S., Sekara V., Garcia-Herranz M., Weber I. Mapping socioeconomic indicators using social media advertising data. EPJ Data Science, 2020.

6. Musayev I., Abduraxmonov S. Aholi kartalarini tuzishda integratsiyalash ishlari va jarayonlarni vizuallashtirish. Geography: Nature and Society. vol1, issue1. 2020 http://dx.doi.org/10.26739/2181-0843-2020-1-11

7. Abdurakhmonov S., Abdurahmanov I., Murodova D., Pardaboyev A., Mirjalolov N., Djurayev A. Development of demographic mapping method based on GIS technologies. ИнтерКарто. ИнтерГИС, 2020. Vol26, issue1. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-1-26-319-328

8. Abdurakhmanov S. Development of data on the creation of maps of demographic processes in the system of geographic information technology / / XXI International scientific and practical conference Advances in Science and Technology. RUSSIA in June 2019.

9. Safarov E., Prenov Sh. Kartografiya va Geovizuallashtirish. Toshkent – 2015. 104-123 betlar.

UDK: 528.9:004.9

IMPROVEMENT OF SERVICE MAPPING METHODOLOGY BASED ON GIS

Aminova G. R. *- Teacher of National Research University "TIIAME"*

Abstract. *The article examines the content of service maps as one of the important areas of modern socio-economic cartography, some methodological features of their compilation and the experience gained in Uzbekistan in this area. At the same time, the role and place of modern geoinformation systems in the creation of service maps have been studied, attention is paid to scientific and practical issues of their use.*

Key words: *service, map, geographic information systems, social infrastructure, service, social sphere, population, socio-economic cartography, service industries.*

Introduction. Socio-economic cartography is one of the multidisciplinary and rapidly developing areas of modern cartography. In this, the design and creation of service maps has a special place. Service maps, or in other words, population service maps, are of particular importance for their educational, scientific and practical importance. In recent years, with the growing social demand for such maps, the need to print them has also increased somewhat.

First of all, it should be said that service maps are one of the cartographic sources that reflect the type, system and development dimensions of public service institutions in a specific area. Consequently, in the research of service territorial systems of the region, improvement of their territorial structure and determination of future prospects, service maps, which are the product of the cartographic research method, acquire important scientific and practical importance.

Today, with the introduction of geographic information systems into our lives, new opportunities for designing and creating service maps have appeared. These, in turn, have a positive effect on the enrichment of the content of service maps, the expansion of their imaging capabilities and scope, and speed.

Goals and tasks of work. The purpose of the work is to analyze service maps and their importance, to analyze the experience of creating service maps formed in the cartography of Uzbekistan, to clarify some methodological issues of using geographic information systems in creating service maps.

In the process of achieving this goal, the following tasks were solved:

- analysis of the meaning and interaction of "service", "service sectors", "social infrastructure" and other related terms;
- review of the general content, classification and method of creation of service maps;
- Analysis of the accumulated experience in the field of service cartography in Uzbekistan until now;
- to explain some methodological issues of using geographic information systems in drawing up service maps;
- development of proposals for further development of service cartography in our republic based on the analysis of existing experience.

Research methods. In the mapping of the territorial composition of service areas and their institutions, the methods of analyzing the experience of creating service maps,

researching some methodological issues of using GIS family software (ArcGIS, QGIS, Mapinfo programs) in creating service maps were used. In addition, in the purposeful research, analysis of the content of service maps, cartographic, aerospace, statistical, questionnaire survey, regional analysis, and geolocation methods were also used.

The main part. Before mapping the territorial composition of service industries and their institutions, it is very important to have a certain idea about their content, location and development laws.

It is known that we often come across the concept of "service" in our daily life or in existing scientific sources. In most cases, we accept this concept directly in the meaning of “service”, and “service geography” in the form of “geography of service (fields)”. Therefore, one of the leading scientists in this field, M.A. Abramov understands “services” and “service” as synonymous, and this certainly leaves no room for objection [1, p.14.]. This approach can be found in the works of other leading scientists of this field.

At the same time, the form of understanding of service or service areas by researchers in the form of “social infrastructure” is also often visible. In this regard, it is appropriate to highlight some peculiarities. In particular, in many cases, the authors consider the entire health or education system under the concept of “social infrastructure”. However, the infrastructure, whether it is “production” or “social”, is primarily a set of certain conditions, which conditionally serve to ensure the normal course of the process of production (production infrastructure) or service to the population (social infrastructure) attracts attention with At this point, in understanding the content of the social infrastructure, it is necessary to mention its two aspects (broad and narrow understanding). Therefore, if social infrastructure in a broad sense covers the conditions that serve to ensure the normal functioning of the entire social life of the population (i.e., in this sense, the entire health care, education system, etc.), in a narrower sense, or service (i.e., the direct service process) social infrastructure is characterized by the fact that it embodies a set of conditions (ie, various equipment, technical equipment, etc.) and the result of service activities that serve to ensure the normal course of the service process.

It is known that the service sector covers all strata of the population of any country and has an impact on almost all socio-economic aspects of the population's life, which in turn shows how important this sector is.

Today, the service or service industry has become a leading facet of the world economy. Consequently, a large part of the gross domestic product of developed countries corresponds to their contribution. If, at present, economic sectors are structurally divided into three main sectors (that is, the primary sector - extractive industry and agriculture, the secondary sector - processing industry and construction), then the tertiary sector includes services that are directly related to the daily life of the population (covers areas closely related to service). Their institutions and enterprises are functionally diverse and numerous.

As the Republic of Uzbekistan develops its national economy on the basis of market mechanisms during the period of independence, the share and importance of the service sector in its gross domestic product is increasing. If in 1995 the share of services in the

republic's gross domestic product was 39.8%, in 2005 it was 41.4%, and by the beginning of 2017, this indicator was equal to 49.5% or 118811.0 billion soums [9 , p.27].

Currently, more than 16,500 large organizations (including non-profit organizations providing market services) and more than 126,000 small business entities operate in the service sector in the republic [13].

In practice, when it comes to the content of service maps, first of all, their content is formed alternately with the content of public service sectors. For example, the health care system (health care map), the education sector (education system map) and in accordance with their internal structures (for example, provision of inpatient or outpatient medical services to the population, general secondary education, secondary special vocational education, cultural services etc.).

It is worth noting that, in essence, service maps are among the core elements of large-scale social cartography. Their main content is related to the type, size, distribution (location) of the services provided to the population. Such maps include:

a) network maps, that is, maps that reflect the static location, specialization, and size of institutions and enterprises belonging to a specific service sector;

b) includes maps related to the level of activity and development of the service sector (ie, provision of services to the population, ease of service, level, etc.).

Today, the scientific and practical importance of complex and synthetic service maps is increasing. If several types of services and their main development parameters are reflected in the complex service maps, then in the service maps with a synthetic nature, the main attention is focused on evaluating the level of development of the service sector, separating service centers, regionalizing the area by service type.

A lot of experience has been accumulated in Uzbekistan in terms of socio-geographic or service-geographic mapping. Among such maps, until now, more work has been carried out on the creation of network maps and maps reflecting the level of development of the sector and the provision of services to the population. However, maps with a synthetic nature, showing the population's needs for services and their territorial composition and level of satisfaction, are rarely implemented in practice.

In general, full-fledged complex service maps that fully reflect all regions of our country do not exist until now.

One of the first large-scale cartographic works that played an important role in the development of cartography in our country and at the same time gave a wide place to service maps is the two-volume “Atlas of the Uzbek SSR” developed by the Department of Geography of the Academy of Sciences of Uzbekistan in the early 80s of the last century [3, p. .110-129] (Table 1).

In essence, this work is a comprehensive geographical scientific-reference atlas of Uzbekistan, in which special attention is paid to the social infrastructure related to the social life of the population. A total of 153 maps are given in this atlas. 27 of them are directly related to the social spheres (issues) related to the daily living conditions of the population, and they consist of the following three major sections:

1. Living conditions of the population.
2. Education, science, culture.
3. Physical education, sports, tourism.

Table 1

The composition and content of the social maps given in the 2nd volume of the "Atlas of the Uzbek SSR".

Sections	Map name	Scale	The main content of the map
Living conditions of the population	Treatment and prevention facilities	1:3500000	The number of sick beds by rural districts, the number of paramedic-midwifery centers, the number of sick beds per 10,000 inhabitants
	Providing the population with medical personnel	1:3500000	The number of medical personnel - doctors, paramedics and their per 10,000 population
	Resorts, sanatoriums, vacation homes	1:3500000	The pool fund of sanatoriums, rest houses, types and specialization of sanatoriums
	Domestic service	1:7500000	The number of household service institutions, the volume of total services, the volume of services provided per capita
	Commercial service, catering	1:7500000	The number of trade and general catering establishments, retail trade turnover and general catering volume by region and their per capita
	Communal economy	1:5000000	Distribution of drinking water supply, sewerage, hotels, baths, laundries and hairdressing salons by regions and the results of their activities
Education, science, culture	Day schools	1:3500000	Number of schools, number of students, number of classes, number of students per thousand population by rural districts
	Evening (shift) general education schools	1:3500000	Number of schools and students by rural district, number of students per 1000 inhabitants
	Boarding schools	1:3500000	Number of boarding schools by rural districts, number of students, types of boarding schools
	Vocational technical schools	1:3500000	Number of educational institutions by rural districts, number of students, specialization of students by economic sectors
	Secondary special educational institutions	1:5000000	Types of secondary special educational institutions and the number of students
	Higher educational institutions	1:7500000	Types of higher education institutions, number of students, number of students per 10,000 inhabitants
	Level of education of the population	1:5000000	Population by region by level of education, number of people with secondary and higher education per 10,000 employed population
	Scientific institutions	1:7500000	The number of scientific research institutes and their distribution by fields of science, the number of scientific employees
	Museums	1:7500000	Types of museums

	Theaters, club facilities	1:7500000	Number of theaters and clubs, types, population corresponding to each institution
	Public libraries	1:5000000	Number of libraries by region, number of books and magazines, number of books and magazines per capita
	Filmification	1:3500000	Number of movie theaters, population per movie theater
	Newspaper printing	1:3500000	Types of newspapers, language of publication, number of one-time circulation, number of newspapers sold per thousand population
Physical education, sports, tourism	Physical education and sports	1:3500000	The number of sports facilities, the number of physical educators, the number of physical educators per 100 inhabitants by rural districts and cities
	Tourist organizations and institutions	1:5000000	Types of tourist organizations and institutions, the number of places in them
	Tourist map	1:2500000	Tourist routes and their numbers, levels, tourist objects

It can be seen from the table that all the maps issued related to the service sector are mainly considered “network maps” according to their content, and their content reflects the territorial composition of social infrastructure institutions and enterprises. True, among them there are also maps for provision of a certain type of service to the population (111 p.), but the share of such maps is small.

In 1980-1981, social maps were also reflected in the educational reference atlas “Atlas Uzbekskoy SSR” developed and published by the Geography Department of the Academy of Sciences of Uzbekistan in 1980-1981 [2, p.39-43]. A total of 35 maps are given in this atlas, of which 5 (“university schools”, “higher and secondary special educational institutions”, “public libraries”, “cinema, theaters, clubs, museums”, “tourist map”) are directly of a service nature. are maps that have It is worth noting that these maps are more "network maps" in essence, and the level of service is partially reflected in them.

In the years of independence, the geographical atlas of Uzbekistan [12, p.44-45, 52-53] prepared and published by the Faculty of Geography of Tashkent State University (now UzNU) has an important place in the cartography of our republic. 5 maps of a direct service nature (“Public education”, “Higher, secondary special, professional educational institutions”, “Health care”, “Culture”, “Tourist map”) are reflected in it.

It should be noted that the composition and main content of these maps are consistent with the above source, and the content is limited by the number of relevant service institutions, their types, and indicators of per 1,000, 10,000, 100,000 people.

By the time of independence, the strengthening of the processes of socialization in the economic and social geography of Uzbekistan and, as a result, the increase in the number of dissertation studies of a socio-geographical nature, in turn, led to the

creation of scientific development maps belonging to the socio-geographic category. Among them, it is possible to mention as an example maps such as providing medical services to the population [8], nosogeographical [5, 10], and touristic [11]. Also, in recent years, in particular, Sh.Kurbanov developed maps of some areas of the service sector (educational system) within the region [6, p.210].

When it comes to service cartography, it should be noted that Russian scientists have carried out significant research in this regard. Among them are scientists known for their scientific developments in the direct socio-economic geographical study of service provision and its mapping - A.P. Buryan, L.A. Merkusheva. Service maps related to the social infrastructure of the Ural region were developed by P. N. Chepkasov [4, p. 14, 28, 30]. The remarkable aspect of these maps is that, unlike ordinary grid maps, they show the result of a specific type of service activity ("Activity of the Ural libraries, 1978 map"), the level of provision of a specific type of service to the residents of the region ("Providing the residents of the Urals with household service enterprises, 1978 " map) and, most importantly, it is notable for being one of the first to pay attention to the comprehensive assessment of the provision of a specific type of service to the population ("Comprehensive assessment of the provision of household services to urban and rural residents of the Ural region, 1978" map).

Creating and visualizing service maps based on modern geo-information systems and technologies is not only important in creating maps that describe the demographic processes taking place in the world and in its various regions, but also studying and analyzing service processes is one of the most important issues of today's cartographic research. In this regard, special attention is paid to the actual scientific and practical issues of modern cartography, such as creating service maps, ensuring the reliability of the created maps, even in the study of demographic, social and economic problems.

The service is dedicated to carrying out targeted scientific research aimed at developing effective methods of data collection, storage, digitalization, analysis, processing, registration, evaluation and forecasting, modeling and visualization based on spatial data using modern geoinformation methods and technologies. attention is paid. One of the important tasks is the development of modern technologies of geo-information and cartographic methods in the creation and updating of service maps. [18]

Geoinformation mapping, spatial and cartographic modeling and visualization with the help of modern cartographic methods and technologies in the preparation of service maps have a special place in the development of the social sphere. Taking into account the advantage of geoinformation systems and technologies in service area research and mapping, improvement of the mathematical and geodetic bases of these maps, taking into account innovative methods and technologies (using ArcGIS, QGIS, Mapinfo programs) has a special place.

So, if service maps are created based on GIS technologies, we can see the interdependence and integration of geoinformatics and cartography. Usually, these areas are mutually dependent. The geoinformation provision of cartography and the cartographic provision of

geoinformatics show a relationship. We can see the interconnection of cartography and geoinformatics in the following steps when creating service maps [15; pp. 451–452]:

- Connecting spatial data to a single coordinate system and using a topographic map in software belonging to the family of geoinformation systems and technologies;
- Entering other information (statistical, analytical, etc.)
- Vectorization of data in the form of digital maps to form a component of databases;
- dividing the thematic content of spatial objects into layers;

When creating service maps, it is necessary to first create a database in many GIS programs that collect all statistical and other information. The application of scientific ideas based on integrated, excellence-based geoinformatics research creates opportunities for systematic learning. The electronic service includes creating maps and carrying out scientific research based on innovative approaches.

The following (ServiceGIS) [16] seven-step systematic structure was developed for creating electronic service maps and analyzing situations (Figure 1).

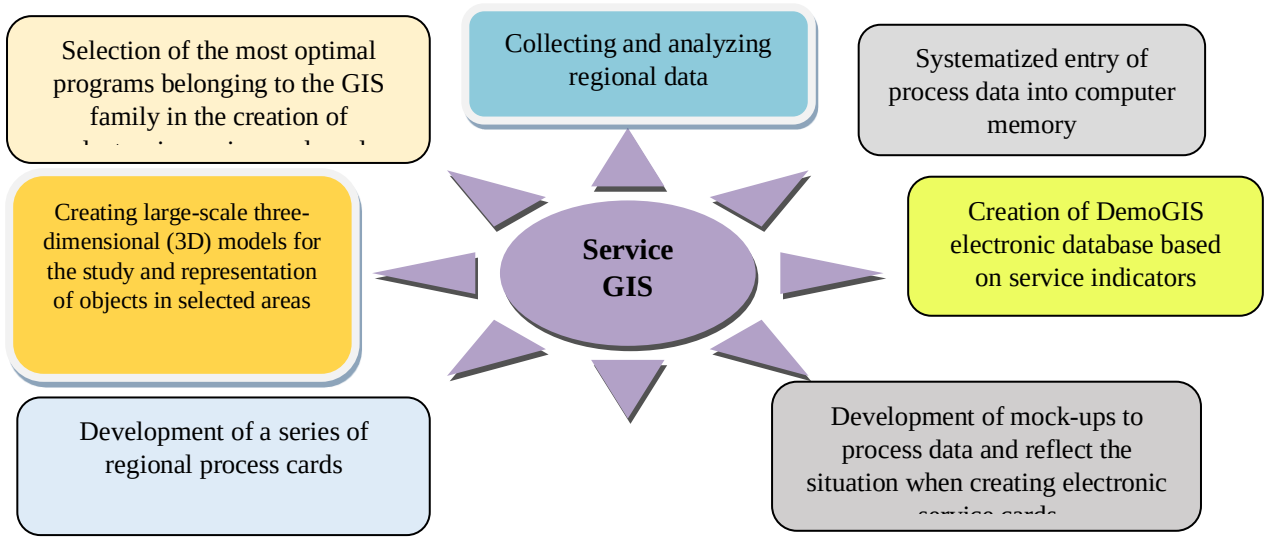


Figure 1 Structure of ServiceGIS when creating Service Maps

1. Evaluation of the capabilities of GIS and technologies in process research and the selection and capabilities of the most effective programs in the implementation of the results of these researches.
2. Collect data on the areas where service maps should be drawn up, analyze them (Fig. 2).
3. To ensure data analysis and systematic entry into computer memory.
4. Creation of the DemoGIS electronic database based on the necessary indicators for the compilation of service maps.
5. Development of data for creation of electronic service maps and creation of map layouts.
6. Development of a series of service maps.
7. Creation of large-scale three-dimensional (3D) models for the study and representation of objects in selected areas.

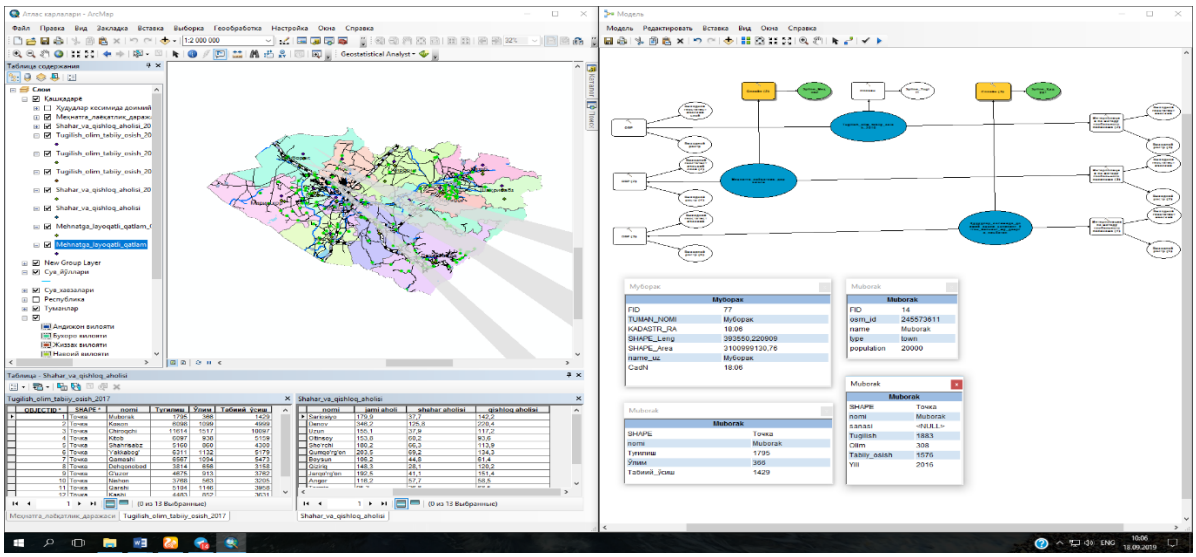


Figure 2. Database management in selected software

This system of creating service maps speeds up the work process and, at the same time, improves the quality of the maps and the accuracy of the data (Figure 3).

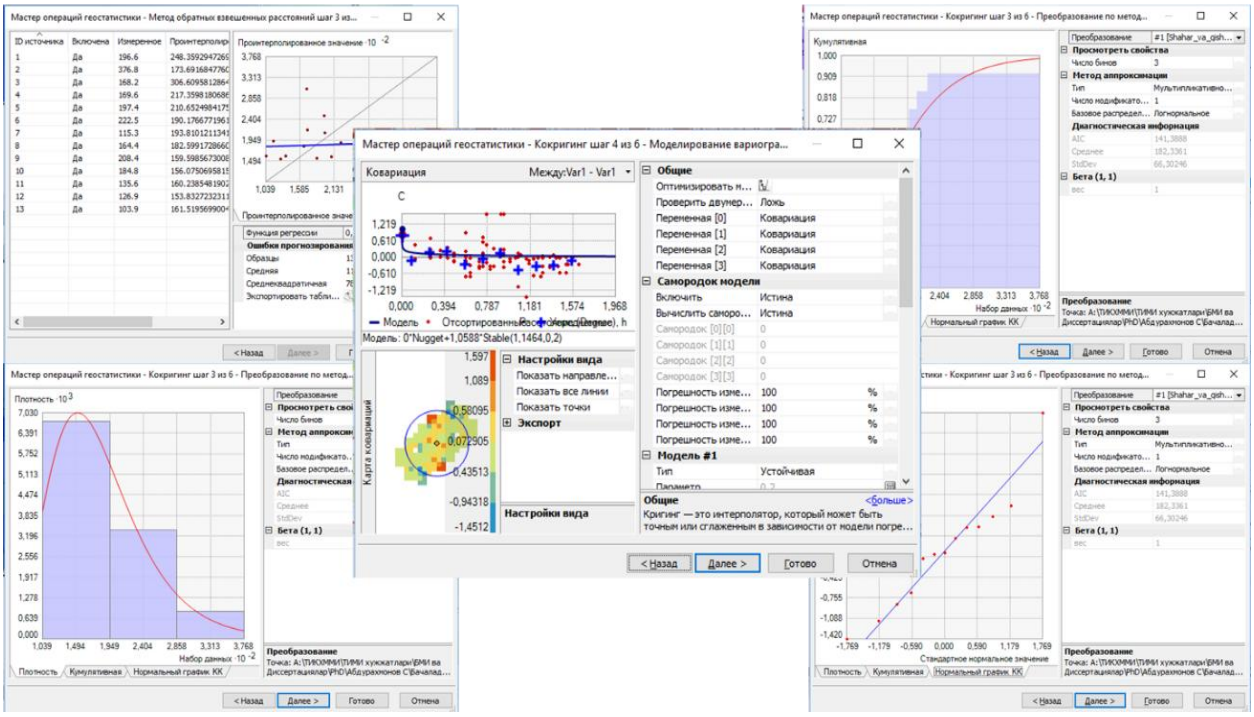


Figure 3. Examples of analysis results in software

According to cartographic criteria, thematic maps compiled on the basis of DemoGIS and geostatistical analysis methods are developed and created according to the research methodology. The results of research on the use of GIS technology are based on the fact that there are ways in which an innovative methodological approach can solve theoretical and practical problems.

Conclusion. Nowadays, the rapid progress of changes in our social life and the rapid growth of the service sector, in turn, have led to complex (complex) maps that cover different service sectors or include various indicators of the development of a specific sector, or maps that evaluate the level of development of a certain service sector. making it necessary to create. At the same time, the creation of synthetic development maps reflecting

the population's needs for services and the level of their satisfaction, as well as the territorial structure, or within the framework of the tripartite "needs of the population - systems of population location - service level" is considered to be an urgent issue from a scientific and practical point of view.

Based on the above, in the future, preparation of the “Complex service atlas of Uzbekistan” covering all service areas on the scale of Uzbekistan, including: 1) type of service institutions; 2) level of service; 3) it is desirable to cover comprehensive service (or service potential) maps of regions.

In addition to the above, with the rapid introduction of new types of services into our daily life - financial, internet, mobile communication services, creating type, analytical and especially forecast maps that reflect their composition, level of development, and the situation throughout the country and in its individual regions. is one of the urgent issues of service cartography.

References

1. Abramov M.A. Service geography (service sector in the USSR). - M.: Thought, 1985. - 255 p.
2. Atlas of the Uzbek SSR. - M.: GUGK, 1980. - 47 p.
3. Atlas of the Uzbek SSR. In 2 vols. T. 1. - M.-T.: GUGK, 1985. - 155 p.
4. Buryan A.P., Merkusheva L.A., Chepkasov P.N. Geography of the Izhtimoi infrastructure of the Urals. Textbook for the special course. - Perm: Perm University, 1984. - 88 p..
5. Komilova N.Q. Territorial analysis of medical geographical conditions of Uzbekistan and problems of public health. Geogr. science. doc. ... diss. autoref. - T., 2012. - 46 p.
6. Kurbanov Sh.B. Socio-economic geography of rural districts of Uzbekistan: monograph. - T.: MUMTOZ SOZ, 2019. - 218 p.
7. Mirzaliev T., Musaev I., Safarov E. Socio-economic cartography. - T.: New age generation, 2009. - 147 p.
8. Nazarov M.I. Territorial organization of medical services for the population in rural areas (in the case of Namangan region). Geogr. science. name ...diss.- T., 1996.-156 p.
9. Turdymambetov I.R. Socio-economic features of improving the nosogeographic situation of the Republic of Karakalpakstan. Geogr. science. doc. ... diss. autoref. - T., 2016. - 82 p.
10. Usmanov M.R. Regional characteristics of tourism development in Uzbekistan (as an example of Samarkand region). Geogr. science. name ... diss. - T., 2003. - 137 p.
11. Geographical atlas of Uzbekistan. - T., 1999. - 56 p.Abdurakhmonov S, Abdurahmanov I, Murodova D, Pardaboyev A, Mirjalolov N, Djurayev A. Development of demographic mapping method based on gis technologies. InterCarto, InterGIS. 2020;26:319-328. doi:10.35595/2414-9179-2020-1-26-319-328
12. https://stat.uz/uz/432-analiticheskie-materialy-uz/2027-O’zbekiston-respublikasida-xizmatlar-sohasining-rivojlanishi.
13. Baransky N.N. Economic geography. Economic cartography. - M.: Geografgis 1960. -452 p.
14. Antipova E.A. Opyt ispolzovaniya GIS-technological and geografii naseleniya // www.pdffactory.com.
15. S.N. Abdurakhmonov, O. Allanazarov, U. Mukhtorov, N. Mirjalalov, Z. Abdurakhmonov. Integration and Visualization of Information into the Database when Compiling Electronic Digital Demographic Maps. International

Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). Volume-9. 430-435. Blue Eyes Intelligence Engineering & Sciences Publication.

16. Abdurakhmanov S.N. “Research of regional demographic processes based on geoinformation technologies and cartographic methods (in the case of the southern region of the Republic of Uzbekistan)”. Dissertation., Tashkent-2020y.

17. Avezbaev S., Volkov S.N. Landscaping design. - Tashkent: “New century generation”, 2004. - 784 p.

18. Toraev R.A. Dissertation (DSc) work. Tashkent-2021.

19. Safarov E. Musaev I.M Prenov Sh. Abdurakhmanov S. Design and layout of natural maps. 2018

UDK: 528.8:556.55(575.172)

AMUDARYO DELTASI SUV HAVZALARINI GIS TEXNOLOGIYALARI YORDAMIDA GIDROLOGIK BAHOLASH VA BOSHQARISH ISTIQBOLLARI

Kaipov I.P. *- Qoraqalpog'iston qishloq xo'jaligi va agrotexnologiyalar instituti*

Kurbanbaev S.E. *- Irrigatsiya va suv muammolari ilmiy-tadqiqot institute huzuridagi Qoraqalpog'iston mintaqaviy markazi (ISMITI QMM)*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada Amudaryo deltasidagi asosiy suv havzalari — Mezhdurechye suv ombori, Muynoq va Baliqchi ko'rfazlarining gidrologik holati GIS texnologiyalari va masofadan zondlash ma'lumotlari asosida baholangan. ArcGIS dasturida olib borilgan tahlillar natijasida suv omborlarining morfometrik xarakteristikalari, suv balansi va gidrologik dinamikasi aniqlangan. Kyzyldzhar gidrometrik postidagi 1965–2022 yillar orasidagi oqim ma'lumotlari tahlil qilinib, mintaqadagi suv ta'minoti tendensiyasi o'rganildi. Natijalar ko'rsatishicha, Amudaryo oqimining sezilarli kamayishi delta ko'llarining maydoni va hajmini keskin qisqartirib, gidrologik va biologik muvozanatga salbiy ta'sir ko'rsatmoqda. GIS asosida ishlab chiqilgan matematik model suv resurslarini samarali boshqarish uchun muhim asos hisoblanadi.*

Kalit so'zlar: *Amudaryo deltasi, GIS texnologiyalari, suv balansi, morfometriya, masofadan zondlash, Mezhdurechye, Muynoq ko'rfazi, suv resurslari, ArcGIS, gidrologik tahlil.*

Kirish. Amudaryo deltasi O'zbekistonning Qoraqalpog'iston Respublikasida joylashgan bo'lib, mintaqaning suv resurslari va ekologik muvozanati uchun strategik ahamiyat kasb etadi. Tarixan, 1963–1965 yillardagi ma'lumotlarga ko'ra, deltaning umumiy maydoni 8990 km² ni tashkil etgan va Muynoq, Baliqchi, Dumalak, Zhiltirbas, Sudochye kabi ko'l tizimlari Orol dengizi bilan bevosita bog'liq bo'lgan [1]. So'nggi o'n yilliklarda Takhiatash gidrotuguni quyi oqimidagi Amudaryo sarfining keskin kamayishi natijasida delta ko'llari maydoni ikki martadan ko'proq qisqardi [2].

Amudaryo sarfining pasayishi nafaqat mintaqaning baliqchilik va qishloq xo'jaligi salohiyatiga, balki uning ekologik tizimlariga ham jiddiy salbiy ta'sir ko'rsatmoqda. 1960-yillarda deltaning ko'l tizimlari 600 km² dan ortiq maydonni qamrab olgan

bo'lsa, bugungi kunga kelib bu ko'rsatkich bir necha marta kamayib ketgan [3]. Shu munosabat bilan, GIS texnologiyalari va masofadan zondlash imkoniyatlaridan foydalangan holda suv havzalarini kuzatish, gidrologik tahlil o'tkazish va samarali boshqaruv strategiyalarini ishlab chiqish zarurati tug'ilmoqda.

Ushbu maqolada Amudaryo deltasidagi uchta asosiy suv havzasi — Mezhdurechye suv ombori, Muynoq ko'rfazi va Baliqchi (Sarbas) ko'rfazining gidrologik holati va morfometrik xarakteristikalari ArcGIS dasturi yordamida baholangan. Tadqiqot natijalari delta suv resurslarini boshqarish va ekologik holatni yaxshilash bo'yicha ilmiy tavsiyalar ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Material va metodlar. Tadqiqot ob'ektlari Qoraqalpog'iston Respublikasining Muynoq tumanidagi Mezhdurechye suv ombori, Muynoq ko'rfazi va Baliqchi ko'rfazlari hisoblanadi. Maydon tadqiqotlari 2022–2023 yillarda olib borilgan bo'lib, amaliy o'lchovlar geodezik usullar (teodolit va nivelirlovchi o'lchashlar) hamda GPS qurilmalaridan foydalangan holda amalga oshirilgan [4].

Gidrologik tadqiqotlar quyidagi metodlar asosida o'tkazildi: (1) suv omborlari morfometrik parametrlarini aniqlash — maydon, hajm, o'rtacha va maksimal chuqurlik; (2) ArcGIS dasturida batigrafik va hajmiy egri chiziqlarni qurish; (3) Kyzyldzhar va Samanboy gidrometrik postlari bo'yicha ko'p yillik suv sarfi ma'lumotlarini tahlil qilish; (4) Visual C# muhitida ishlab chiqilgan matematik model yordamida suv balansini hisoblash va modellashtirish. Morfometrik xarakteristikalar izobatalar usulida aniqlangan bo'lib, suv hajmini hisoblashda quyidagi formula qo'llanildi:

$$V = [(W_1+W_2)/2]\cdot h_1 + [(W_2+W_3)/2]\cdot h_2 + \ldots + [W_{n-1}/2]\cdot h_{n-1}$$

Bu yerda V — suv havzasi hajmi (m^3), W_i — tegishli izobata chegaralangan maydon (m^2), h_i — qo'shni izobatalar orasidagi balandlik farqi (m). GIS tahlili uchun ArcGIS dasturida raqamli balandlik modeli (DEM) yaratildi va unga asoslanib uch o'lchamli model qurildi. Tadqiqotlar davomida delta suv tizimining uchta asosiy ob'ekti bo'yicha 32 ta zooplankton namunasi yig'ildi va gidrokimyoviy tahlillar o'tkazildi [5].

Natijalar va ularning tahlili

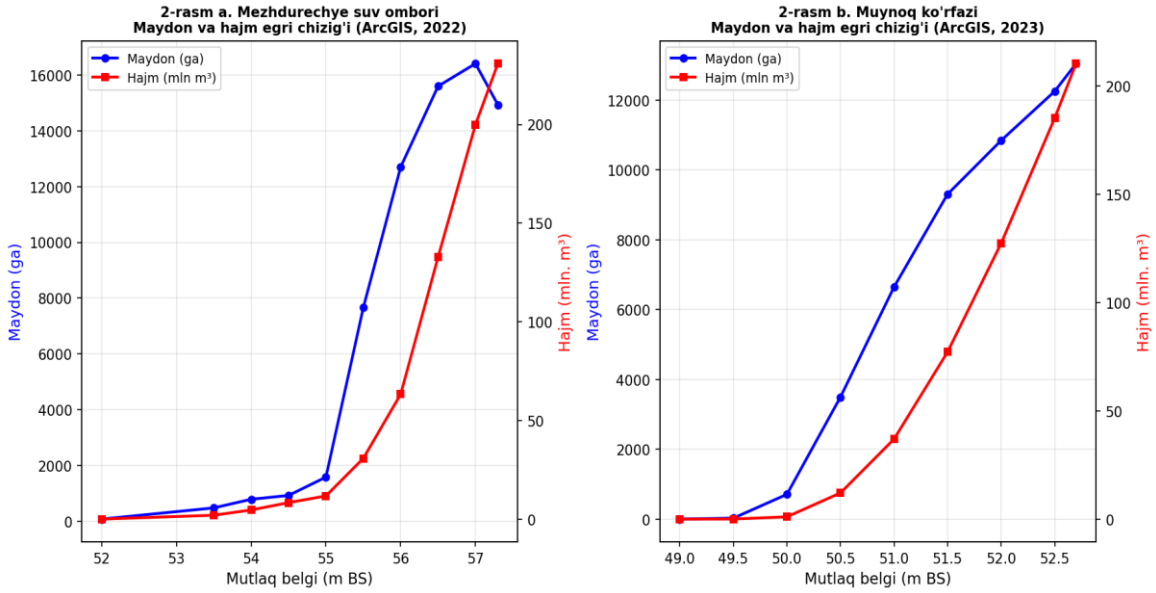
3.1. Mezhdurechye suv omborining morfometrik va gidrologik xarakteristikalari

Mezhdurechye suv ombori Amudaryo deltasining markaziy qismida joylashgan bo'lib, Akdarya va Kipchakdarya o'zanlari orasida barpo etilgan. Suv ombori 1978 yilda qurilib, delta suv havzalarini tartibga soluvchi asosiy ob'ekt sifatida faoliyat yuritadi [6]. 2022 yildagi maydon tadqiqotlari va ArcGIS tahlillari natijasida suv omborining asosiy morfometrik parametrlari aniqlandi (1-jadval).

1-jadval. Mezhdurechye suv omborining morfometrik xarakteristikalari (ArcGIS 2022 yil, natijalar)

Ko'rsatkich	Loyiha qiymati	Hozirgi holat (2022)	Farq (%)
Maydon (ming ga) H=57.0 m da	21.4	16.4	-23.4%
To'liq hajm (mln. m³) H=57.0 m da	230.0	199.9	-13.1%
Maksimal chuqurlik (m)	6–7	5–6	~−17%
O'rtacha chuqurlik (m)	—	1.2–2.0	—
Kritik belgi (m BS)	57.30	57.30	—
Loyiha NP belgisi (m BS)	58.00	57.30	−0.70 m

ArcGIS dasturida batigrafik egri chiziqlar tahlili shuni ko'rsatadiki, H=56.0 m belgisida suv ombori maydoni 12 704 ga va hajmi 63.45 mln. m³ ni, H=57.0 m belgisida esa 16 411 ga va 199.91 mln. m³ ni tashkil etadi (2-rasm). Loyiha ko'rsatkichlari bilan taqqoslaganda, suv omborining hozirgi sig'imi loyihadan 13% ga kam ekanligi aniqlandi. Bu asosan suv ombori tubining qumlanishi va suv oluvchi inshootlarning eskirganligi bilan izohlanadi.



2-rasm. Mezhdurechye va Muynoq ko'rfazlarining batimetrik egri chiziqlari (ArcGIS tahlili, 2022–2023)

3.2. Muynoq va Baliqchi ko'rfazlarining gidrologik holati

Muynoq ko'rfazi Mezhdurechye suv omboridan «Glavmyaso» kanali orqali suv oladi. 2023 yil noyabr oyida o'tkazilgan namunaviy tadqiqotlar natijasida ko'rfazning asosiy parametrlari aniqlangan (2-jadval). Loyiha ko'rsatkichlari bilan taqqoslaganda, hozirgi holat 16% kam maydon va 12% kam hajmni ko'rsatmoqda. «Marinkan» kanali orqali suv oladigan Baliqchi ko'rfazi ham o'xshash tendensiyalarni namoyon etmoqda.

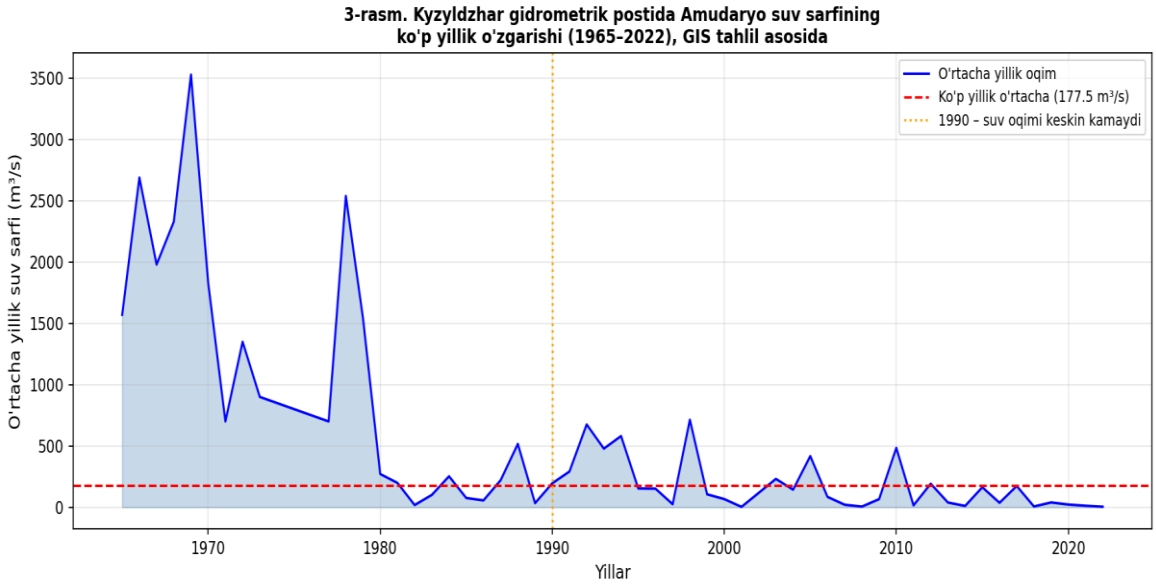
2-jadval. Muynoq va Baliqchi ko'rfazlarining asosiy gidrologik parametrlari (2023 yil maydon tadqiqotlari)

Parametr	Muynoq (loyiha)	Muynoq (hozirgi, 2023)	Baliqchi (loyiha)	Baliqchi (hozirgi, 2023)
Maydon (ga)	15 034	12 529	7 304	6 243
Hajm (mln. m³)	210.0	184.97	151.4	124.91
Maksimal chuqurlik (m)	4.2	4.0–4.2	4.0	3.5–4.0
O'rtacha chuqurlik (m)	—	1.48	—	2.0
Mineralizatsiya (g/l)	—	2.5–4.0	—	1.5–3.0

GIS tahlili natijalari shuni ko'rsatadiki, Muynoq ko'rfazida 8 ta profil bo'yicha o'tkazilgan nivelir o'lchovlar asosida ko'rfaz maydoni va hajmining gorizont belgilariga bog'liq egri chiziqlari qurildi. H=52.0 m belgisida ko'rfaz maydoni 10 846 ga ni, H=52.7 m da esa 13 050 ga ni tashkil etadi. Loyihaviy ko'rsatkichlarga nisbatan hozirgi maydon va hajm ko'rsatkichlari mos ravishda 14% va 17% ga kam. Kam suvli yillarda ko'rfaz maydoni 5 ming ga dan kamroqqa tushishi kuzatildi.

3.3. Amudaryo oqimining ko'p yillik tendensiyasi va delta suv balansi

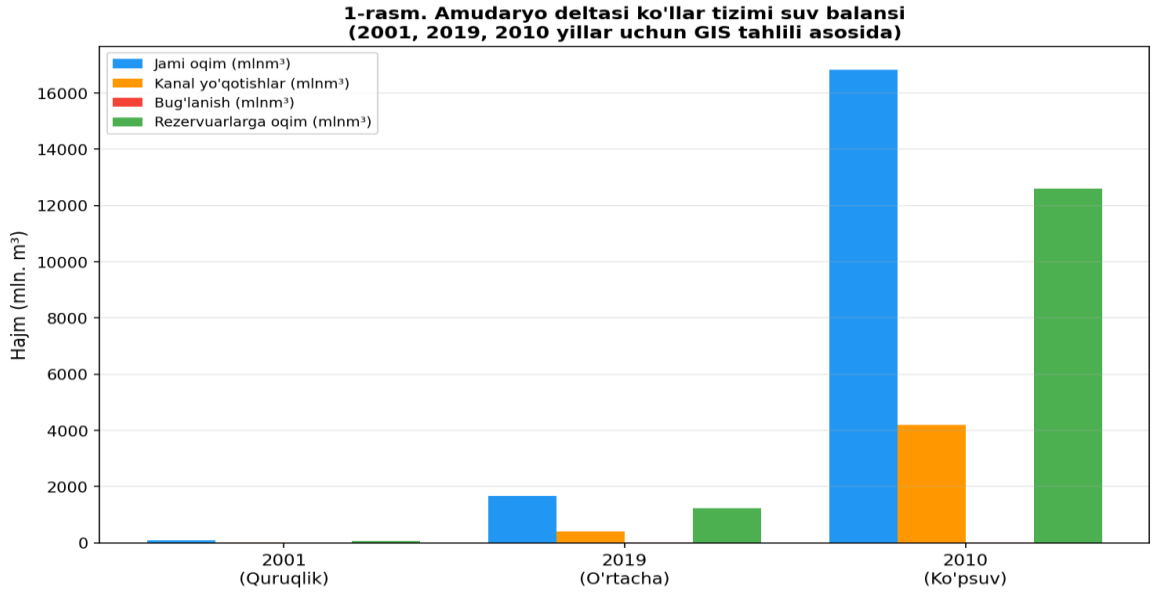
Kyzyldzhar gidrometrik postidagi 1965–2022 yillar ma'lumotlari tahlili Amudaryo oqimining keskin pasayish tendensiyasini ko'rsatmoqda (3-rasm). 1969 yilda kuzatilgan maksimal oylik o'rtacha sarif 3530 m³/s bo'lgan bo'lsa, 2001 yilda bu ko'rsatkich 2.1 m³/s gacha tushib ketdi. Ko'p yillik o'rtacha sarif 177.48 m³/s ni tashkil etadi.



3-rasm. Kyzyldzhar gidrometrik postida Amudaryo yillik o'rtacha sarfining dinamikasi (1965–2022 yillar)

Tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, 1980–2022 yillar davomidagi oqim ta'minoti parametrlari quyidagicha: 3% ta'minot — 714.1 m³/s (1980 yil), 50% ta'minot — 116.9 m³/s (2000 yil), 96% ta'minot — 2.83 m³/s (2021 yil). Variatsiya koeffitsienti Cv = 1.08, asimmetriya koeffitsienti Cs = 1.79. Bu ko'rsatkichlar oqim rejimining o'ta beqarorligi va uzoq davom etayotgan quruqchilik xavfi katta ekanligini tasdiqlamoqda [7].

Suv balansi modellashtirish natijalariga ko'ra, ko'p suvli yillarda (2010) delta sistemasiga jami 16817.7 mln. m³ suv tushgan, uning 4204.4 mln. m³ i kanal yo'qotishlariga sarflangan. O'rtacha suvli yillarda (2019) mos ravishda 1674.4 va 418.6 mln. m³, quruq yillarda (2001) esa 100.89 va 25.22 mln. m³ ni tashkil etdi (1-rasm, 3-jadval).



1-rasm. Amudaryo deltasi suv balansi tahlili turli suv ta'minot sharoitlarida (GIS asosida modellashtirish)

3-jadval. Priamudaryo zonasining turli yillardagi suv balansi (modellashtirish natijalari)

Ko'rsatkich	Ko'p suvli yil (2010)	O'rtacha suvli yil (2019)	Quruq yil (2001)
Jami oqim (mln. m³)	16 817.7	1 674.4	100.89
Kanal yo'qotishlari (mln. m³)	4 204.4	418.6	25.22
Jami bug'lanish (mln. m³)	14.50	11.44	4.95
Filtratsiya (mln. m³)	1.30	1.14	0.17
Yo'qotishlar ulushi (%)	25.0%	25.0%	25.0%
Havzalarga kelgan suv (mln. m³)	~12 600	~1 244	~70.5

3.4. Biologik resurslar va ekologik holat

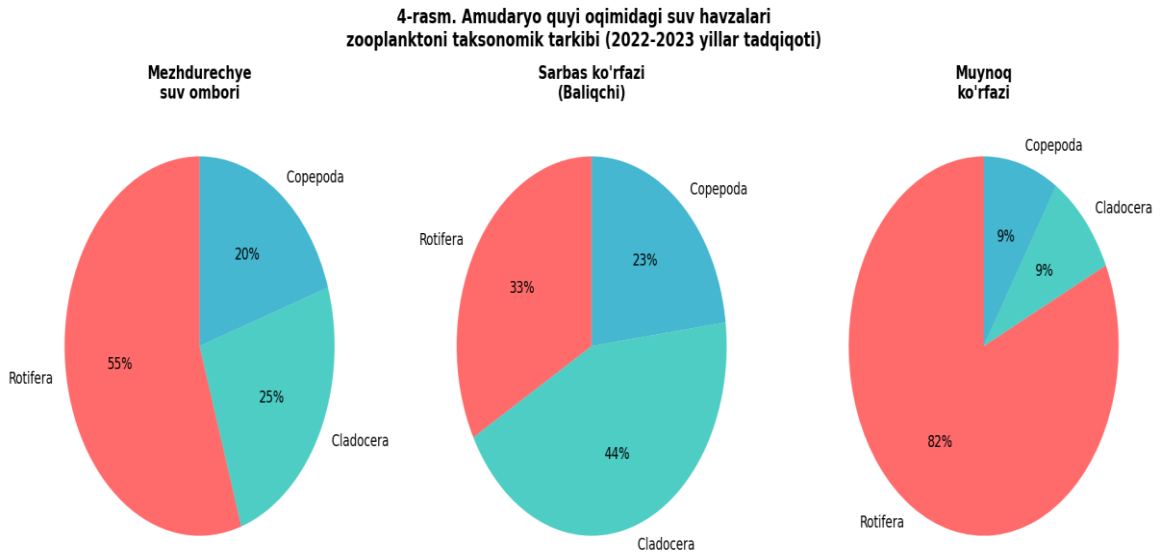
Gidrologik o'zgarishlar Amudaryo deltasi biologik resurslariga ham salmoqli ta'sir ko'rsatmoqda. 2022–2023 yillarda o'tkazilgan gidrobiologik tadqiqotlar davomida Mezhdurechye suv ombori, Muynoq va Sarbas ko'rfazlaridan 32 ta zooplankton namunasi to'plab tahlil qilindi [8]. Tadqiqotlar natijasida jami 27 tur zooplankton aniqlandi: 15 tur kovratkalar (Rotifera), 6 tur shoxdor qisqichbaqasimonlar (Cladocera) va 6 tur eshkakoyoq qisqichbaqasimonlar (Copepoda).

4-jadval. Amudaryo quyi oqimi suv havzalarida zooplankton faunistik xilma-xilligi (2022–2023 yillar)

Suv havzasi	Yoz 2022	Kuz 2022	Yoz 2023	Kuz 2023	Jami turlar
Mezhdurechye	14	9	14	8	27
Sarbas (Baliqchi)	—	—	6	—	6
Muynoq ko'rfazi	—	—	11	—	11

Mezhdurechyeda zooplankton xilma-xilligi eng yuqori (27 tur) bo'lib, bu uning nisbatan barqaror gidrologik rejimi bilan bog'liq. Sarbas va Muynoq ko'rfazlarida esa yuqori mineralizatsiya (2.5–4.0 g/l) tufayli tur tarkibi chegaralangan (4-rasm). GIS monitoring natijalari ko'rsatadiki,

quruq yillarda Muynoq ko'rfazida mineralizatsiya 3.5–4.0 g/l gacha ko'tarilishi biologik muhitga jiddiy ta'sir ko'rsatadi.



4-rasm. Amudaryo quyi oqimidagi suv havzalari zooplanktoni taksonomik tarkibi (2022–2023 yillar tadqiqoti)

Xulosalar

1. GIS texnologiyalari va ArcGIS dasturi asosida o'tkazilgan tahlillar Amudaryo deltasidagi asosiy suv havzalarining hozirgi gidrologik holatini loyiha ko'rsatkichlaridan sezilarli og'ishini (13–23%) aniqladi. Mezhdurechye suv omborining haqiqiy sig'imi (H=57.0 m da 199.9 mln. m³) loyiha qiymatidan 13% kam.

2. Kyzyldzhar gidrometrik posti ma'lumotlarining ko'p yillik tahlili (1965–2022) Amudaryo oqimining keskin pasayish tendensiyasini tasdiqlamoqda. 1990-yillar o'rtasidan boshlab sarfning dramatik kamayishi delta ko'llari maydoniga bevosita salbiy ta'sir ko'rsatgan. Variatsiya koeffitsiyenti Cv = 1.08 oqim rejimining o'ta beqarorligini bildiradi.

3. Suv balansini modellashtirish ko'rsatadiki, quruq yillarda (2001) delta havzalariga keluvchi suv hajmi atigi 100.89 mln. m³ ni tashkil etib, ko'p suvli yillar bilan taqqoslaganda 166 marta farq qiladi. Bunday o'ta katta o'zgaruvchanlik delta ekotizimi uchun jiddiy xavf tug'diradi.

4. GIS asosida yaratilgan matematik model suv resurslarini boshqarishning optimal strategiyasini ishlab chiqishga imkon beradi. Kanal quvvatlarini loyiha darajasiga yetkazish («Glavmyaso» — 44 m³/s, «Marinkinuzak» — 50 m³/s) delta suv havzalari suv ta'minini sezilarli yaxshilaydi.

5. Biologik tadqiqotlar ko'rsatishicha, gidrologik rejimning beqarorligi delta suv havzalari biodiversiyasiga jiddiy salbiy ta'sir ko'rsatmoqda. Mezhdurechyeda aniqlangan 27 tur zooplankton 1968–1983 yillar darajasidan (36 tur) ancha past, bu ekologik degradatsiyaning aniq ko'rsatkichi hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Rogov M.M. Gidrologicheskiy rezhim del'ty Amudar'i. Toshkent: Fan nashriyoti, 1968. — 214 b.

2. Духовный В.А. Водные проблемы в бассейне Аральского

моря // Водные ресурсы. — 2003. — №4. — С. 3–15.

3. Каримова О.Ю., Курбанбаев С.Е. Классификация и оценка продуктивности водных объектов реки Амударьи // Вестник КГУ им. Бердаха. — 2023. — Специальный выпуск. — С. 23–28.

4. КРЦ НИИИВП. Заключительный отчет по проекту ALM-2022048237. — Нукус, 2023. — 111 с.

5. Гинатуллина Е.Н. и др. Планктонные организмы Междуречья, Муйнак и оз. Сарбас // Гидробиологический журнал. — 2006. — Т. 42. — №3. — С. 45–58.

6. Узгипроводхоз. Проект создания Междуреченского водохранилища в дельте Амударьи. — Ташкент, 1975.

7. Кызылджар гидропост. Гидрологические наблюдения за период 1965–2022 гг. — Саманбай, 2022.

8. Қозақбаев С. Биология и экология планктонных ракообразных организмов Аральского моря. — Нукус: Билим, 1986. — 156 с.

9. NATO SFP 974357. Комплексное управление ресурсами для восстановления ветландов в бассейне Аральского моря. — 2000–2003.

10. ESRI. ArcGIS Desktop: Release 10.8. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, 2020.

11. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021 yil 29 iyuldagi PQ-5202-son qarori. Orolbo‘yi mintaqasini ekologik innovatsiyalar va texnologiyalar hududi deb e’lon qilish to‘g‘risida. — Toshkent, 2021.

12. Курбанбаев Е., Артыков О., Курбанбаев С.Е. Интегрированное управление водными ресурсами в дельте реки Амударьи. Ташкент, 2010. — 156 с.

13. Курбанбаев С.Е. Изменение гидрографической сети дельты реки Амударьи… // Вестник КК отделения АН РУз. №1. Нукус, 2015. — С. 14-19.

14. Курбанбаев Е., Курбанбаев С.Е. Определение величины ожидаемого прихода максимальных расходов… // Вестник КК отделения АН РУз. №2. Нукус, 2015. — С. 24-27.

15. Temirbekov R., Mirzambetov N., Musaev A., Israilova I., Kaipov I., Turlibaev Z. Current state of biodiversity and hydrological-hydrochemical regime of the Mezhdurechensk reservoir of the Republic of Karakalpakstan IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1284 (2023) 012007 IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/1284/1/012007.

16. Kaipov I. Analysis of the hydrological regime and morphometric characteristics of the Mezhdurechenskoye reservoir. “Orolbo’yi hududida iqlim o’zgarishi va suv tanqisligi sharoitida qishloq xo’jaligini rivojlantirishning innovatsion texnika va texnologiyalari” mavzusidagi xalqaro ilmiy va ilmiy-texnik konferensiyasi Materiallar to’plami 12 mart 2026 yil Nukus.

17. Kaipov I. Amudaryo quyi oqimi gidrotexnik inshootlarining suv balansi dinamikasi va ekologik barqarorlik masalalari (Mejdurechie suv ombori misolida). “Orolbo’yi hududida iqlim o’zgarishi va suv tanqisligi sharoitida qishloq xo’jaligini rivojlantirishning innovatsion texnika va texnologiyalari” mavzusidagi xalqaro ilmiy va ilmiy-texnik konferensiyasi Materiallar to’plami 12 mart 2026 yil Nukus.

UDK: 528.8:631.4

XO‘JAYLI TUMANI HUDUDIDA NDVI, NDWI VA NDSI INDEKSLARI ASOSIDA VEGETATSIYA, NAMLIK VA SHO‘RLANISH HOLATINI BAHOLASH (2010–2025)

Isakov Dawletyar Azat uli *- “TIQXMMI” MTU, kadastr ta’lim yo‘nalishi,*

Orazbayev Azizbek Rustem uli *– “TIQXMMI” MTU, Davlat kadastrlari kafedrasi assistenti*

Annotatsiya. *Mazkur tezisda Qoraqalpog‘iston Respublikasi Xo‘jayli tumani hududida 2010, 2015, 2020 va 2025-yillar uchun hisoblangan NDVI, NDWI va NDSI indekslari asosida vegetatsiya qoplami, namlik signali hamda sho‘rlanishga moyil yerlar holati baholandi. Tahlil natijalariga ko‘ra, NDVI o‘rtacha qiymati 2010-yildagi 0.055530 dan 2025-yilda 0.101761 gacha oshgan bo‘lib, bu vegetatsiya signali kuchayganini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, NDWI o‘rtacha qiymatining -0.085320 dan -0.138740 gacha pasayishi hudud bo‘yicha namlik/suv signali sustlashganini anglatadi. NDSI maksimum qiymati 2020-yilda 0.445376 ga yetib, ayrim lokal maydonlarda sho‘rlanish yoki ochiq tuproq signali kuchli bo‘lgan davrni ko‘rsatadi. Olingan natijalar Xo‘jayli tumanida yer resurslarining ekologik monitoringini masofadan zondlash indekslari orqali tezkor baholash va keyingi dala tekshiruvlari uchun ustuvor maydonlarni tanlashda amaliy ahamiyatga ega.*

Kalit so‘zlar*: Xo‘jayli tumani, masofadan zondlash, NDVI, NDWI, NDSI, vegetatsiya, namlik, sho‘rlanish, ekologik monitoring.*

Abstract. *This thesis evaluates vegetation cover, moisture conditions, and salinity-prone areas in the Khojayli district of the Republic of Karakalpakstan using NDVI, NDWI, and NDSI indices calculated for the years 2010, 2015, 2020, and 2025. According to the analysis results, the average NDVI value increased from 0.055530 in 2010 to 0.101761 in 2025, indicating an intensification of vegetation activity. At the same time, the average NDWI value decreased from -0.085320 to -0.138740, suggesting a decline in moisture/water signal across the area. The maximum NDSI value reached 0.445376 in 2020, reflecting periods of intensified salinity or exposed soil signals in certain local areas. The obtained results are of practical importance for rapid assessment of the ecological condition of land resources in the Khojayli district using remote sensing indices, as well as for identifying priority areas for further field investigations.*

Keywords: *Khojayli district, remote sensing, NDVI, NDWI, NDSI, vegetation, moisture, salinity, ecological monitoring.*

Аннотация. *В данной работе проведена оценка растительного покрова, уровня влажности и засоленных земель на территории Ходжейлинского района Республики Каракалпакстан на основе индексов NDVI, NDWI и NDSI, рассчитанных за 2010, 2015, 2020 и 2025 годы. По результатам анализа среднее значение NDVI увеличилось с 0,055530 в 2010 году до 0,101761 в 2025 году, что свидетельствует об усилении вегетационной активности. В то же время среднее значение NDWI снизилось с -0,085320 до -0,138740,*

что указывает на уменьшение уровня влажности/водного сигнала на территории. Максимальное значение NDSI достигло 0,445376 в 2020 году, что отражает усиление процессов засоления или оголённой почвы в отдельных локальных участках. Полученные результаты имеют практическое значение для оперативной оценки экологического состояния земельных ресурсов Ходжейлинского района с использованием методов дистанционного зондирования, а также для определения приоритетных участков для последующих полевых исследований.

Ключевые слова: *Ходжейлинский район, дистанционное зондирование, NDVI, NDWI, NDSI, растительность, влажность, засоление, экологический мониторинг.*

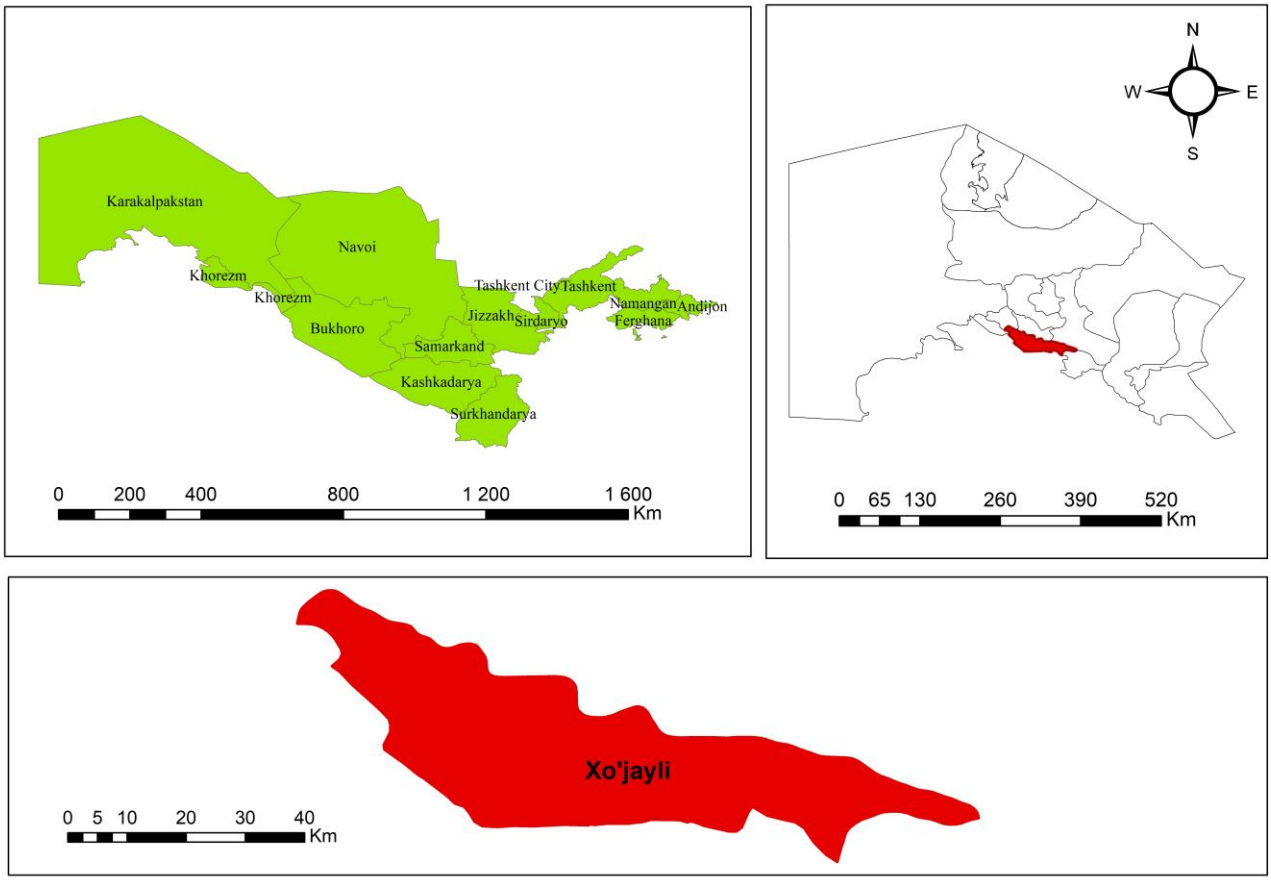
Kirish. Orolbo‘yi hududi, jumladan Quyi Amudaryo deltasiga yaqin joylashgan Xo‘jayli tumani tabiiy-geografik sharoiti, sug‘oriladigan dehqonchilik tizimlari, yer osti suvlari sathi, tuproq sho‘rlanishi va mavsumiy namlik o‘zgarishlari bilan bevosita bog‘liq murakkab geoekologik muhitga ega. Amudaryo deltasi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda yer degradatsiyasi, vegetatsiya qoplami kamayishi, tuproq sho‘rlanishi va suv ta’minoti omillari o‘zaro kuchli bog‘langan jarayonlar sifatida talqin qilinadi (Jiang et al., 2019; Pan et al., 2020). Shu sababli tuman miqyosida vegetatsiya, namlik va sho‘rlanish indikatorlarini birgalikda baholash ekologik barqarorlikni aniqlash uchun muhim ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi.

Masofadan zondlash ma’lumotlari yirik hududlarda yer qoplami va tuproq-vegetatsiya holatini muntazam kuzatish imkonini beradi. Aral dengizi havzasida masofadan zondlash usullari yer va suv resurslarini boshqarish, sug‘oriladigan yerlar monitoringi, vegetatsiya dinamikasi va degradatsiya jarayonlarini aniqlashda muhim axborot manbai sifatida qo‘llanib kelinmoqda (Conrad et al., 2020). NDVI vegetatsiya zichligi va faol fotosintetik biomassani baholashda eng keng qo‘llaniladigan indekslardan biri bo‘lib, u qizil va yaqin infraqizil diapazonlar farqiga asoslanadi (Rouse et al., 1974). NDWI suv obyektlari yoki namlik bilan bog‘liq signallarni ajratishda, NDSI esa sho‘rlanishga moyil ochiq tuproq maydonlarini aniqlashda qo‘llaniladi (McFeeters, 1996; Khan et al., 2005; Asfaw et al., 2018).

Tadqiqotning maqsadi — Xo‘jayli tumani hududida 2010–2025-yillar oralig‘ida NDVI, NDWI va NDSI indekslarining minimum, maksimum va o‘rtacha qiymatlari asosida vegetatsiya-namlik-sho‘rlanish holatini baholash hamda natijalarni tezis formatida ilmiy izohlashdan iborat.

Tadqiqot hududi. Tadqiqot hududi sifatida Qoraqalpog‘iston Respublikasi tarkibidagi Xo‘jayli tumani tanlandi. Qoraqalpog‘iston Respublikasi statistika organlari ma’lumotlarida Xo‘jayli tumanining doimiy aholisi 2025-yil 1-iyul holatiga 130,6 ming kishi ekani qayd etilgan; shundan shahar aholisi 83,1 ming, qishloq aholisi 47,5 ming kishini tashkil qiladi (Qoraqalpog‘iston Respublikasi statistika boshqarmasi, 2025). Ma’muriy-hududiy bo‘linish ma’lumotlarida tuman maydoni 0,551 ming km² atrofida ko‘rsatiladi (Qoraqalpog‘iston Respublikasi statistika boshqarmasi, n.d.).

Xo‘jayli tumani Amudaryoning quyi oqimi va Orolbo‘yi ekologik tizimlari ta’sirida joylashganligi sababli hududda namlik rejimi, sug‘orish tizimlari, sho‘rlanish va ochiq tuproq maydonlarining ulushi vegetatsiya holatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Shu jihatdan NDVI, NDWI va NDSI indekslarining birgalikdagi tahlili tuman hududidagi ekologik o‘zgarishlarni dastlabki masofaviy baholash uchun qulay metodik yondashuv hisoblanadi.



1-rasm. Tadqiqot hududi xaritasi uchun joy: Xo‘jayli tumani, Qoraqalpog‘iston Respublikasi. Izoh: ushbu joyga ArcGIS orqali tayyorlangan

Materiallar va metodlar

Tahlilda foydalanuvchi tomonidan taqdim etilgan 2010, 2015, 2020 va 2025-yillarga oid indeks statistikasi asos qilib olindi. Har bir yil uchun NDVI, NDWI va NDSI bo‘yicha minimum, maksimum va o‘rtacha qiymatlar ajratildi. Natijalar jadval va grafik ko‘rinishida umumlashtirildi, so‘ngra indekslarning ekologik mazmuni bo‘yicha taqqoslama tahlil qilindi.

NDVI quyidagi formula asosida izohlanadi: NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red). Indeksning yuqori musbat qiymatlari odatda zich va faol vegetatsiyani, nolga yaqin qiymatlar ochiq tuproq yoki kam vegetatsiyani, manfiy qiymatlar esa suv, nam sirt, bulut soyasi yoki noaniq spektral obyektlarni ko‘rsatishi mumkin (Rouse et al., 1974).

NDWI ning McFeeters varianti suv obyektlari va namlik bilan bog‘liq spektral signallarni ajratishda qo‘llanadi: NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR). Sentinel Hub metodik tavsifida NDWI suv obyektlarini kuchaytirishi, biroq ayrim qurilgan hududlarda ortiqcha baholash xavfi

mavjudligi qayd etiladi (McFeeters, 1996; Sentinel Hub, n.d.).

NDSI sho‘rlanishga moyil ochiq tuproq maydonlarini baholashda qo‘llanadigan indekslardan biri bo‘lib, ko‘p adabiyotlarda NDSI = (Red - NIR) / (Red + NIR) tarzida beriladi. Sho‘rlanish indekslari masofadan zondlash orqali tuproq sho‘rlanishining fazoviy tarqalishini baholashda qo‘llanadi, biroq bunday natijalarni dala sharoitida elektr o‘tkazuvchanlik (EC) yoki tuproq namunasi bilan validatsiya qilish zarur (Khan et al., 2005; Asfaw et al., 2018).

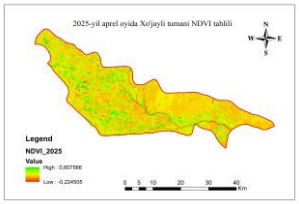
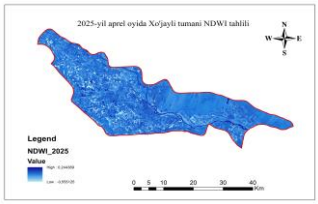
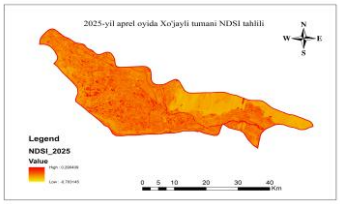
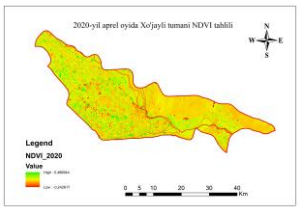
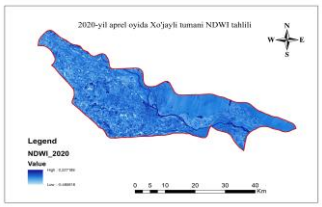
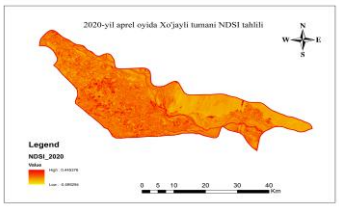
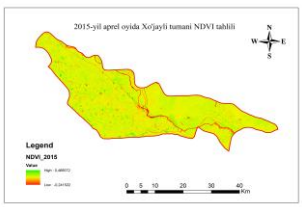
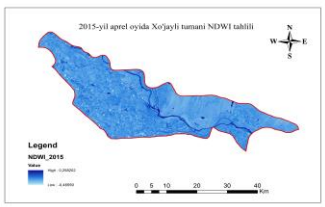
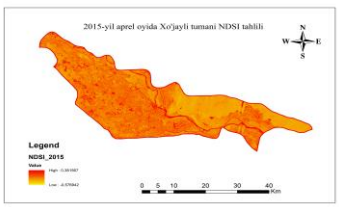
Natijalar

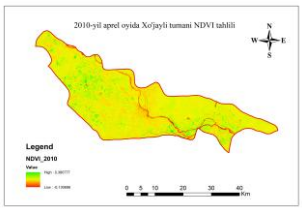
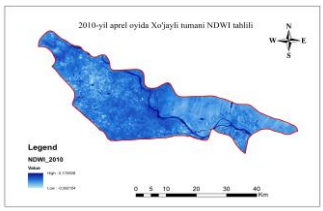
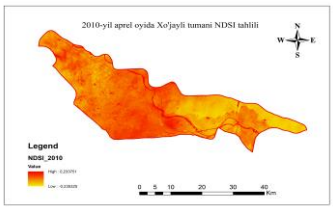
Indekslar bo‘yicha dastlabki statistik ko‘rsatkichlar 1-jadvalda keltirilgan. Jadvaldan ko‘rinadiki, 2010–2025-yillar oralig‘ida NDVI maksimum va o‘rtacha qiymatlarida o‘sish kuzatiladi. NDWI o‘rtacha qiymatlari esa tahlil davrining oxiriga kelib yanada manfiylashgan. NDSI maksimumi 2020-yilda eng yuqori bo‘lib, bu ayrim maydonlarda sho‘rlanish yoki ochiq tuproq signali kuchli bo‘lgan davr mavjudligini bildiradi.

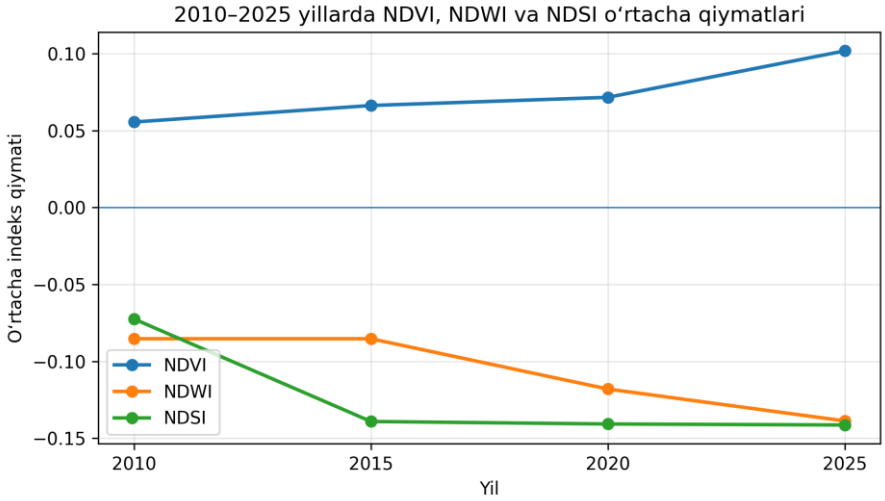
1-jadval. Xo‘jayli tumani bo‘yicha NDVI, NDWI va NDSI indekslarining minimum, maksimum va o‘rtacha qiymatlari

Yil	NDVI Max	NDVI Min	NDVI Mean	NDWI Max	NDWI Min	NDWI Mean	NDSI Max	NDSI Min	NDSI Mean
2025	0.607566	-0.224510	0.101761	0.244389	-0.555120	-0.138740	0.290409	-0.703140	-0.141380
2020	0.486944	-0.242620	0.071573	0.227188	-0.485820	-0.118010	0.445376	-0.599290	-0.140730
2015	0.470515	-0.251130	0.066259	0.170508	-0.392150	-0.085320	0.381567	-0.576940	-0.139100
2010	0.405295	-0.134890	0.055530	0.170508	-0.392150	-0.085320	0.233751	-0.235320	-0.072490

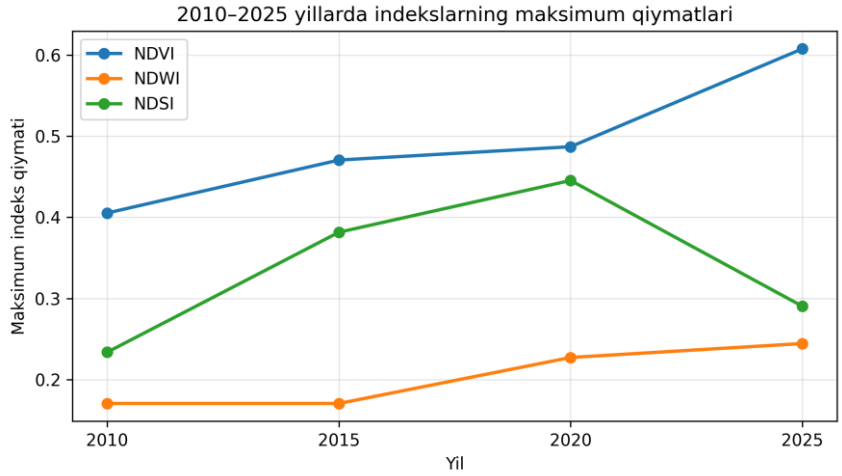
Manba: muallif tomonidan taqdim etilgan indeks statistikasi asosida tuzildi.

	NDVI	NDWI	NDSI
04.2025-yil			
04.2020-yil			
04.2015-yil			

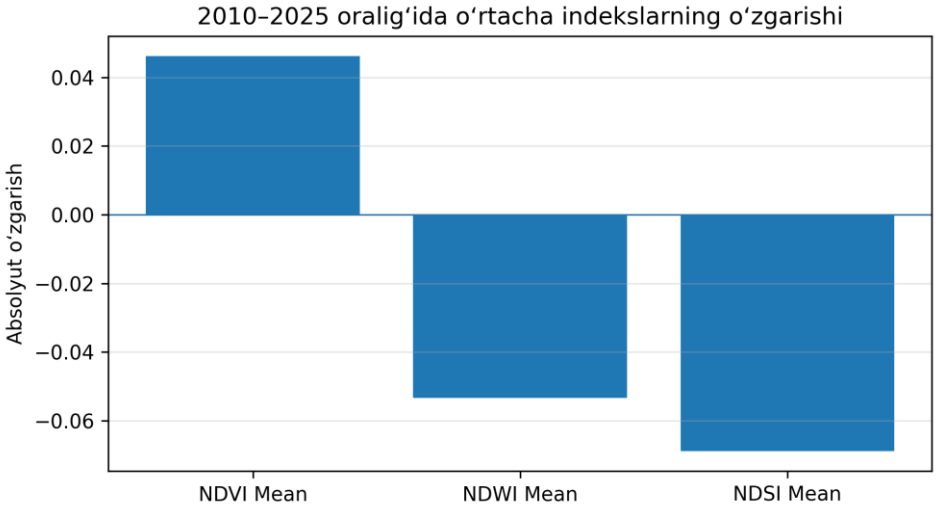
04.2010-yil			



2-rasm. 2010–2025-yillarda NDVI, NDWI va NDSI o‘rtacha qiymatlari dinamikasi. Izoh: NDVI o‘sishi vegetatsiya signalining kuchayishini, NDWI ning manfiylashishi esa hudud bo‘yicha umumiy namlik/suv signali sustligini ko‘rsatadi.



3-rasm. Indekslarning maksimum qiymatlari dinamikasi. Izoh: NDSI maksimumining 2020-yilda yuqori bo‘lishi ayrim lokal maydonlarda sho‘rlanish yoki ochiq tuproq signali kuchayganini bildiradi.



4-rasm. 2010–2025-yillar oralig‘ida o‘rtacha indekslarning absolyut o‘zgarishi. Izoh: musbat ustun indeks o‘sishini, manfiy ustun esa pasayishini bildiradi.

Muhokama

NDVI bo‘yicha o‘rtacha qiymat 2010-yilda 0.055530 bo‘lgan bo‘lsa, 2025-yilda 0.101761 ga yetgan. Absolyut o‘sish 0.046231 birlikni, nisbiy o‘sish esa taxminan 83.3% ni tashkil etdi. Bu Xo‘jayli tumani hududida vegetatsiya signali umumiy kesimda kuchayganini bildiradi. Biroq NDVI o‘rtacha qiymatlarining 0.10 atrofida qolishi hududning katta qismida siyrak vegetatsiya, ochiq tuproq, sho‘rlangan maydonlar yoki qishloq xo‘jaligi ekinlarining mavsumiy tarqalishi ustun bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatadi.

NDWI o‘rtacha qiymati 2010-yildagi -0.085320 dan 2025-yilda -0.138740 gacha pasaygan. Absolyut o‘zgarish -0.053420 birlik bo‘lib, qiymatning yanada manfiylashishi umumiy landshaft kesimida suv/namlik signali pasayganini anglatadi. Shu bilan birga, NDWI maksimum qiymati 2010–2015-yillarda 0.170508 bo‘lgan bo‘lsa, 2025-yilda 0.244389 ga yetgan. Bu ayrim lokal nuqtalarda suv obyektlari, kanal tarmoqlari yoki nam sirtlar saqlangan bo‘lishi mumkinligini bildiradi. Demak, Xo‘jayli tumani bo‘yicha namlik signali bir tekis emas, balki fazoviy jihatdan notekis taqsimlangan.

NDSI o‘rtacha qiymati 2010-yilda -0.072490, 2025-yilda esa -0.141380 bo‘lgan. Bu indeksning landshaft bo‘yicha o‘rtacha qiymati manfiy tomonga siljiganini bildiradi. Biroq NDSI maksimum qiymati 2020-yilda 0.445376 ga yetganligi muhim ekologik signal hisoblanadi. NDSI ning bunday yuqori lokal qiymati ochiq tuproq, sho‘rlanishga moyil sirtlar yoki vegetatsiya qoplami zaif bo‘lgan maydonlar mavjudligini ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli 2020-yil xaritasida NDSI yuqori bo‘lgan poligonlarni alohida ajratib, ularni tuproq sho‘rlanishi, yer osti suvi chuqurligi va sug‘orish-drenaj tizimi ma’lumotlari bilan solishtirish tavsiya etiladi.

Uch indeksning birgalikdagi tahlili shuni ko‘rsatadiki, 2010–2025-yillarda NDVI o‘sishi kuzatilgan bo‘lsa-da, NDWI ning pasayishi hududda vegetatsiya yaxshilanishi keng miqyosli namlik ortishi bilan emas, balki ayrim sug‘oriladigan yoki mavsumiy vegetatsiyali maydonlar hisobiga yuzaga kelgan bo‘lishi mumkinligini bildiradi. Bu holat Orolbo‘yi va Quyi

Amudaryo sharoitida keng tarqalgan suv taqchilligi, tuproq sho‘rlanishi va yer degradatsiyasi jarayonlari bilan mos keladi (Jiang et al., 2019; Pan et al., 2020). Shu bilan birga, masofadan zondlash natijalari dala kuzatuvlari bilan tekshirilmaguncha yakuniy meliorativ xulosa sifatida emas, balki dastlabki monitoring indikatori sifatida talqin qilinishi kerak.

Amaliy ahamiyati va tavsiyalar

Olingan natijalar Xo‘jayli tumanida ekologik monitoring, qishloq xo‘jaligi yerlarining meliorativ holatini kuzatish va vegetatsiya qoplami o‘zgarishini baholash uchun dastlabki ma’lumot sifatida xizmat qiladi. Xususan, NDVI past, NDWI manfiy va NDSI yuqori bo‘lgan kombinatsiyalar ekologik xavf yuqori bo‘lishi mumkin bo‘lgan zonalarni ajratishda qo‘llanishi mumkin.

Keyingi bosqichda quyidagi ishlarni bajarish tavsiya etiladi: 1) tadqiqot hududi xaritasiga tuman chegarasi, aholi punktlari, sug‘orish kanallari va asosiy yer qoplami sinflarini kiritish; 2) indeks xaritalarini bir xil vegetatsiya mavsumi bo‘yicha solishtirish; 3) NDSI yuqori maydonlarda dala tuproq namunalari va EC o‘lchovlarini amalga oshirish; 4) NDVI, NDWI va NDSI natijalarini yer qoplami klassifikatsiyasi bilan integratsiya qilish; 5) 2020-yilda yuqori NDSI qiymati kuzatilgan hududlarni alohida ekologik xavf zonalari sifatida tekshirish.

Xulosa

Xo‘jayli tumani bo‘yicha 2010, 2015, 2020 va 2025-yillar indeks statistikasi tahlili shuni ko‘rsatdiki, NDVI o‘rtacha qiymati 2010–2025-yillar oralig‘ida oshgan, ya’ni vegetatsiya signali ma’lum darajada kuchaygan. Biroq NDWI o‘rtacha qiymatining yanada manfiylashishi hududda umumiy namlik/suv signali pastligini ko‘rsatadi. NDSI maksimumining 2020-yilda yuqori bo‘lishi esa ayrim maydonlarda sho‘rlanish yoki ochiq tuproq signali kuchli bo‘lgan davrni anglatadi. Shunday qilib, Xo‘jayli tumanida ekologik monitoringni faqat bitta indeks bilan emas, balki NDVI–NDWI–NDSI kompleks yondashuvi asosida olib borish ilmiy jihatdan asosli hisoblanadi. Natijalarni yanada ishonchli qilish uchun kelgusida indeks xaritalari dala kuzatuvlari, tuproq sho‘rlanishi o‘lchovlari, sug‘orish-drenaj ma’lumotlari va yer qoplami klassifikatsiyasi bilan solishtirilishi zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Asfaw, E., Suryabhagavan, K. V., & Argaw, M. (2018). Soil salinity modeling and mapping using remote sensing and GIS: The case of Wonji sugar cane irrigation farm, Ethiopia. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 17(3), 250–258. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.05.003

2. Conrad, C., Usman, M., Morper-Busch, L., & Schönbrodt-Stitt, S. (2020). Remote sensing-based assessments of land use, soil and vegetation status, crop production and water use in irrigation systems of the Aral Sea Basin: A review. Water Security, 11, 100078. https://doi.org/10.1016/j.wasec.2020.100078

3. Jiang, L., Bao, A., Jiapaer, G., Guo, H., Zheng, G., Gafforov, K., Kurban, A., & De Maeyer, P. (2019). Assessing land degradation and quantifying its drivers in the Amudarya River delta. Ecological Indicators, 107, 105595. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105595

4. Khan, N. M., Rastoskuev, V. V., Sato, Y., & Shiozawa, S. (2005). Assessment of hydrosaline land degradation by using a simple approach of remote sensing indicators.

Agricultural Water Management, 77(1–3), 96–109. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.09.038

5. McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. International Journal of Remote Sensing, 17(7), 1425–1432. https://doi.org/10.1080/01431169608948714

6. Pan, X., Wang, H., Wang, F., & Tang, J. (2020). Quantitative detection and attribution of groundwater level variations in the Amu Darya Delta. Water, 12(10), 2869. https://doi.org/10.3390/w12102869

7. Qoraqalpog‘iston Respublikasi statistika boshqarmasi. (2025). Xo‘jayli tumanining doimiy aholisi soni. https://qrstat.uz/uz/matbuot-xizmati/qo-mita-yangiliklar/19832-xo-jayli-tumanining-doimiy-aholisi-soni

8. Qoraqalpog‘iston Respublikasi statistika boshqarmasi. (n.d.). Qoraqalpog‘iston Respublikasining ma’muriy-hududiy bo‘linishi. https://www.qrstat.uz/files/294/Demografiya/10142/Qoraqalpogiston-Respublikasining-mamuriy-hududiy-bolinishi.pdf

9. Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 1, 309–317. NASA. https://ntrs.nasa.gov/citations/19740022614

10. Sentinel Hub. (n.d.). NDWI: Normalized Difference Water Index. https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/ndwi/

UDK: 528.8:631.417

SIRDARYO VILOYATIDA TUPROQ SHO‘RLANISHINING ZAMONAVIY GIS VA SSI ASOSIDA TAHLILI

Isayev Maxammad Xamza o‘g‘li *- “Toshkent Irrigatsiya va Qishloq Xo’jaligini Mexanizatsiyalash Muhandislari Instituti” Milliy Tadqiqot Universiteti, “Yer resurslari va Kadastr” fakulteti 2-bosqich talabasi*

Annotatsiya. *Ushbu ishda Sirdaryo viloyatining Sirdaryo tumani hududidan Sirdaryo daryosi o’tganligi sababli tuproq sho‘rlanish darajasi Soil Salinity Index (SSI) asosida tahlil qilinmoqdamiz. Ishning asosiy maqsadi ushbu hududlarda tuproqning sho‘rlanish holatini sputnik sinibkalar va fazoviy ma’lumotlar asosida, uning qishloq xo‘jaligiga ta’sirini baholash hamda mavjud muammolarni aniqlashdir.*

Tahlil jarayonida indeks usullaridan va formulalaridan foydalanilib, tuproq sho‘rlanishining hududiy taqsimlanishi o‘rgandik. SSI indeksi orqali yerlarning sho‘rlanish darajasi ma’lum miqdorda 5 ga bo’lib o’rgandik. Ular o’ta yuqori, yuqori, o‘rta, past va juda past (kam sho’rlangan) sho‘rlangan hudud ajratib ko‘rsatildi. Olingan natijalar asosida Sirdaryo tumanidagi sho‘rlanish darajalarining 10 yillik o’zgarishi o‘zaro solishtirildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, ushbu hududlarda tuproq sho‘rlanishi turli darajada namoyon bo‘lib, ayrim maydonlarda yuqori sho‘rlanish kuzatildi. Bu holat qishloq xo‘jaligi ekinlarining hosildorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu bilan birga, ayrim hududlarda meliorativ tadbirlar o’tkazilmagani natijasida

sho‘rlanish darajasining keskin oshgani ham aniqlandi. Mazkur tadqiqot natijalari yer resurslaridan oqilona foydalanish, sho‘rlanishga qarshi kurashish choralarini ishlab chiqish hamda qishloq xo‘jaligini barqaror rivojlantirishda muhimdir.

Аннотация: *В данной работе анализируется степень засоления почв на территории Сырдарьинского района Сырдарьинской области на основе индекса засоления почв (Soil Salinity Index — SSI), поскольку через данную территорию протекает река Сырдарья. Основная цель работы — оценка состояния засоления почв в указанном районе с использованием спутниковых снимков и пространственных данных, а также определение его влияния на сельское хозяйство и выявление существующих проблем. В процессе анализа применялись индексные методы и формулы, с помощью которых было изучено пространственное распределение засоления почв. На основе индекса SSI степень засоления земель была разделена на 5 категорий: очень высокая, высокая, средняя, низкая и очень низкая (слабозасолённые) территории. На основе полученных результатов было проведено сравнение изменений степени засоления за 10-летний период в Сырдарьинском районе. Результаты показали, что засоление почв в данном районе проявляется в различной степени, а на отдельных участках наблюдается высокий уровень засоления, что может негативно сказаться на урожайности сельскохозяйственных культур. Кроме того, было установлено, что на ряде территорий вследствие отсутствия мелиоративных мероприятий степень засоления резко возросла. Результаты данного исследования имеют важное значение для рационального использования земельных ресурсов, разработки мер борьбы с засолением, а также для устойчивого развития сельского хозяйства.*

Abstract: *In this study, we analyze the degree of soil salinity in the territory of Syrdarya district of Syrdarya region based on the Soil Salinity Index (SSI), as the Syrdarya River flows through this area. The main objective of the study is to assess the soil salinity conditions in this territory using satellite imagery and spatial data, to evaluate its impact on agriculture, and to identify existing problems. During the analysis, index methods and formulas were applied to examine the spatial distribution of soil salinity. Using the SSI index, the degree of land salinity was divided into 5 categories: very high, high, moderate, low, and very low (slightly saline) areas. Based on the obtained results, a 10-year change in salinity levels in Syrdarya district was compared. The results revealed that soil salinity in this area manifests at varying degrees, with high salinity observed in certain zones, which may negatively affect the yield of agricultural crops. Furthermore, it was found that in some areas, due to the absence of reclamation measures, the level of salinity has increased sharply. The findings of this research are significant for the rational use of land resources, the development of anti-salinization measures, and the sustainable development of agriculture.*

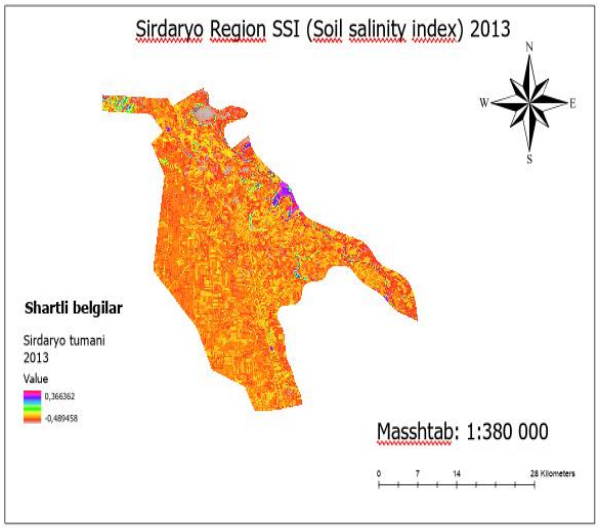
Kalit so’zlar*: Landsat 8-9 L1 S2, argisPro, reclassify, calculate, Tuproq sho‘rlanishi, Soil Salinity Index (SSI), masofadan zondlash, fazoviy tahlil, GIS texnologiyalari,*

Sirdaryo viloyati, Sayxunobod tumani, Sirdaryo tumani, tuproq degradatsiyasi, melioratsiya, qishloq xo'jaligi, sho'rlanish darajasi, sputnik tasvirlari, vaqt bo'yicha tahlil.

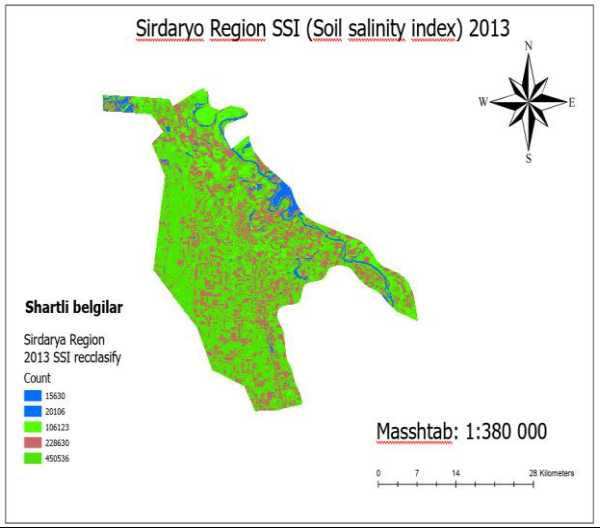
Ключевые слова: *Landsat 8-9 L1 S2, ArcGIS Pro, reclassify, calculate, засоление почв, индекс засоления почв (Soil Salinity Index — SSI), дистанционное зондирование, пространственный анализ, ГИС-технологии, Сырдарьинская область, Сайхунабадский район, Сырдарьинский район, деградация почв, мелиорация, сельское хозяйство, степень засоления, спутниковые снимки, временной анализ.*

Keywords: *Landsat 8-9 L1 S2, ArcGIS Pro, reclassify, calculate, soil salinity, Soil Salinity Index (SSI), remote sensing, spatial analysis, GIS technologies, Syrdarya region, Saykhunabad district, Syrdarya district, soil degradation, land reclamation, agriculture, salinity level, satellite imagery, temporal analysis.*

Masalaning qo'yilishi: O'zbekiston Respublikasinig barcha hududlarida bunday tahlillar o'tkazish mumkin. Sirdaryo viloyatini Sirdaryo tumanini tahlil qildik. Tahlil qilishimizning sababi shundaki, bu hududdan Sirdaryo daryosi oqib o'tishidir. Bilamizki yaqin yillarda suv muammosi siyosiy muammoga aylanmoqda. Iqlim o'zgarishi va yog'in miqdorlarini kamayishi bundan tashqari yilning ma'lum qisimlari issiq bo'lishinini hisobiga tog'larda mavjud qorlarning tez erishi va yoz oylariga kelib suv tanqisligi kelib chiqishi kuztilmoqda. Bilamizki Sirdaryo daryosi Tojikiston hududidan oqib o'tuvchi qismlari bor. Qishda GidroEnergiya uchun ya'ni elektr muammosini hal etish maqsadida suv ombordagi zatvor (klapon) lar katta miqdorda ochiladi, bu esa daryoda suvni ko'payishini olib keladi. Yozda suv ombordagi suvni yig'ib olish uchun Zatvorlar juda kichik miqdorda ochiladi, lekin ayni shu vaqtda bizga ekinlarimiz uchun suv juda zarur. Tahlilga buni aloqasi ayni suv kamaygan vaqtda yer osti kapilyar suvlarining ko'tarilishi sho'r miqdorining oshishiga sabab bo'ladi. Tahlilni ko'rib chiqsak.



1-rasm



2-rasm

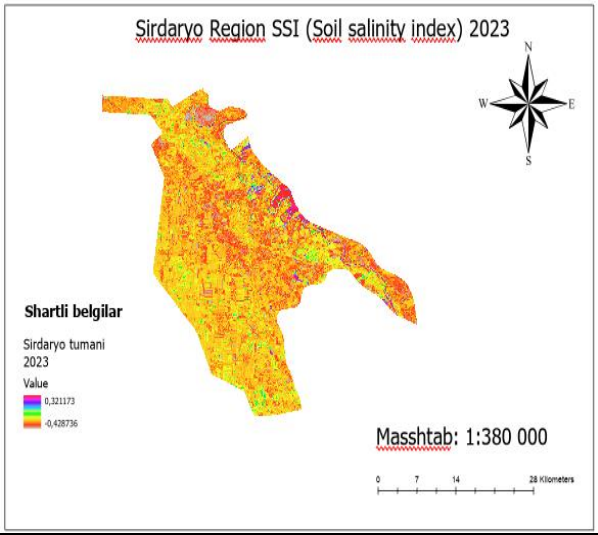
Sirdaryo viloyati, Sirdaryo tumani 2013-yil

Tahlil 10 yillik uchun qilingan bo'lib 2013-2023- yillardagi ma'lumotlar solishtiriladi. SSI indeksini ciqarishimiz uchun avvalo USGS saytidan Lansad sinibkalarini keragini yuklab olamiz. Keyin esa

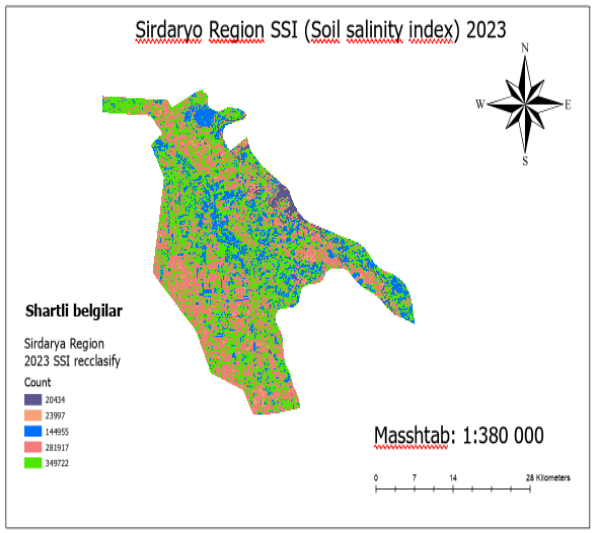
ArgisPro oynasiga olib Raster calculate dan foydalanib indexni chiqarib olamiz. Raster calculatega yozilishi kerak bo'lgan formula mavjud u esa bunday

Salinity index (SI) $\sqrt{Band\ 3 * Band\ 4}$

Bu formulani kiritganimizdan so'ng Run tugmasini bosamiz va indeksga erishamiz. Tahlilga qarasak. 2013-yildagi Sirdaryo tumanini reclassify qilganimizda (1-jadval)



3-rasm



4-rasm

Sirdaryo viloyati, Sirdaryo tumani 2023-yil

1-jadval

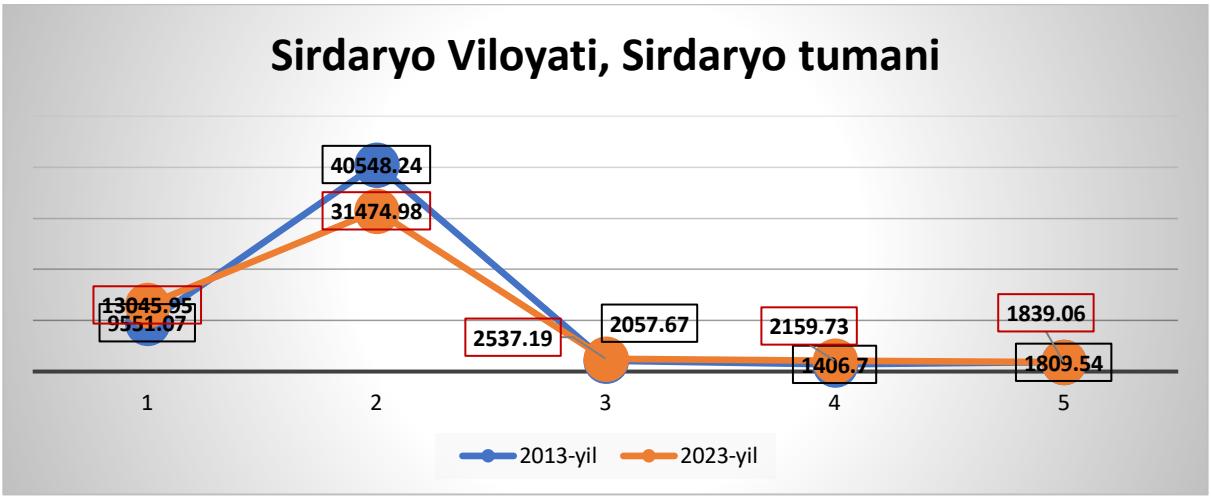
Sirdaryo tumani 2013-yil			
№	Darajalar	Piksellar soni	Maydoni (ga)
1	Juda kam sho'rlangan	106123	9551,07
2	Kam sho'rlangan	450536	40548,24
3	O'rta sho'rlangan	22863	2057,67
4	Sho'rlangan	15630	1406,7
5	Yuqori sho'rlangan	20106	1809,54

Bu raqamlar qayerdan kelayabdi degan savol paydo bo'lishi mumkin. Lansad tasvirlari 30 m * 30 m = 900 m^2 bo'ladi, shundan kelib chiqmoqda. Sirdaryo tumanining umumiy maydoni 555 km^2 ni tashkil etadi hisob kitobda (ga) da ko'rsatilgan, (ga) da 55 500 ga teng bo'ladi. Endi 2023-yilga nazar tashlasak.

2023-yil 2013-yilga nisbatan suv sathi pasayganini sezishimiz mumkin va bu bilan sho'rlanish miqdori ko'payganini ham (2-jadvalda) ko'rishimiz mumkin.

jadval

Sirdaryo tumani 2023-yil			
№	Darajalar	Piksellar soni	Maydoni (ga)
1	Juda kam sho'rlangan	144955	13045,95
2	Kam sho'rlangan	349722	31474,98
3	O'rta sho'rlangan	28191	2537,19
4	Sho'rlangan	23997	2159,73
5	Yuqori sho'rlangan	20434	1839,06



Barcha statistikani ko'rib chiqdik, ko'ryabmizki kam sho'rlangan yerlar kamaymoqda, qolganlari esa ko'paymoqda.

Xulosa: Barcha tahlil natijalariga asosan suvdan bo'shagan va ishlatishga yaroqsiz bo'lgan bu sho'r yerlarga iloji boricha gumusga boy bo'lgan biologik chirindilardan foydalangan holda u yerga kunga boqar, Sho'ra, qo'ziqorin o'ti, lyutserna va oz miqdorda bo'lsada sho'rni o'ziga oluvchi o'simliklar ekish, suv majud vaqtlarda sho'r yuvish tadbirlarini olib borish, zovur kollektrlarini har 5 yilda emas tez-tez tozlash, Drenaj tizimini yaxshilash (Yer osti suvlari sathini pasaytirish) — sho'rlanishning asosiy sababini bartaraf qiladi, melerativ tadbirlarga etirborli bo'lish va sho'r yuvish tadbiri sxemasini tuzib chiqishsa va buni amalda qo'llashsa maqsadga muvofiq bo'lar edi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] B. T. Kassie, Climate variability and change in Ethiopia : Exploring impacts and adaptation options for cereal production. 2014.

[2] J. L. Hatfield and J. H. Prueger, "Temperature extremes: Effect on plant growth and development," Weather Clim. Extrem., vol. 10, pp. 4–10, Dec. 2015, doi: 10.1016/J.WACE.2015.08.001.

[3] A. Akramkhanov and P. L. G. Vlek, "The assessment of spatial distribution of soil salinity risk using neural network," Environ. Monit. Assess. 2011 1844, vol. 184, no. 4, pp. 2475–2485, Jun. 2011, doi: 10.1007/S10661-011-2132-5.

[4] A. A. A. Maliki, A. Chabuk, M. A. Sultan, B. M. Hashim, H. M. Hussain, and N. Al-Ansari, "Estimation of Total Dissolved Solids in Water Bodies by Spectral Indices Case Study: Shatt al-Arab River," Water. Air. Soil Pollut., vol. 231, no. 9, pp. 1–11, Sep. 2020, doi: 10.1007/S11270-020-04844-Z/TABLES/8.

[5] A. Platonov, A. Noble, and R. Kuziev, "Soil salinity mapping using multi-temporal satellite images in agricultural fields of syrdarya province of uzbekistan," Developments in Soil Salinity Assessment and Reclamation: Innovative Thinking and Use of Marginal Soil and Water Resources in Irrigated Agriculture. Springer Netherlands, pp. 87–98, Jan. 01, 2013, doi: 10.1007/978-94-007-5684-7_5.

[6] B. Sultanov, N. Abdurazakova, O. Shermatov, O. Fayziev, A. Jumanov, and N. Dekhkanova, "The economic feasibility of cultivating intensive orchards," E3S Web Conf., vol. 284, p. 03006, 2021, doi: 10.1051/E3SCONF/202128403006.

[7] B. Alikhanov, S. Alikhanova, R. Oymatov, Z. Fayzullaev, and A.

Pulatov, “Land cover change in Tashkent province during 1992 – 2018,” IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 883, no. 1, p. 012088, Jul. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/883/1/012088.

[8] A. Bannari, N. Hameid Mohamed Musa, A. Abuelgasim, and A. El-Battay, “Sentinel-MSI and Landsat-OLI Data Quality Characterization for High Temporal Frequency Monitoring of Soil Salinity Dynamic in an Arid Landscape,” undefined, vol. 13, pp. 2434–2450, 2020, doi: 10.1109/JSTARS.2020.2995543.

[9] Jumanov Azamat Norbutaevich - “Toshkent Irrigatsiya va Qishloq Xo’jaligini Mexanizatsiyalash Muhandislari Instituti” Milliy Tadqiqot Universiteti, “Geodeziya va geoinformatika” kafedrasi Texnika fanlari falsafa doktori, PhD dotsent

UDK: 528.8:630*114

MASOFADAN ZONDALASH MA’LUMOTLARI ASOSIDA EVI INDEKSI YORDAMIDA VEGETATSIYA HOLATINI BAHOLASH

Meliqoziyev O.Y. *- “TIQXMMI” MTU talabasi*
Maxsudov R.I. *- “TIQXMMI” MTU assisenti*

Annotation. *This article analyzes the condition of soil and vegetation cover in the Yangiobod District of Jizzakh Region using the Enhanced Vegetation Index (EVI), and evaluates the ecological condition of the area.*

Аннотация. *В данной статье анализируется состояние почв и растительного покрова в Янгиабадский район Джизакская область с использованием Enhanced Vegetation Index (EVI), а также оценивается экологическое состояние территории.*

Anotatsiya.*.Ushbu maqolada Jizzax viloyati Yangiobod tumanida tuproq va o‘simlik qoplami holati EVI (Enhanced Vegetation Index) orqali tahlil qilinadi va hududning ekologik ahvoli baholanadi.*

Keywords: *Yangiobod District, Enhanced Vegetation Index (EVI), soil condition, vegetation index, Jizzakh Region, land degradation, vegetation cover, remote sensing.*

Ключевые слова. *Янгиабадский район, Enhanced Vegetation Index (EVI), состояние почвы, вегетационный индекс, Джизакская область, деградация почв, растительный покров, дистанционное зондирование*

Kalit so’zlar*.Yangiobod tumani, EVI indeksi, tuproq holati, vegetatsiya indeksi, Jizzax viloyati, tuproq degradatsiyasi, o‘simlik qoplami, masofadan zondlash*

Kirish. Hozirgi kunda global miqyosda yer resurslaridan oqilona foydalanish, tuproq unumdorligini saqlash va ekologik barqarorlikni ta’minlash eng dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortib borishi, qishloq xo‘jaligiga bo‘lgan talabning oshishi hamda iqlim o‘zgarishi ta’siri ostida ko‘plab hududlarda yer degradatsiyasi, cho‘llanish va tuproq sifatining pasayishi kuzatilmoqda.

Ayniqsa, qurg‘oqchil va yarim qurg‘oqchil hududlarda joylashgan mintaqalarda bu muammolar yanada keskin namoyon bo‘ladi. Shunday hududlardan biri — Jizzax viloyatining Yangiobod tumani hisoblanadi. Ushbu hudud o‘zining murakkab relyefi, suv resurslarining cheklanganligi va iqlim sharoitining o‘zgaruvchanligi bilan

ajralib turadi. Natijada bu yerda tuproq unumdorligini baholash va o‘simlik qoplami holatini doimiy monitoring qilish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

An’anaviy dala tadqiqotlari ko‘p vaqt va mablag‘ talab qilgani sababli, so‘nggi yillarda masofaviy zondlash (remote sensing) texnologiyalari keng qo‘llanilmoqda. Ushbu usullar sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari asosida katta hududlarni tezkor va aniq tahlil qilish imkonini beradi. Xususan, vegetatsiya indekslari — o‘simlik qoplami holatini baholashda muhim vosita hisoblanadi.

Shunday indekslardan biri bu EVI (Enhanced Vegetation Index) bo‘lib, u o‘simliklarning fotosintez faolligi, yashillik darajasi va biomassa miqdorini aniqlashda keng qo‘llaniladi. EVI indeksi boshqa indekslarga nisbatan atmosfera ta’siriga kamroq sezgirligi va tuproq fonining ta’sirini kamaytirishi bilan ajralib turadi. Shu sababli u ayniqsa zich yoki notekis o‘simlik qoplami mavjud hududlarda aniq natijalar beradi.

Mazkur tadqiqotda Jizzax viloyati Yangiobod tumani hududida tuproq va o‘simlik qoplami holati EVI indeksi asosida tahlil qilinadi. Sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari asosida tuzilgan xarita orqali hududdagi vegetatsiya darajasi, tuproq unumdorligi va ekologik holat baholanadi. Shuningdek, olingan natijalar asosida hududda mavjud muammolar aniqlanib, ularni bartaraf etish bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqiladi.

Ushbu maqolaning asosiy maqsadi — zamonaviy geoinformatsion texnologiyalar yordamida Yangiobod tumani yer resurslarini baholash, ularning holatini tahlil qilish hamda samarali foydalanish bo‘yicha takliflar berishdan iborat.

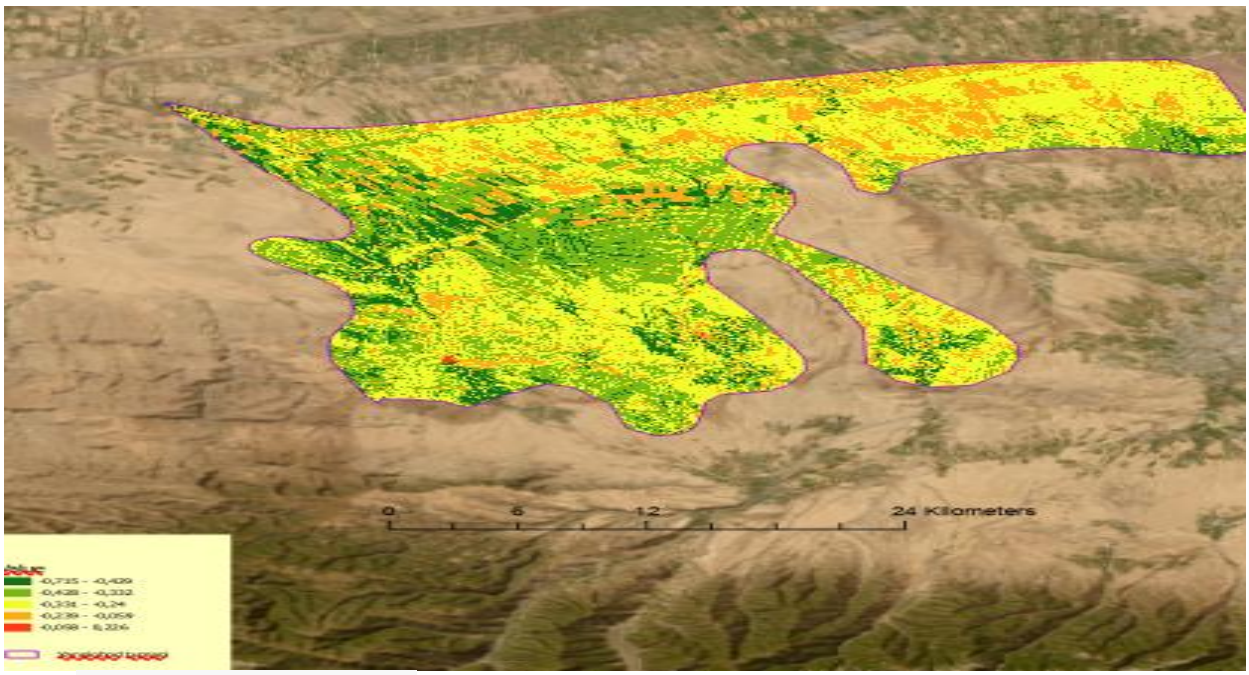
Tahlil va natija. Mazkur tadqiqotda Jizzax viloyati Yangiobod tumani hududining o‘simlik qoplami va tuproq holati **EVI (Enhanced Vegetation Index)** asosida tahlil qilindi. Tahlil jarayonida sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari asosida tuzilgan tematik xaritadan foydalanildi va hudud EVI qiymatlariga ko‘ra zonalarga ajratildi.

Xarita natijalariga ko‘ra, hududda EVI indeksining qiymatlari pastdan yuqorigacha keng diapazonda o‘zgarib turishi kuzatildi. Bu esa o‘z navbatida Yangiobod tumanida o‘simlik qoplami va tuproq unumdorligi notekis taqsimlanganligini ko‘rsatadi.

🌿 **EVI formulasi**

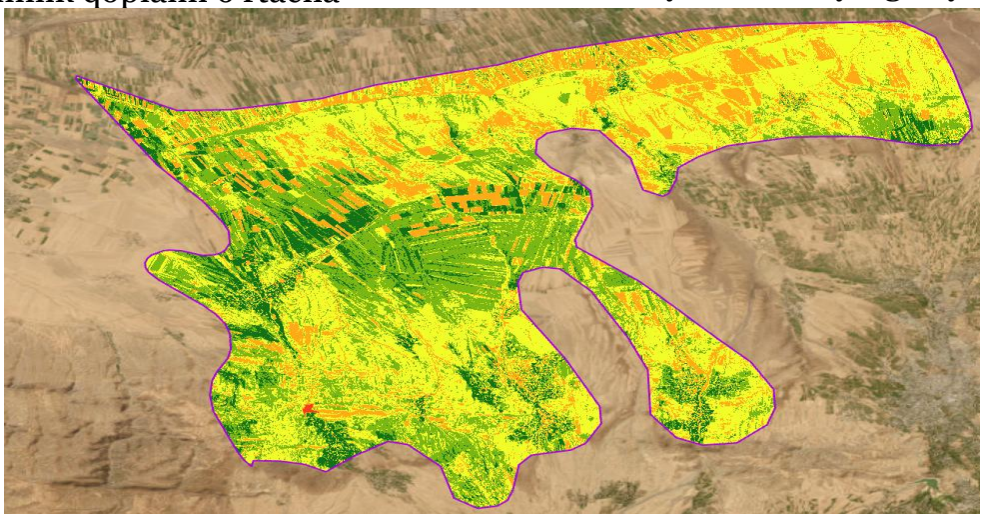
$$EVI = 2.5 \cdot \frac{NIR - RED}{NIR + 6 \cdot RED - 7.5 \cdot BLUE + 1}$$

NIR (Yaqin infraqizil) → B8
RED (Qizil) → B4
BLUE (Ko‘k) → B2



-0,715 - -0,429
-0,428 - -0,332
-0,331 - -0,24
-0,239 - -0,059
-0,058 - 0,226

- **Yashil hududlar (yuqori EVI)**
  - O‘simlik qoplami yaxshi rivojlangan
  - Tuproq unumdorligi yuqori
  - Namlik yetarli
  - Asosan sug‘oriladigan yoki tog‘ oldi hududlar
- **Sariq hududlar (o‘rtacha EVI)**
  - O‘simlik qoplami o‘rtacha
  - Tuproq qisman degradatsiyaga uchragan
  - Namlik yetishmovchiligi seziladi
- **Qizil hududlar (past EVI)**
  - O‘simlik qoplami juda kam
  - Tuproq degradatsiyasi yuqori
  - Cho‘llanish jarayoni kuzatiladi
  - Qurg‘oqchil va foydalanilmayotgan yerla



Hududning markaziy va ayrim janubiy qismlarida yashil ranglar ustun bo‘lib, bu joylarda vegetatsiya yaxshi rivojlangan, tuproq nisbatan unumdor va namlik yetarli ekanligini ko‘rsatadi

Tuproq holatining baholanishi

EVI natijalariga asoslanib, Yangiobod tumanida tuproq holatini quyidagicha baholash mumkin:

1-Hududning katta qismi **o‘rtacha holatda**

2-Markaziy va janubiy qismlarda **yaxshi vegetatsiya mavjud**

3-Ayrim hududlarda **degradatsiya va eroziya xavfi yuqori**

Xulosa. Ushbu tadqiqot natijalariga koʻra, Jizzax viloyati Yangiobod tumani hududida tuproq va oʻsimlik qoplami holati EVI (Enhanced Vegetation Index) asosida kompleks baholandi va hududning ekologik holati aniqlandi. Olingan natijalar shuni koʻrsatadiki, hududda vegetatsiya qoplami va tuproq unumdorligi hududlar kesimida keskin farqlanadi.

Tahlillar natijasida aniqlanishicha, Yangiobod tumanining ayrim qismlarida yuqori EVI qiymatlari kuzatilib, bu hududlarda oʻsimlik qoplami yaxshi rivojlangan, tuproq unumdorligi yuqori va qishloq xoʻjaligi uchun qulay sharoit mavjud. Biroq hududning katta qismi oʻrtacha koʻrsatkichlarga ega boʻlib, bu yerda tuproq sifatining asta-sekin pasayib borishi va namlik tanqisligi muammolari mavjudligi kuzatiladi.

Eng muhim jihatlardan biri shundaki, ayrim hududlarda past EVI qiymatlari qayd etilib, bu joylarda tuproq degradatsiyasi, eroziya va choʻllanish jarayonlari kuchayib borayotganligi aniqlandi. Bu esa uzoq muddatda yer resurslarining yaroqsiz holga kelishiga olib kelishi mumkin.

Mazkur tadqiqot shuni koʻrsatdiki, masofaviy zondlash texnologiyalari, xususan EVI indeksi orqali hududiy monitoring olib borish yer resurslarini boshqarishda samarali va ishonchli usul hisoblanadi. Ushbu yondashuv yordamida katta hududlarni qisqa vaqt ichida baholash va muammoli zonalarni aniqlash imkoniyati mavjud.

Kelgusida Yangiobod tumanida yer resurslaridan samarali foydalanish uchun quyidagi ustuvor yoʻnalishlarga e'tibor qaratish zarur

Foydalanilgan adabiyotlar

1- Vershinin V.V. Monitoring zemel: ekologicheskie sostavlyayuщie : uchebnoe posobie dlya studentov VUZov / V.V. Vershinin, G.Ye. Larina, A.O. Xomutova. - M.: GUZ, 2009. - 169 s

2- Musaev I.M., Oymatov R.Q. Qishloq xoʻjaligida elektron raqamli kartalarning ahamiyati // «Yer resurslaridan samarali foydalanish va ularni muhofaza qilishning dolzarb muammolari», Respublika ilmiy-amaliy anjumani 20 - 21 may 2011 y

3- https://browser.dataspace.copernicus.eu/
https://agrokimlab.uz/tuprok%CB%8C-ta%D2%B3lili-laboratoriyasi

UDK: 528.8:332.3

SUN'IY YOʻLDOSHLAR YORDAMIDA YER RESURSLARINI BOSHQARISH

Rajabova Malikabonu Tuymurot Qizi *- "TIQXMMI" MTU "Yer resurslari va kadastr fakulteti" talabasi*

Annotatsiya: *Ushbu maqolada sun'iy yoʻldosh texnologiyalari yordamida yer resurslarini boshqarishning nazariy va amaliy jihatlari yoritilgan. Yer resurslaridan oqilona foydalanish, ularning holatini monitoring qilish va samarali boshqarish jarayonlarida masofadan zondlash texnologiyalarining oʻrni tahlil qilingan. Shuningdek, sun'iy yoʻldosh tasvirlari asosida qishloq xoʻjaligi, kadastr tizimi va ekologik monitoring sohalarida qoʻllanilish imkoniyatlari koʻrib chiqilgan. Maqolada zamonaviy texnologiyalar, jumladan,*

geoinformatsion tizimlar (GIS), global pozitsiyalash tizimlari (GPS), sun'iy intellekt va katta ma'lumotlar bilan integratsiyaning ahamiyati asoslab berilgan. Tadqiqot natijalari yer resurslarini samarali boshqarish va barqaror rivojlanishni ta'minlashda sun'iy yo'ldosh texnologiyalarining muhimligini ko'rsatadi.

Kalit so`zlar: *sun'iy yo'ldosh, yer resurslari, masofadan zondlash, GIS, GPS, kadastr, monitoring, ekologiya, sun'iy intellect*

Kirish. Bugungi kunda yer resurslaridan oqilona foydalanish va ularni samarali boshqarish global miqyosda dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortishi, urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi hamda ekologik muammolarning kuchayishi yer resurslariga bo'lgan bosimni sezilarli darajada oshirmoqda. Natijada yerlarning degradatsiyasi, sho'rlanishi, eroziya jarayonlari va tabiiy muvozanatning buzilishi kabi muammolar yuzaga kelmoqda. Shu sababli yer resurslarini aniq hisobga olish, ularning holatini muntazam monitoring qilish hamda ilmiy asosda boshqarish zarurati tobora ortib bormoqda.

An'anaviy usullar orqali yer resurslari to'g'risida ma'lumot yig'ish ko'p vaqt, mehnat va mablag' talab etadi. Bundan tashqari, bunday usullar ko'pincha yetarli darajada aniqlikni ta'minlay olmaydi. Shu nuqtai nazardan, zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanish yer resurslarini boshqarish jarayonlarini tubdan takomillashtirish imkonini bermoqda. Ayniqsa, sun'iy yo'ldosh texnologiyalari va masofadan zondlash usullari katta hududlarni qisqa vaqt ichida qamrab olish va aniq ma'lumotlar olish imkoniyati bilan ajralib turadi.

Sun'iy yo'ldoshlar orqali olingan tasvirlar va geofazoviy ma'lumotlar yer yuzasida sodir bo'layotgan o'zgarishlarni real vaqtga yaqin holatda kuzatish imkonini beradi. Ushbu ma'lumotlar yordamida qishloq xo'jaligi yerlarining holatini baholash, ekin maydonlarini tahlil qilish, suv resurslarini nazorat qilish hamda ekologik muammolarni aniqlash mumkin. Bu esa yer resurslaridan samarali foydalanish va ularni muhofaza qilish bo'yicha ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilishga xizmat qiladi.

Shuningdek, sun'iy yo'ldosh texnologiyalari geoinformatsion tizimlar (GIS) va global pozitsiyalash tizimlari (GPS) bilan integratsiyalashgan holda yanada katta samaradorlikka erishmoqda. Bunday integratsiya natijasida yer resurslarini boshqarish jarayonlari avtomatlashtiriladi, ma'lumotlar bazasi boyitiladi hamda boshqaruv tizimlarining aniqligi va tezkorligi oshadi. Natijada hududiy rejalashtirish, kadastr ishlarini yuritish va ekologik monitoring jarayonlari yuqori darajada takomillashtiriladi. Sun'iy yo'ldosh texnologiyalaridan foydalanish yer resurslarini boshqarish tizimini yangi bosqichga olib chiqmoqda. Ushbu texnologiyalar yordamida yer resurslarini samarali boshqarish, ularning holatini doimiy nazorat qilish hamda kelajakdagi o'zgarishlarni prognozlash imkoniyati kengaymoqda. Shu bois mazkur yo'nalishda ilmiy tadqiqotlar olib borish va zamonaviy texnologiyalarni amaliyotga keng joriy etish bugungi kunning muhim vazifalaridan biri hisoblanadi.

Sun'iy yo'ldosh texnologiyalarining mohiyati. Sun'iy yo'ldosh texnologiyalari zamonaviy geofazoviy axborot tizimlarining asosiy tarkibiy

qismlaridan biri bo‘lib, ular Yer orbitasida harakatlanadigan maxsus texnik vositalar orqali yer yuzasi haqidagi ma’lumotlarni masofadan turib yig‘ish imkonini beradi. Sun’iy yo‘ldoshlar turli xil sensorlar va skanerlar bilan jihozlangan bo‘lib, ular elektromagnit to‘lqinlar yordamida yer yuzasidan aks etgan signallarni qabul qiladi va ularni raqamli tasvirlar hamda ma’lumotlar ko‘rinishida uzatadi. Ushbu ma’lumotlar keyinchalik maxsus dasturlar yordamida qayta ishlanadi, tahlil qilinadi va amaliy maqsadlarda qo‘llaniladi.

Sun’iy yo‘ldoshlar orqali olingan tasvirlar yuqori aniqlik darajasiga ega bo‘lib, ular yordamida yer yuzasidagi tabiiy va antropogen jarayonlarni kuzatish mumkin. Masalan, o‘rmonlarning qisqarishi, suv havzalarining o‘zgarishi, shaharlarning kengayishi yoki qishloq xo‘jaligi yerlarining holati kabi jarayonlar sun’iy yo‘ldosh tasvirlari orqali aniqlanadi. Bu esa hududiy o‘zgarishlarni tizimli ravishda kuzatish va ularni tahlil qilish imkonini yaratadi.

Masofadan zondlash texnologiyasi sun’iy yo‘ldosh tizimlarining eng muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu texnologiya orqali yer yuzasiga bevosita bormasdan turib katta hududlar haqidagi ma’lumotlarni qisqa vaqt ichida olish mumkin. Masofadan zondlash jarayonida turli spektr diapazonlarida (masalan, infraqizil, ko‘rinadigan va mikroto‘lqinli diapazonlarda) olingan ma’lumotlar asosida yerning holati, o‘simlik qoplami, tuproq namligi, suv resurslari va boshqa ko‘rsatkichlar aniqlanadi. Bu esa yer resurslarini kompleks baholash imkonini beradi.

Bundan tashqari, sun’iy yo‘ldosh texnologiyalari yuqori aniqlik va keng qamrovga egaligi bilan ajralib turadi. Ular yordamida bir vaqtning o‘zida katta hududlarni qamrab olish, ma’lumotlarni muntazam yangilab borish hamda real vaqtga yaqin rejimda monitoring olib borish mumkin. Shu sababli ushbu texnologiyalar yer resurslarini boshqarish, ekologik monitoring, qishloq xo‘jaligi va kadastr tizimlarida keng qo‘llanilmoqda. Shuningdek, sun’iy yo‘ldosh texnologiyalari boshqa zamonaviy tizimlar, jumladan geoinformatsion tizimlar (GIS) va global navigatsiya tizimlari (GPS) bilan integratsiyalashgan holda ishlaydi. Bu esa olingan ma’lumotlarning aniqligini oshiradi, ularni tahlil qilish imkoniyatlarini kengaytiradi va samarali boshqaruv qarorlarini qabul qilishga xizmat qiladi.

Yer resurslarini boshqarishda qo‘llanilishi. Sun’iy yo‘ldosh texnologiyalari bugungi kunda yer resurslarini boshqarish jarayonlarida keng qo‘llanilib, ushbu sohaning samaradorligini sezilarli darajada oshirmoqda. Ushbu texnologiyalar yordamida katta hududlarni qisqa vaqt ichida kuzatish, o‘zgarishlarni aniqlash va aniq tahliliy ma’lumotlar olish imkoniyati yaratiladi. Natijada yer resurslaridan oqilona foydalanish, ularni muhofaza qilish va boshqarish jarayonlari ilmiy asosda amalga oshiriladi.



Avvalo, sun’iy yo‘ldosh texnologiyalari yer monitoringini tashkil etishda muhim vosita hisoblanadi. Yer yuzasining muntazam ravishda olingan tasvirlari orqali turli hududlarda sodir bo‘layotgan o‘zgarishlar dinamikasi kuzatib boriladi. Jumladan, yer degradatsiyasi, eroziya, sho‘rlanish, cho‘llanish kabi salbiy jarayonlarni erta bosqichda aniqlash va ularning oldini olish bo‘yicha zarur choralarni ko‘rish mumkin. Bu esa yer resurslarini muhofaza qilish va ularning barqarorligini ta’minlashga xizmat qiladi.

Shuningdek, qishloq xo‘jaligi sohasida sun’iy yo‘ldosh texnologiyalarining ahamiyati nihoyatda katta. Ushbu texnologiyalar yordamida ekin maydonlarining holati, o‘sish jarayoni, vegetatsiya darajasi va hosildorlik ko‘rsatkichlari tahlil qilinadi. Masofadan zondlash ma’lumotlari asosida tuproq namligi, o‘simliklarning rivojlanish darajasi va sug‘orish ehtiyoji aniqlanadi. Bu esa agrotexnik tadbirlarni to‘g‘ri rejalashtirish, suv va o‘g‘it resurslaridan tejamkorlik bilan foydalanish hamda hosildorlikni oshirish imkonini beradi.

Bundan tashqari, kadastr tizimida sun’iy yo‘ldosh texnologiyalaridan foydalanish yer hisobini yuritish jarayonlarini sezilarli

darajada takomillashtiradi. Yer uchastkalarining aniq chegaralarini belgilash, raqamli xaritalar yaratish va mavjud kadastr ma’lumotlarini yangilashda sun’iy yo‘ldosh tasvirlari muhim ahamiyatga ega. Ushbu ma’lumotlar asosida yer resurslari to‘g‘risidagi axborotlar bazasi boyitilib, uning aniqligi va ishonchliligi oshadi. Bu esa mulk huquqlarini himoya qilish va yer bilan bog‘liq nizolarni kamaytirishga xizmat qiladi.

Ekologik monitoring jarayonlarida ham sun’iy yo‘ldosh texnologiyalari muhim o‘rin tutadi. Ular yordamida o‘rmon maydonlarining qisqarishi, suv havzalarining holati, atmosfera va tuproq ifloslanishi kabi ekologik ko‘rsatkichlar muntazam kuzatib boriladi. Bu esa atrof-muhitni muhofaza qilish, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish va ekologik muammolarni o‘z vaqtida aniqlash imkonini beradi. Sun’iy yo‘ldosh texnologiyalarining yer resurslarini boshqarishda qo‘llanilishi ushbu jarayonlarni yanada samarali, aniq va tizimli tashkil etishga xizmat qiladi. Ular orqali olingan ma’lumotlar asosida ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilinadi va yer resurslaridan barqaror foydalanish ta’minlanadi.

Rivojlanish istiqbollari. Kelajakda sun’iy yo‘ldosh texnologiyalarining rivojlanishi yer resurslarini boshqarish tizimini yanada takomillashtirishga xizmat qiladi. Zamonaviy ilmiy-texnologik taraqqiyot natijasida ushbu texnologiyalar sun’iy intellekt, katta ma’lumotlar (Big Data) hamda geoinformatsion tizimlar (GIS) bilan chuqur integratsiyalashib, murakkab tahliliy jarayonlarni avtomatlashtirish imkonini beradi. Natijada katta hajmdagi geofazoviy ma’lumotlarni tezkor qayta ishlash, ularni chuqur tahlil qilish hamda aniq prognozlar tuzish imkoniyatlari kengayadi.

Sun’iy intellekt algoritmlarining qo‘llanilishi sun’iy yo‘ldosh tasvirlarini avtomatik ravishda tahlil qilish, yer yuzasidagi o‘zgarishlarni aniqlash va tasniflash jarayonlarini sezilarli darajada soddalashtiradi. Bu esa inson omilini kamaytirib, tahlil natijalarining aniqligi va ishonchliligini oshiradi. Katta ma’lumotlar texnologiyalari esa turli manbalardan olingan axborotlarni yagona tizimda birlashtirib, kompleks tahlil qilish imkonini yaratadi. Bundan tashqari, real vaqt rejimida monitoring olib borish imkoniyatlari ham tobora kengayib bormoqda. Yangi avlod sun’iy yo‘ldoshlari yuqori aniqlikdagi va tez-tez yangilanadigan tasvirlarni taqdim etib, yer yuzasidagi o‘zgarishlarni deyarli uzluksiz kuzatish imkonini bermoqda. Bu esa favqulodda vaziyatlarni tezkor aniqlash, qishloq xo‘jaligi jarayonlarini samarali boshqarish va ekologik muammolarga o‘z vaqtida javob berish imkonini yaratadi.

Shuningdek, mobil texnologiyalar va bulutli hisoblash tizimlarining rivojlanishi sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlaridan foydalanishni yanada qulaylashtirmoqda. Endilikda foydalanuvchilar istalgan joyda va istalgan vaqtda geofazoviy ma’lumotlarga kirish, ularni tahlil qilish va qaror qabul qilish jarayonida foydalanish imkoniyatiga ega bo‘lmoqda.

Xulosa. Xulosa qilib aytganda, sun’iy yo‘ldosh texnologiyalari yer resurslarini boshqarish tizimini tubdan takomillashtiruvchi zamonaviy va samarali vositalardan biri hisoblanadi. Ular yordamida yer resurslarining holatini aniq baholash, ularda yuz berayotgan o‘zgarishlarni muntazam monitoring qilish hamda ilmiy asoslangan boshqaruv qarorlarini

qabul qilish imkoniyati yaratiladi. Ayniqsa, masofadan zondlash texnologiyalari katta hududlarni qisqa vaqt ichida qamrab olish va yuqori aniqlikdagi ma'lumotlarni taqdim etishi bilan ajralib turadi.

Maqolada keltirilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, sun'iy yo‘ldosh texnologiyalari qishloq xo‘jaligi, kadastr tizimi, ekologik monitoring va hududiy rejalashtirish kabi sohalarda keng qo‘llanilib, ularning samaradorligini sezilarli darajada oshirmoqda. Ushbu texnologiyalar orqali yer degradatsiyasi, sho‘rlanish, eroziya kabi salbiy jarayonlarni o‘z vaqtida aniqlash va ularning oldini olish imkoniyati yaratiladi. Bu esa yer resurslaridan oqilona foydalanish va ularni muhofaza qilishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Shuningdek, sun'iy yo‘ldosh texnologiyalarining geoinformatsion tizimlar (GIS), global pozitsiyalash tizimlari (GPS), sun'iy intellekt va katta ma'lumotlar texnologiyalari bilan integratsiyalashuvi ushbu sohaning rivojlanish istiqbollarini yanada kengaytirmoqda. Bunday integratsiya natijasida yer resurslarini boshqarish jarayonlari avtomatlashtiriladi, tahliliy imkoniyatlar kengayadi va boshqaruv qarorlarining aniqligi oshadi. Kelgusida sun'iy yo‘ldosh texnologiyalaridan foydalanishni yanada rivojlantirish, ularni amaliyotga keng joriy etish hamda malakali mutaxassislarni tayyorlash muhim vazifalardan biri bo‘lib qoladi. Bu orqali yer resurslaridan samarali, barqaror va ekologik xavfsiz foydalanishni ta'minlash mumkin bo‘ladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Abdullayev A., Xudoyberdiyev B. “Sun`iy y`ldosh texnologiyalarini qo`llash” – Toshkent: O‘qituvchi, 2019.
2. Qodirov T. “Geoinformatsion tizimlar va ularning qo‘llanilishi” – Toshkent, 2020.
3. Rasulov R. “Kadastr tizimi va yer resurslarini boshqarish” – Toshkent, 2021.
4. Kaplan E., Hegarty C. “Understanding GPS: Principles and Applications” – Artech House, 2006.
5. Abdurahmonov Q. Qishloq xo‘jaligida zamonaviy texnologiyalar. Toshkent: Fan nashriyoti, 2020.

Internet manbalari:

www.lex.uz, www.gov.uz.
www.kadastr.uz.

UDK: 631.67:911.3

XORAZM VILOYATIDA SUG‘ORILADIGAN YER MAYDONLARINING QISQARISH DINAMIKASI TAHLILI

O‘tkir Islomov Permetovich *– “TIQXMMI” MTU, “Geodeziya va Geoinformatika” kafedrasi dotsenti*

Iroda Yuldashbayeva *– “TIQXMMI” MTU, “Geodeziya va Geoinformatika” yo'nalishi magistranti*

Annotatsiya. *Xorazm viloyati O‘zbekistonning muhim qishloq xo‘jaligi hududlaridan biri bo‘lib, Amudaryo suv resurslariga bog‘liq sug‘oriladigan yerlar asosida rivojlanadi. Ushbu tadqiqotda 1987–2023 yillar oralig‘ida sug‘oriladigan yer maydonlarining o‘zgarishi, qisqarish dinamikasi va bunga ta'sir etuvchi omillar masofadan zondlash (Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI) va geoprocessing usullari yordamida tahlil qilindi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, viloyatda samarali*

sug‘oriladigan yerlarning maydoni sezilarli darajada (taxminan 10–18%) qisqargan. Asosiy sabablar — suv tanqisligi, tuproq sho‘rlanishi, qurg‘oqchilik, drenaj tizimining yomon holati va urbanizatsiya. Tadqiqot natijalari asosida sug‘orish tizimini takomillashtirish, suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish va GIS monitoringini kuchaytirish bo‘yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so‘zlar: *Xorazm viloyati, sug‘oriladigan yerlar, LULC o‘zgarishi, qurg‘oqchilik, suv resurslari, tuproq sho‘rlanishi, Amudaryo, geoprocessing, masofadan zondlash, melioratsiya.*

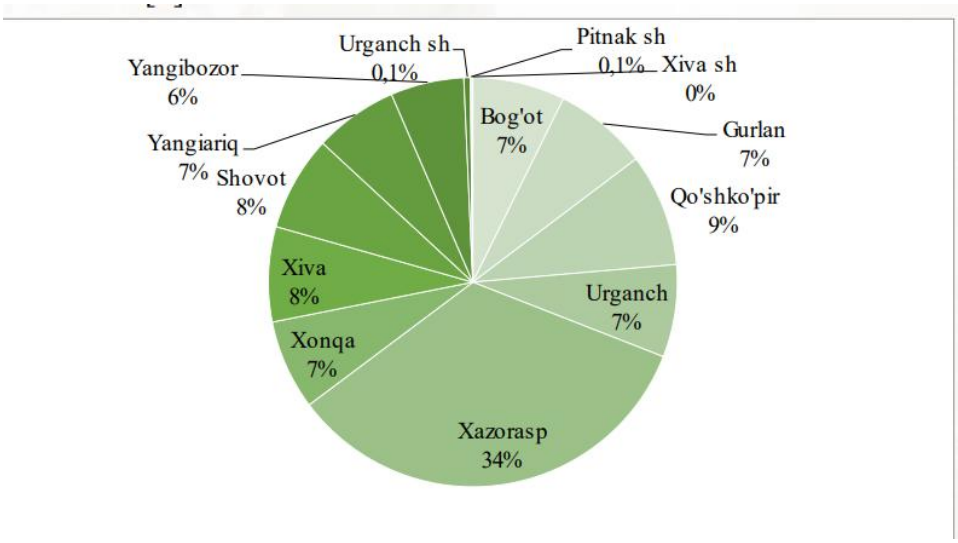
Аннотация. *Хорезмская область один из важнейших сельскохозяйственных регионов Узбекистана, развитие которого зависит от орошаемых земель, связанных с водными ресурсами реки Амударьи. В данном исследовании с помощью методов дистанционного зондирования (Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI) и геопроцессинга проанализирована динамика изменения и сокращения площадей орошаемых земель за период 1987–2023 гг. Результаты показывают значительное сокращение эффективных орошаемых площадей (примерно на 10–18%). Основные причины дефицит воды, засоление почв, засуха, неудовлетворительное состояние дренажных систем и урбанизация. На основе результатов даны практические рекомендации по совершенствованию систем орошения, внедрению водосберегающих технологий и усилению GIS-мониторинга.*

Ключевые слова: *Хорезмская область, орошаемые земли, изменение ЗИП, засуха, водные ресурсы, засоление почв, Амударья, геопроцессинг, дистанционное зондирование, мелиорация.*

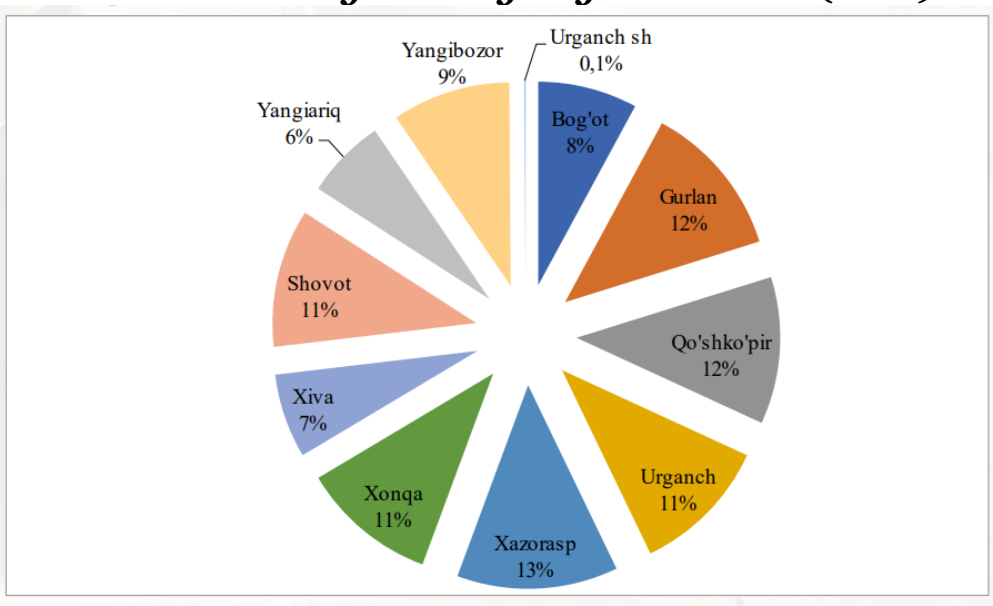
Abstract. *Khorezm region is one of the key agricultural regions of Uzbekistan, developing based on irrigated lands dependent on Amu Darya water resources. This study analyzes the dynamics of changes and reduction in irrigated land areas from 1987 to 2023 using remote sensing (Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI) and geoprocessing methods. The results show a significant reduction in effective irrigated areas (approximately 10–18%). The main causes are water scarcity, soil salinization, drought, poor drainage systems, and urbanization. Based on the findings, practical recommendations are provided for improving irrigation systems, introducing water-saving technologies, and strengthening GIS monitoring.*

Key words: *Khorezm region, irrigated lands, LULC change, drought, water resources, soil salinization, Amu Darya, geoprocessing, remote sensing, reclamation.*

Kirish. Xorazm viloyati Amudaryo deltasida joylashgan qadimiy oazis bo‘lib, O‘zbekiston qishloq xo‘jaligining muhim markazlaridan biridir. Viloyatning sug‘oriladigan yerlari (taxminan 205,3 ming ga) asosiy qishloq xo‘jalik mahsulotlarini yetishtirishda hal qiluvchi rol o‘ynaydi [1]. Biroq, so‘nggi o‘n yilliklarda Aral dengizi ekologik inqirozi, iqlim o‘zgarishi va suv resurslarining kamayishi tufayli sug‘oriladigan yer maydonlari sezilarli darajada qisqarib bormoqda [2,3].



1 – rasm. Sug'oriladigan yerlar ulushi (2021)



2 – rasm. Ekin yerlar ulushi (2021)

Olimlarning ta'kidlashicha, Amudaryo suv oqimining 10–15% ga kamayishi va grunt suvlari sathining ko'tarilishi ikkilamchi sho'rlanishni kuchaytirmoqda [4]. Bu jarayonlar nafaqat yer unumdorligini pasaytiradi, balki oziq-ovqat xavfsizligi va ekologik barqarorlikka jiddiy tahdid soladi [7,8]. Tadqiqotning asosiy maqsadi — sug'oriladigan yerlarning qisqarish dinamikasini aniqlash, sabablarini kompleks tahlil qilish va barqaror rivojlanish uchun ilmiy asoslangan yechimlarni taklif etishdir.

Uslub va manbalar (Metodologiya).Tadqiqotda integratsiyalashgan yondashuv qo'llanilgan: masofadan zondlash, geografik axborot tizimlari (GIS) va statistik tahlil.

Ma'lumotlar manbalari:

- Landsat 5 TM (1987–2011) va Landsat 8 OLI/TIRS (2013–2023) sun'iy yo'ldosh tasvirlari (30 m rezolyutsiya) [2].
- Esri Sentinel-2 Land Cover Explorer ma'lumotlari [5].
- Viloyat statistikasi, suv xo'jaligi hisobotlari va DEM (SRTM) ma'lumotlari.
- NDVI, NDMI, LST indekslari va grunt suvlari sathi ma'lumotlari [6].

Metodika:

1. LULC klassifikatsiyasi — maksimal ehtimollik usuli (Maximum

Likelihood) yordamida 7 ta sinf ajratildi: qishloq xo‘jaligi yerlari, sug‘oriladigan yerlar, sho‘r yerlar, qurigan yerlar, suv havzalari, qurilish yerlari va boshqalar [2].

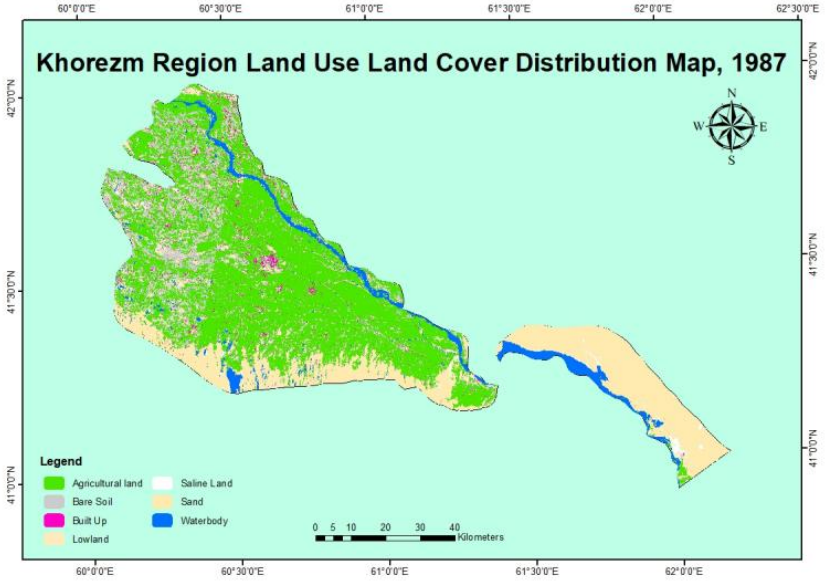
2. Post-klassifikatsiya tahlili — Change Detection moduli orqali 1987, 2000, 2019 va 2023 yillardagi o‘zgarishlar aniqlandi.

3. Weighted Overlay tahlili — ArcGIS/QGISda quyidagi omillar og‘irligi hisobga olindi: daryodan masofa (25%), kanal zichligi (20%), grunt suvlari sathi (20%), tuproq yorqinligi (15%), LST (10%), NDVI (10%) [6,7].

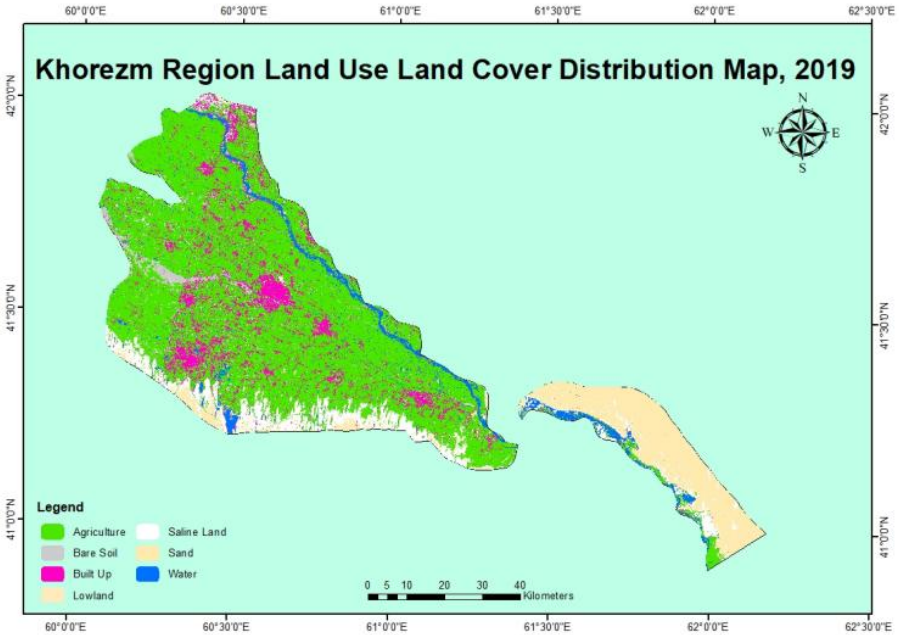
4. Drought risk baholash — NDVI, NDMI va LST asosida qurg‘oqchilik xavfi kartasi tuzildi [8].

5. Statistik tahlil — yer maydonlarining dinamikasi va sho‘rlanish darajasi hisoblandi [9,10].

Ushbu metodika Xorazm oazisidagi o‘zgarishlarni yuqori aniqlik bilan kuzatish imkonini berdi va oldingi tadqiqotlar natijalari bilan solishtirildi [11]



3 – rasm.LULC Xorazm viloyatining fazoviy ta qsimoti (1987)



4 – rasm. LULC Xorazm viloyatining fazoviy ta qsimoti (2019)

Natijalar: 1987–2019 yillarda sug‘oriladigan yerlarning samarali maydoni 8–12% ga qisqargan, 2019–2023 yillarda esa qo‘shimcha 5–7% kamaygan (umumiy 10–18%) [2]. Sho‘r yerlar maydoni ko‘paygan, suv havzalari va o‘rmonzorlar kamaygan [5,6] bo‘yicha viloyatning 7832 km² maydoni ekstremal xavfli zonaga kiradi. Asosiy omillar: Amudaryo suvining kamayishi, drenaj tizimining eskirishi, iqlim o‘zgarishi va urbanizatsiya [9].

Xulosa: Xorazm viloyatida sug‘oriladigan yer maydonlarining qisqarishi jiddiy ekologik va iqtisodiy muammodir. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, suv tejovchi texnologiyalar (drip, sprinkler), melioratsiya ishlarini kuchaytirish, drenaj tizimini qayta tiklash va GIS asosidagi doimiy monitoring orqali bu jarayonni sezilarli darajada sekinlashtirish mumkin.

- Xavfli hududlardan aholini xavfsizroq zonaga ko‘chirish;
- Sug‘orish samaradorligini 30–40% ga oshirish;
- Kushtepa kanali ta’sirini hisobga olgan holda strategik rejalashtirish va daraxtzorlar barpo etish.

Ushbu choralar amalga oshirilsa, viloyat qishloq xo‘jaligining barqaror rivoji ta’minlanadi va Aral muammosining salbiy oqibatlarini yumshatishga yordam beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. S. Rakhmonov, U. Umurzakov, K. Rakhmonov, I. Bozarov, O. Karamatov, Land use and land cover change in Khorezm, Uzbekistan, in: E3S Web of Conferences, EDP Sciences, 2021. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202122701002.
2. S. Galina, S. Georgy, E. Odilbek, Estimation of Crop Water Requirements in Irrigated Land of the Khorezm Oasis in the Context of Climate Change, Sustainable Agriculture Research 8 (2019) 94. https://doi.org/10.5539/sar.v8n1p94.
3. B. Matyakubov, I. Begmatov, A. Mamataliev, S. Botirov, M. Khayitova, Condition of irrigation and drainage systems in the Khorezm region and recommendations for their improvement, Journal of Critical Reviews 7 (2020) 417–421. https://doi.org/10.31838/jcr.07.05.86
4. R. Boymurodov, M. Matchanov, Q. Tajiyev, D. Amandurdiyev, A. Mansourian, A. Ashurov, Monitoring land use and land cover (LULC) in the Khorezm oasis using the Esri Sentinel-2 Land Cover Explorer database, in: E3S Web of Conferences, EDP Sciences, 2024. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202459004001.
5. M. Matchanov, M. Mudarra, A. Nigmatov, R. Boymurodov, R. Jumabayev, A. Hakimi, O. Matchanov, DROUGHT SAFETY LEVELS ASSESSMENT IN UZBEKISTAN PART OF THE KHOREZM OASIS BY GEOSPATIAL METHODS, Geodesy and Cartography (Vilnius) 51 (2025) 67–80. https://doi.org/10.3846/gac.2025.23771.
6. F. Gao, S. Zhang, R. Yu, Y. Zhao, Y. Chen, Y. Zhang, Agricultural Drought Risk Assessment Based on a Comprehensive Model Using Geospatial Techniques in Songnen Plain, China, Land (Basel). 12 (2023). https://doi.org/10.3390/land12061184.
7. A.A. Amoli, H. Aghighi, E. Lopez-Baeza, Drought Risk Evaluation in Iran by Using Geospatial Technologies, Remote Sens. (Basel). 14 (2022). https://doi.org/10.3390/rs14133096.
8. E.B. Brite, Irrigation in the Khorezm oasis, past and present: a

political ecology perspective, n.d.
9. M. Worbes, E. Botman, A. Khamzina, A. Tupitsa, C. Martius, J.P.A. Lamers Number, J.P.A. Lamers, ZEF Bonn Trees in the Aral Sea Basin, (2006). http://www.zef.de.

UDK: 528.8:004.9:631.4

SIRDARYO VILOYATI QISHLOQ XO'JALIGI YERLARINI NDVI VA SAVI INDEKSLARI ASOSIDA BAHOLASH

Faxriddinova T.H., Shokirov Sh.S. *- Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada Sirdaryo viloyati qishloq xo'jaligi yerlarini Landsat 8/9 OLI kosmik tasvirlari asosida NDVI va SAVI vegetatsiya indekslari yordamida baholash natijalari taqdim etiladi. ArcGIS 10.8 dasturida 2025-yil may oyidagi ma'lumotlar qayta ishlanib, vegetatsiya holati klasslarga ajratilgan hamda indekslar qiyosiy tahlil qilingan. SAVI indeksi siyrak vegetatsiyali hududlarda NDVI ga nisbatan 41,22 foiz punktga aniqroq natija berganligi aniqlandi.*

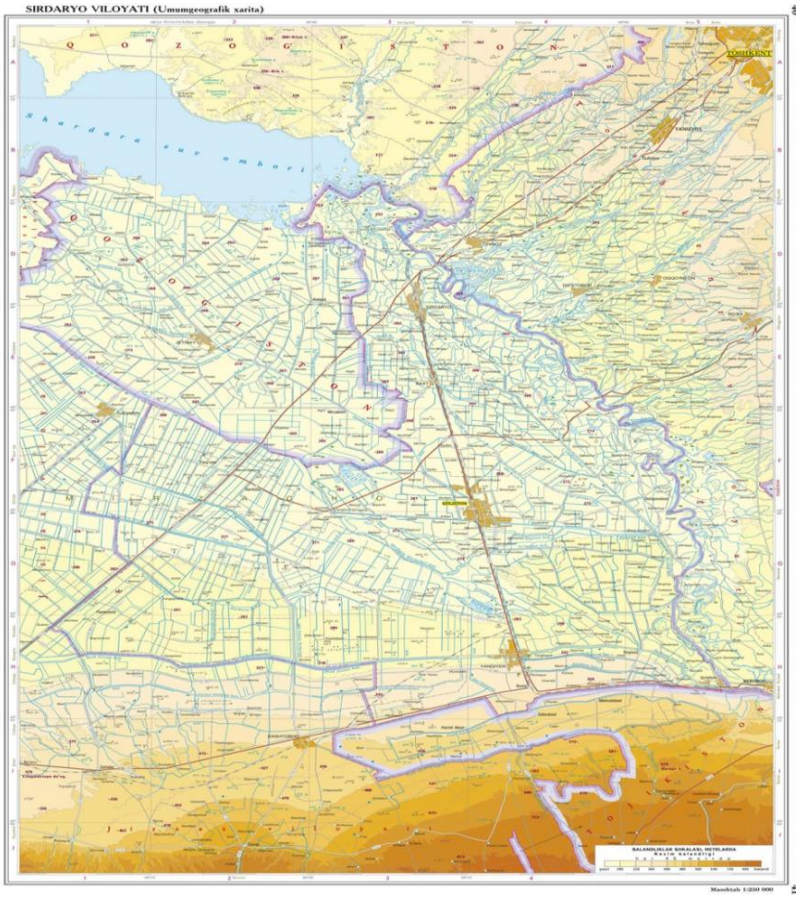
Kalit so'zlar: *GAT, NDVI, SAVI, Landsat, ArcGIS, vegetatsiya indeksi, qishloq xo'jaligi monitoringi, Sirdaryo.*

Kirish. Qishloq xo'jaligi yerlarini operativ monitoring qilishda kosmik masofadan zondlash ma'lumotlaridan foydalanish tobora keng tarqalmoqda. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) vegetatsiya holatini baholashda ko'p yillik metodologik asosga ega bo'lib, uning yaqin infraqizil va qizil diapazonlardagi spektral farqqa tayanishi o'simlik qoplamini samarali ajratish imkonini beradi [1].

Biroq ochiq tuproq ko'p bo'lgan hududlarda, jumladan arid sug'oriladigan dehqonchilik zonalarida, NDVI qiymatlari past bo'lib qoladi. SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index) ushbu muammoni L=0,5 tuproq tuzatish koeffitsienti orqali hal etadi, natijada siyrak vegetatsiyali maydonlarni aniqroq ajratadi [2]. Sirdaryo viloyati — O'zbekistonning muhim agrar hududi — bu ikki indeksni qiyosiy baholash uchun qulay poligon bo'lib xizmat qiladi.

Tadqiqotning maqsadi: 2025-yil may oyida Sirdaryo viloyati qishloq xo'jaligi yerlarining vegetatsiya holatini NDVI va SAVI asosida baholab, ikkala indeksning unumdorligini taqqoslash.

Tadqiqot hududu va metodika. Sirdaryo viloyati O'zbekistonning sharqiy qismida, Mirzacho'l tekisligida joylashgan bo'lib, umumiy maydoni 4,3 ming km² ni tashkil etadi. Viloyatda paxtachilik, g'allachilik, sabzavotchilik rivojlangan va yerlarning katta qismi sug'oriladigan. Keskin kontinental iqlim: yillik yog'in 200–300 mm, iyul oyida harorat +40°C ga yetadi.



1-rasm. Sirdaryo viloyatining umumgeografik xaritasi

Landsat 8/9 OLI kosmik tasvirlari (maydon: may 2025, bulutlilik < 5%) USGS EarthExplorer platformasidan yuklab olindi. Band 4 (qizil, 0,64–0,67 μm) va Band 5 (yaqin infraqizil, 0,85–0,88 μm) — 30 m fazoviy aniqlik. NDVI va SAVI ArcGIS 10.8 Spatial Analyst Raster Calculator orqali hisoblandi:

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

$$SAVI = ((NIR - Red) / (NIR + Red + L)) \times (1 + L), \quad L = 0,5$$

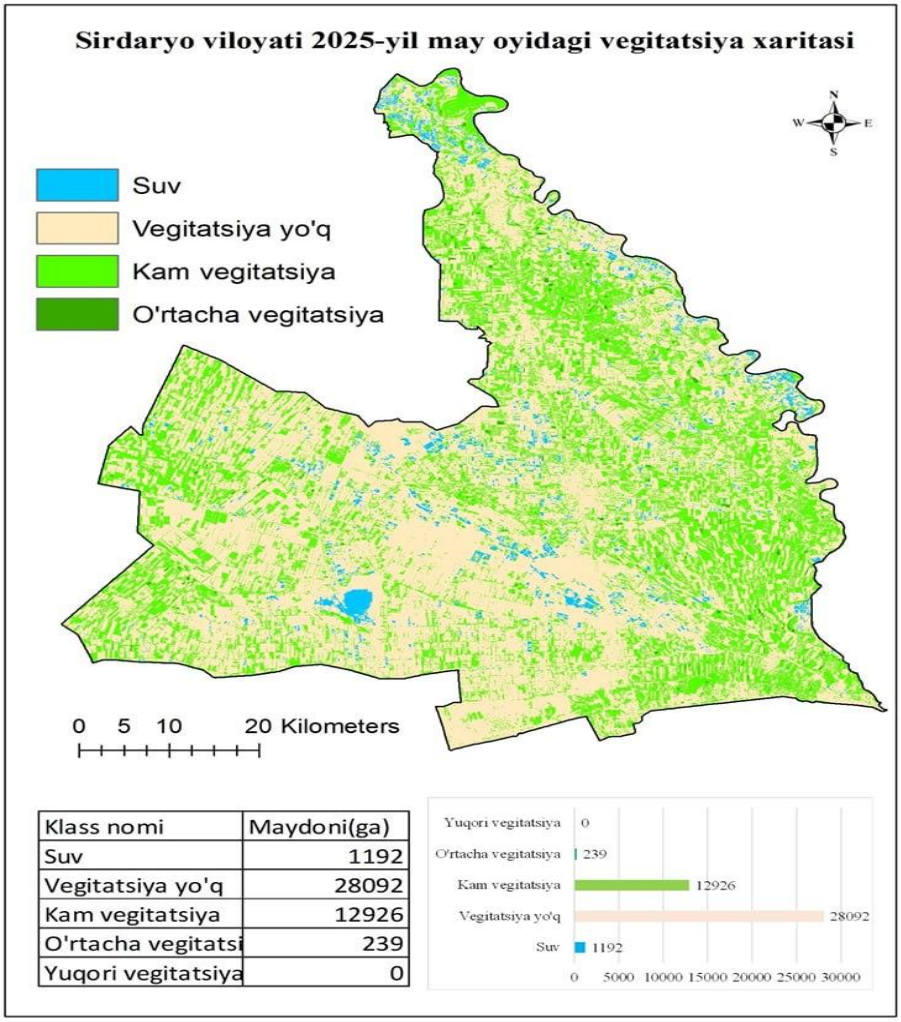
Reclassify vositasi orqali har bir rastr 5 klassga ajratildi (1-jadval, 2-jadval). Maydon statistikasi Excel eksporti orqali hisoblandi.

NDVI va SAVI natijalari. 2025-yil may oyidagi NDVI natijalari 1-jadvalda, SAVI natijalari esa 2-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Sirdaryo viloyatining NDVI asosidagi vegetatsiya klasslari (2025-yil may)

Klass	Klass nomi	Maydon (ga)	Ulushi (%)
1	Suv	1 192,12	2,81
2	Vegetatsiya yo'q	28 092,72	66,18
3	Kam vegetatsiya	12 926,54	30,45
4	O'rtacha vegetatsiya	239,23	0,56
5	Yuqori vegetatsiya	0,00	0,00
Jami	—	**42 450,61**	**100,00**

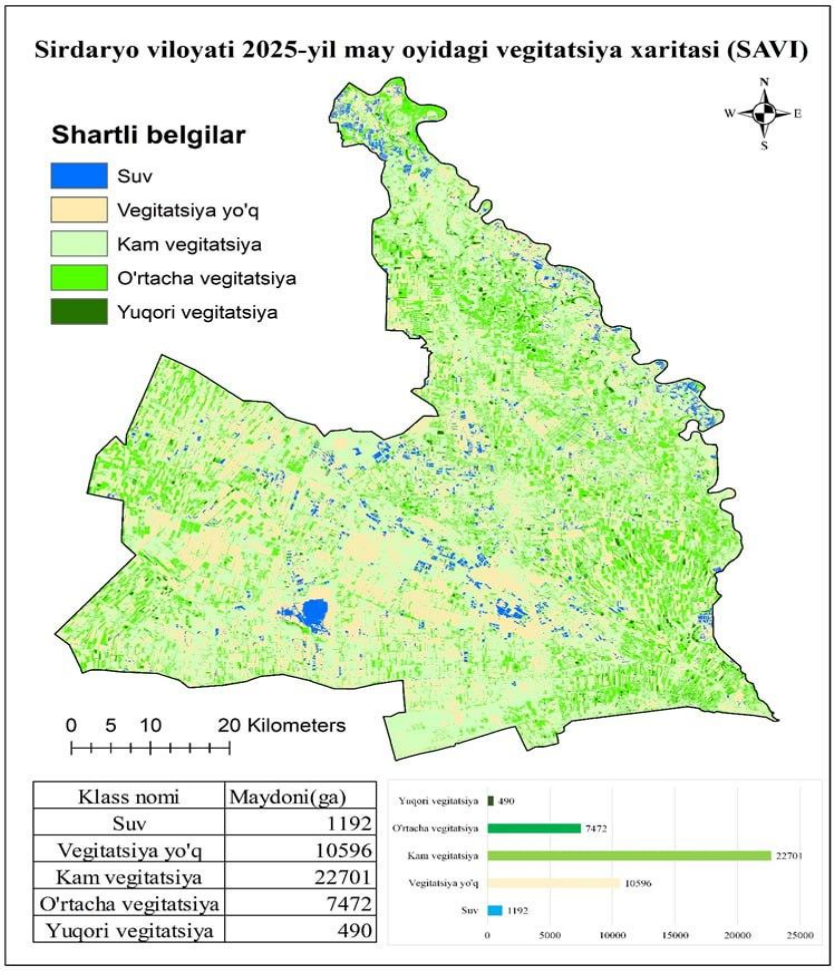


2-rasm. Sirdaryo viloyatining 2025-yil may oyidagi NDVI asosidagi vegetatsiya xaritasi

2-jadval.

Sirdaryo viloyatining SAVI asosidagi vegetatsiya klasslari (2025-yil may)

Klass	Klass nomi	Maydon (ga)	Ulushi (%)
1	Suv	1 192,12	2,81
2	Vegetatsiya yo'q	10 595,82	24,96
3	Kam vegetatsiya	22 700,57	53,48
4	O'rtacha vegetatsiya	7 471,66	17,60
5	Yuqori vegetatsiya	490,45	1,16
Jami	—	**42 450,61**	**100,00**



3-rasm. Sirdaryo viloyatining 2025-yil may oyidagi SAVI asosidagi vegetatsiya xaritasi

NDVI bo'yicha hududning 66,18% (28 092,72 ga) vegetatsiyasiz, 30,45% (12 926,54 ga) esa kam vegetatsiyali deb topildi. Yuqori vegetatsiya klassi aniqlanmadi. SAVI bo'yicha vegetatsiya yo'q hudud 24,96% (10 595,82 ga) ga kamayib, kam vegetatsiya 53,48% (22 700,57 ga), o'rtacha vegetatsiya 17,60% (7 471,66 ga), yuqori vegetatsiya esa 1,16% (490,45 ga) ni tashkil etdi.

Qiyosiy tahlil va muhokama. NDVI va SAVI natijalarining to'liq taqqoslanishi 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval.

NDVI va SAVI natijalarining qiyosiy tahlili (2025-yil may, Sirdaryo viloyati)

Klass nomi	NDVI, ga	SAVI, ga	Farq, ga	NDVI, %	SAVI, %
Suv	1 192,12	1 192,12	0,00	2,81	2,81
Vegetatsiya yo'q	28 092,72	10 595,82	–17 496,90	66,18	24,96
Kam vegetatsiya	12 926,54	22 700,57	+ 9 774,03	30,45	53,48
O'rtacha vegetatsiya	239,23	7 471,66	+7 232,43	0,56	17,60
Yuqori vegetatsiya	0,00	490,45	+ 490,45	0,00	1,16
Jami vegetatsiya	**13 165,77**	**30 662,67**	**+17 496,90**	**31,01**	**72,23**

3-jadval ko'rsatadiki, umumiy vegetatsiya mavjud maydon NDVI bo'yicha 13 165,77 ga (31,01%), SAVI bo'yicha esa 30 662,67 ga (72,23%) ni tashkil etdi. Ikki indeks o'rtasidagi farq 17 496,90 ga yoki 41,22 foiz punktni tashkil etadi. Bu natija may oyida ko'p dalalarda ekin qoplami hali to'liq yopilmaganligini — ochiq tuproq NDVI signalini susaytirganini — ko'rsatadi. SAVI L-koeffitsienti orqali tuproq ta'sirini bartaraf etib, siyrak ekin qoplamini aniqroq belgiladi.

Natijalar qishloq xo'jaligi monitoringi amaliyoti uchun muhim amaliy xulosa beradi: yilning birinchi yarmida (aprel–iyun), ekin qoplami siyrak bo'lgan davrda, Sirdaryo kabi sug'oriladigan hududlarda SAVI aniqroq vosita hisoblanadi. Kuzda esa, o'simlik qoplami to'liq yopilgandan so'ng, ikkala indeks o'xshash natija beradi [3, 5].

Xulosa

1. Sirdaryo viloyatining 2025-yil may oyidagi NDVI tahlili hududning 66,18% vegetatsiyasiz, 30,45% esa kam vegetatsiyali ekanligini ko'rsatdi.

2. SAVI indeksi vegetatsiya yo'q maydonni 24,96% gacha kamaytirdi, umumiy vegetatsiya mavjud maydonni esa NDVI ga nisbatan 41,22 foiz punktga ko'proq aniqladi.

3. May oyidagi siyrak ekin sharoitida SAVI Sirdaryo viloyati uchun aniqroq vegetatsiya monitorngi vositasi ekanligi empirik tarzda isbotlandi.

4. Olingan tematik xaritalar agrogeoma'lumotlar bazasini shakllantirish va qishloq xo'jaligi boshqaruvida qaror qabul qilish uchun muhim kartografik manba bo'lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] Rouse J.W. et al. Monitoring the vernal advancement and retrogradation of natural vegetation. NASA/GSFC Final Report, 1974.

[2] Huete A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment, 1988. Vol. 25. pp. 295–309.

[3] Shokirov Sh.S., Musaev I.M., Akbarov M.S. Masofadan zondlash. Toshkent: IQTISOD-MOLIYA, 2015. 192 b.

[4] Cherepanov A.S. Vegetatsionnыe indeksы. Geomatika, 2011. No.2. pp. 98–102.

[5] Conrad C. et al. Derivation of temporal windows for accurate crop discrimination in Uzbekistan. Computers and Electronics in Agriculture, 2014. Vol. 103. pp. 63–74.

[6] USGS. Landsat Collection 2 Surface Reflectance. U.S. Geological Survey, 2026.

UDK: 631.559, 528.8, 004.8, 631.4

NDVI-BASED RANDOM FOREST ESTIMATION OF TRITICALE YIELD FROM UAV DATA

G. Dezső*- University of Nyíregyháza Institute of Engineering a10nd Agricultural Sciences Departement of Physics and Production Engineering H-4400, Nyíregyháza, Sóstói út 31/b, Hungary*

Abstract. *Accurate estimation of crop yield is essential for precision agriculture and site-specific farm management. This study investigates the relationship between vegetation dynamics and grain yield of triticale (X Triticosecale Wittmack) using unmanned aerial vehicle (UAV)-derived normalized difference vegetation index (NDVI) data. A simple modeling framework was developed based on a single temporal feature, the area under the NDVI curve (NDVI_AUC), representing cumulative canopy development during the growing season. A Random Forest regression model was applied to estimate yield using data collected from 40 experimental field parcels across two growing seasons. Model performance was evaluated using five-fold cross-validation, yielding strong predictive performance. The results indicate that NDVI_AUC is a robust indicator of triticale productivity and provides reliable yield estimation even under limited sample conditions. The findings demonstrate the applicability of UAV-based multispectral sensing combined with machine learning for supporting precision management of triticale production systems.*

Keywords*: NDVI, area under curve, triticale, Random Forest, surrogate model, crop yield prediction, multispectral sensing*

1. Introduction. Accurate yield estimation is a central objective in precision agriculture, supporting informed management decisions and efficient resource allocation. Multispectral remote sensing has been used for crop monitoring and yield assessment since the 1970s, when satellite-based vegetation indices first enabled large-scale observation of crop growth dynamics. Over time, advances in sensor technology and spatial resolution have significantly improved the ability to quantify canopy vigor and biomass accumulation. The introduction of unmanned aerial vehicles (UAVs) into agricultural remote sensing in the early 2010s marked a major shift, providing flexible, high-resolution, and cost-effective monitoring capabilities that complement traditional satellite platforms. UAV-based multispectral imaging is now widely applied in cereal production systems, where vegetation indices such as NDVI, NDRE, and SAVI are used to characterize canopy development and predict yield.

Recent studies have demonstrated the strong potential of UAV multispectral data for yield estimation in wheat and other cereals. Multi-temporal UAV imaging has been shown to accurately predict yield potential even before flowering, highlighting the value of dense temporal sampling for capturing key phenological transitions [1]. Similarly, integrated UAV and proximal sensing approaches have improved the assessment of growth stages and yield-related traits across diverse

cereal genotypes, demonstrating robust correlations between multispectral vegetation indices and final yield [2]. Additional work has confirmed that drone-derived NDVI is strongly associated with canopy structure and nitrogen status in wheat, reinforcing its relevance for yield prediction under variable management conditions [3].

Despite these advances, triticale remains less studied compared with other cereals, and simple, interpretable modeling frameworks for UAV-based yield estimation are still limited. Given the crop's increasing importance in Central and Eastern Europe, developing reliable methods for monitoring its seasonal dynamics is essential. In this context, the temporal integration of NDVI (NDVI_AUC) offers a biologically meaningful indicator of cumulative canopy development. This study evaluates the potential of NDVI_AUC derived from UAV multispectral imagery to estimate triticale grain yield across two growing seasons, using a Random Forest regression model and an interpretable surrogate modeling approach.

2. Methods

2.1. Data acquisition. Field data acquisition was performed during two consecutive growing seasons in experimental triticale (X Triticosecale Wittmack) plots. The study design and measurement protocol followed the methodology presented in our previous works [4], [5], [6]. The experimental field consisted of multiple agricultural parcels subjected to regular agronomic management practices. UAV-based remote sensing measurements were carried out repeatedly during the vegetation period in order to monitor crop development and canopy dynamics.

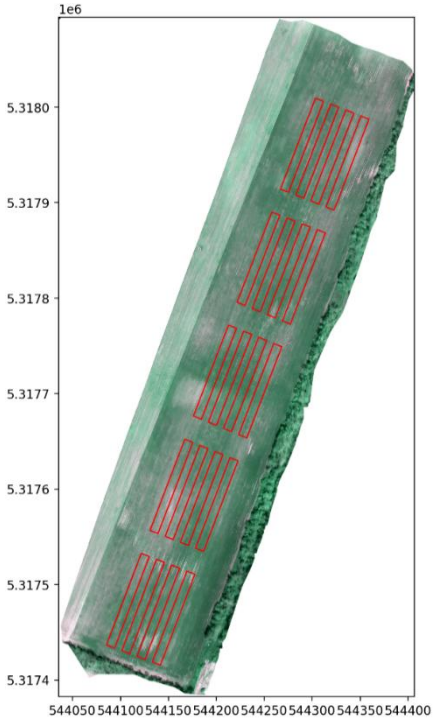


Figure 1. The imaging was performed on 20 parcels on the are studied area

A multirotor unmanned aerial vehicle equipped with an optical multispectral imaging system was used for data collection. Flights were conducted under stable weather and illumination conditions to minimize radiometric inconsistencies between acquisition data. The flight altitude and overlap parameters were selected to ensure high spatial resolution and reliable orthomosaic generation. Ground control procedures and standard photogrammetric workflows were applied during image preprocessing, including image alignment, orthomosaic generation, and radiometric normalization.

The acquired multispectral imagery was processed to calculate vegetation indices characterizing crop vigor and canopy condition. Among these indices, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was used as the primary explanatory variable in the present study because of

its widespread application in agricultural remote sensing and crop monitoring. NDVI values were extracted at parcel level for each measurement campaign, allowing the construction of temporal NDVI profiles throughout the growing season.

To characterize seasonal vegetation dynamics, several statistical descriptors were derived from the NDVI time series, including mean NDVI, median NDVI, maximum NDVI, and the area under the NDVI curve (NDVI_AUC). The NDVI_AUC parameter integrates temporal information over the complete observation period and therefore reflects cumulative vegetation activity during crop development. Yield measurements were collected after harvest for each parcel and used as reference data for model development and evaluation. The resulting dataset linked UAV-derived spectral information with measured triticale yield values for subsequent statistical and machine learning analyses.

2.2. Data processing pipeline

The processing pipeline was designed to transform raw UAV-derived multispectral imagery into parcel-level variables suitable for statistical modelling and machine learning-based yield estimation. The workflow consisted of image preprocessing, vegetation index extraction, temporal feature generation, and regression modelling.

Following UAV image acquisition, orthomosaic generation and radiometric correction were performed using photogrammetric processing software. The resulting multispectral raster layers were used to calculate the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), which is widely applied for monitoring crop vigour and biomass development [7]. NDVI maps were generated for each measurement date during the vegetation period.

The experimental field was divided into individual parcels corresponding to the field trial design. Mean NDVI values were extracted separately for each parcel and each acquisition date. Based on the temporal NDVI series, several descriptive variables were derived, including NDVI mean, maximum NDVI, and the area under the NDVI curve (NDVI_AUC). The NDVI_AUC parameter was calculated as the numerical integral of the temporal NDVI curve and represents the cumulative vegetation activity during the observed growing period.

In the present study, only the NDVI_AUC feature was used as predictor variable in order to develop a simple and interpretable baseline model suitable for conference presentation. The final dataset therefore consisted of parcel-level NDVI_AUC values and the corresponding measured crop yield values.

The prepared feature table was subsequently used for Random Forest regression analysis. Model evaluation was performed using five-fold cross-validation in order to estimate predictive stability and reduce the influence of random partitioning effects. Model performance was assessed using the coefficient of determination (R^2) and root mean square error (RMSE).

2.3. Random forest method

The Random Forest (RF) algorithm is one of the most widely used ensemble machine learning methods for regression and classification problems. The method was introduced by Leo Breiman in

2001 as an extension of decision tree learning combined with bootstrap aggregation ("bagging") and random feature selection. The original concept was based on the idea that combining many weakly correlated decision trees can substantially improve predictive performance and reduce overfitting compared to a single tree model [8].

Random Forest models became especially important in remote sensing and precision agriculture because they can efficiently handle nonlinear relationships, noisy data, and complex interactions among variables. In agricultural applications, RF regression has frequently outperformed traditional linear models when predicting crop yield from vegetation indices, meteorological variables, or multispectral UAV imagery. The method is also robust when the sample size is relatively small, which is particularly advantageous in field-scale agricultural experiments [9], [10], [11].

The main advantage of Random Forest regression compared to classical Ordinary Least Squares (OLS) regression is that RF does not assume a linear relationship between predictors and target variables. While linear and polynomial regression models require predefined mathematical relationships, RF automatically learns nonlinear structures from the data. In contrast to neural networks, Random Forest models require fewer hyperparameters, are easier to train on small datasets, and are less sensitive to overfitting. Compared to Support Vector Regression (SVR), RF models are computationally simpler and provide interpretable variable importance measures. These characteristics make RF particularly suitable for agricultural remote sensing applications involving heterogeneous environmental conditions and spectral measurements [12], [13], [14].

The basic principle of Random Forest regression is the aggregation of multiple decision trees. During training, each tree is built using a randomly selected bootstrap sample of the original dataset. Additionally, at each node split, only a random subset of predictor variables is considered. This randomization decreases correlation among trees and improves generalization performance. The final prediction of the RF regressor is obtained by averaging the predictions of all individual trees in the ensemble. Because each tree captures different patterns within the data, the aggregated model typically achieves lower variance and better predictive stability than individual decision trees [8], [15].

The performance of a Random Forest regression model must always be evaluated on data that were not used directly during training. Several complementary validation approaches are commonly used in scientific studies.

The coefficient of determination (R^2) measures how much of the variance in the observed target variable is explained by the model. In agricultural yield estimation, R^2 is one of the most frequently reported evaluation metrics because it provides an intuitive measure of model fit and predictive capability.

Root Mean Square Error (RMSE) measures the average magnitude of prediction errors in the same physical units as the target variable (e.g.,

kg/ha). In crop yield estimation studies, RMSE is often reported together with R^2 because the two metrics describe different aspects of model quality.

Mean Absolute Error (MAE) represents the average absolute prediction error. Unlike RMSE, it is less sensitive to outliers and extreme prediction deviations. MAE is frequently used in precision agriculture because field measurements often contain natural variability and measurement noise.

Cross-Validation (k-fold Cross-Validation) is one of the most important validation approaches for Random Forest regression. The dataset is divided into k subsets ("folds"). The model is trained on k–1 folds and evaluated on the remaining fold. This process is repeated until every fold has served once as validation data. Five-fold or ten-fold cross-validation is commonly used in agricultural remote sensing studies because it provides a more stable estimate of model generalization performance, especially for small datasets.

Random Forest has an internal validation mechanism called Out-of-Bag (OOB) estimation. Each decision tree is trained on a bootstrap sample of the dataset, meaning that some observations are left out during tree construction. These unused observations are called out-of-bag samples and can be used to estimate prediction error without requiring a separate validation set. OOB estimation is particularly useful for small datasets because it maximizes the use of available observations while still providing an internal estimate of generalization performance.

Residual analysis (RA) examines the differences between observed and predicted values. Residual plots can reveal systematic errors, heteroscedasticity, nonlinear effects, or outliers. Ideally, residuals should appear randomly distributed around zero. In agricultural applications, residual analysis may indicate whether the model performs differently under varying environmental conditions or yield ranges.

Feature Importance Analysis. Random Forest models can estimate the relative importance of input variables. This allows researchers to identify which vegetation indices or spectral features contribute most strongly to yield estimation. Feature importance analysis is particularly valuable in remote sensing studies because it helps interpret the biological relevance of spectral indicators.

Bias and Prediction Variance. Prediction bias measures systematic overestimation or underestimation by the model. Prediction variance reflects the stability of model outputs across different training subsets. Together, they help characterize model uncertainty and robustness. These analyses become especially important for small agricultural datasets where overfitting risk is high.

Training vs Validation Performance Comparison. Comparing training accuracy with validation or cross-validation accuracy helps identify overfitting. If the model performs very well on training data but poorly on unseen data, the model has likely memorized the training observations instead of learning generalizable relationships. [8], [16]

3. Results

A total of 40 samples from the 2024–2025 growing seasons were used to evaluate the relationship between canopy greenness dynamics and final yield using the NDVI integral (NDVI_AUC) as predictor. A Random Forest (RF) regression model was trained on the full dataset and evaluated using out-of-bag (OOB) estimation and 5-fold cross-validation.

3.1. Random Forest model performance

The RF model achieved strong predictive accuracy. The OOB coefficient of determination was R^2 = 0.8579, indicating that the model explained approximately 86% of the variance in yield. The 5-fold cross-validation resulted in mean R^2 = 0.8587 with a standard deviation of 0.0556, demonstrating stable performance across folds. The corresponding cross-validated RMSE was 468.66 kg/ha (SD = 117.06 kg/ha).

Bias–variance characteristics A cross-validated bias–variance decomposition showed a mean prediction bias of 23.64 kg/ha, while the estimated prediction variance was $1.57 \cdot 10^6$ $(kg/ha)^2$, indicating that most of the model error originates from variance rather than systematic bias. The cross-validated prediction error on the training set yielded RMSE = 483.05 kg/ha and R^2 = 0.8672.

Surrogate model fitted to the full RF model

To obtain an interpretable approximation of the RF response function, a second-degree polynomial surrogate model was fitted to the RF predictions on the full dataset. The resulting surrogate equation was:

$$\hat{y} = -2487.08 + 232.47 \cdot \text{NDVI_AUC} - 1.7317 \cdot \text{NDVI_AUC}^2 \quad (1)$$

This surrogate model achieved cross-validated R^2 = 0.8883 and RMSE = 331.42 kg/ha, indicating that the polynomial approximation captures the RF response surface with high fidelity.

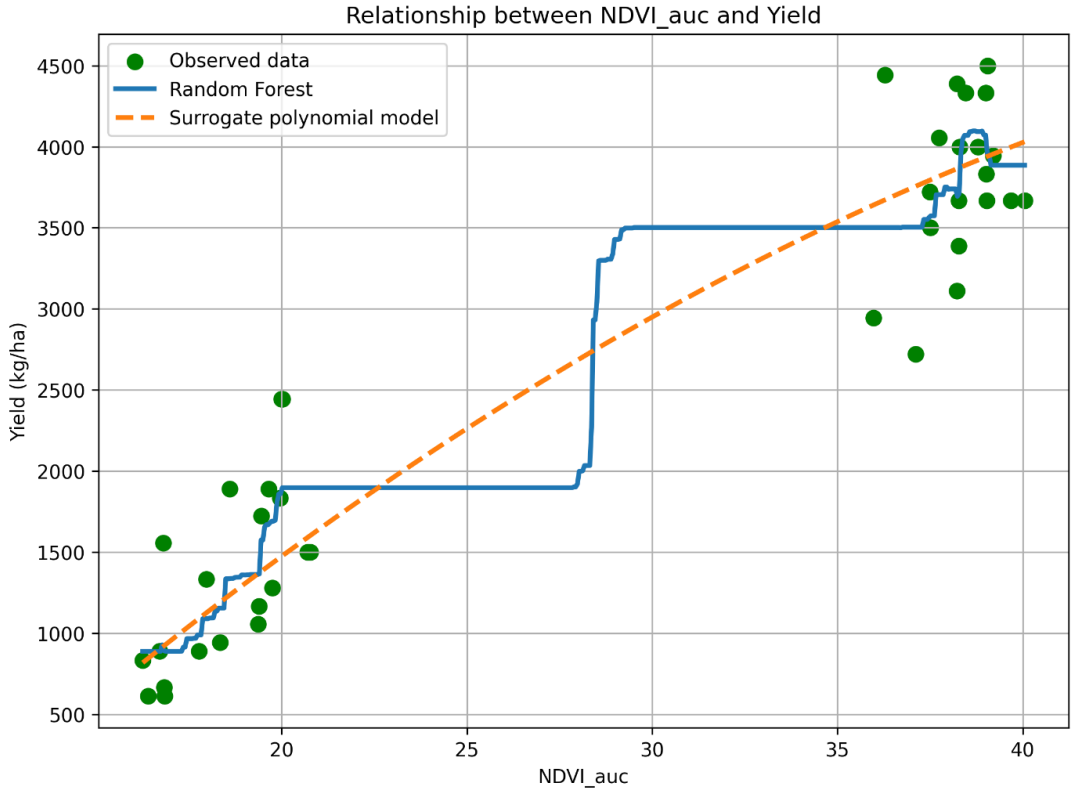


Figure 2. The observed data (blue dots), random forest (RF) model for prediction of the triticale yield (blue line), and the quadratic surrogate model fit tot he full RF model

Cross-validated RF predictions and averaged surrogate model

To obtain a more stable representation of the RF response, each fold-specific RF model was used to predict yield for the entire dataset. In the followings we will refer as CV-RF models to the Random Forest models based on any of the cross-validation folds (CV-folds). Their averake will be called CV-averaged RF model.

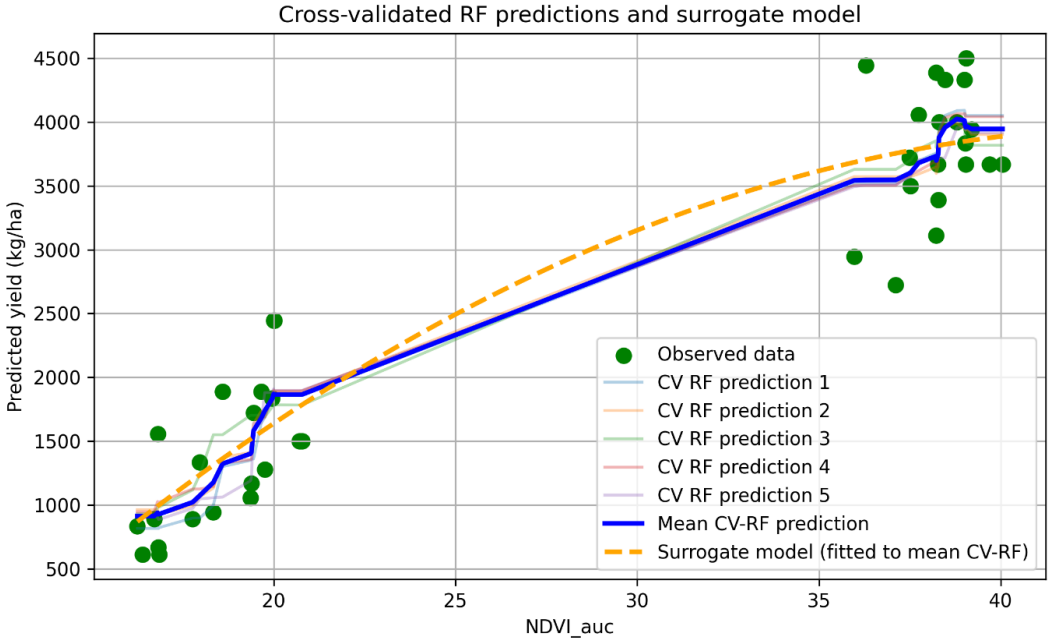


Figure 3. The Random Forest models obtained from the five folds, their average (blue line), and the surrogate model obtained from the averaged CV-RF models

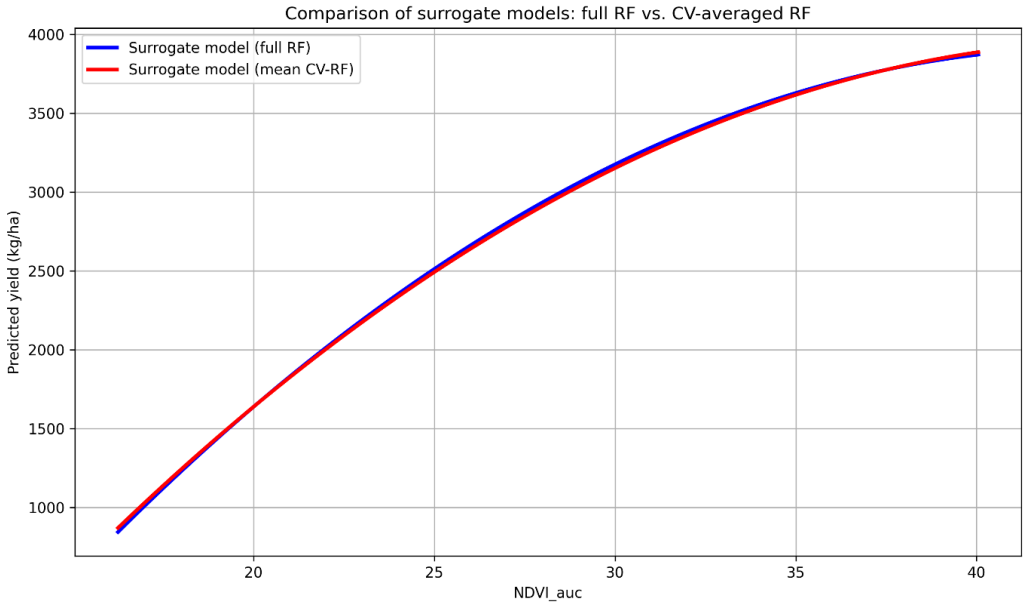


Figure 4. Comparison of surrogate models obtained from the full dataset and the average of CV-RF models

These five prediction curves were averaged and used as the target for a second surrogate model. The resulting polynomial surrogate fitted to the averaged CV-RF predictions was:

$$\hat{y} = -3730.07 + 346.35 \cdot \text{NDVI_AUC} - 3.8982 \cdot \text{NDVI_AUC}^2 \quad (2)$$

The pooled R2 for averaged CV-RF model: 0.9116 .

This surrogate was then compared directly to the full RF model. The agreement between the two was high, with

- R^2 (surrogate vs. RF) = 0.9857
- RMSE (surrogate vs. RF) = 150.96 kg/ha indicating that the averaged CV-RF surrogate provides an extremely accurate and smooth approximation of the RF response curve.

Comparison of CV-Based and Full-Model Random Forest Predictions

The mean CV-RF prediction with 95% confidence interval illustrates how the Random Forest model responds to variation in NDVI_AUC when trained on different cross-validation folds. Each fold produces a slightly different response curve, reflecting the variability introduced by training on distinct subsets of the data. Averaging these curves yields a smooth mean prediction, while the 95% confidence interval quantifies the uncertainty arising from fold-to-fold differences. This interval is narrow where the model is stable and widens in regions with fewer observations or greater year-to-year variability.

For comparison, the RF model trained on the full dataset produces a more step-like prediction curve, particularly in the NDVI_AUC range separating the two growing seasons. This behavior is expected: when the model has access to all observations simultaneously, the decision trees align their splits with the natural gap between years, resulting in sharper

transitions in the aggregated prediction. In contrast, the CV-based curves are smoother because each fold omits a portion of the data, shifting the tree boundaries slightly and reducing the prominence of year-specific discontinuities. Together, the two visualizations highlight both the stability of the RF response and the structural separation between the two seasons in the underlying dataset.

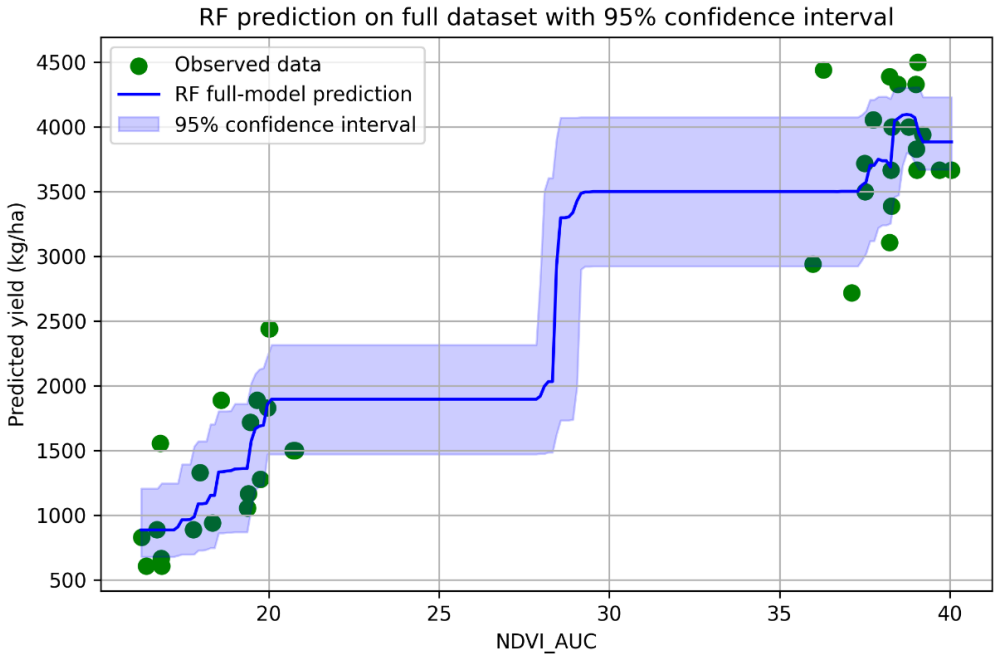


Figure 5. Full-model RF prediction with 95% confidence interval Random Forest response curve trained on the full dataset, illustrating the model's prediction of grain yield as a function of NDVI_AUC.

The shaded 95% confidence interval reflects uncertainty estimated from the ensemble of trees. The step-like transition between the two NDVI_AUC ranges highlights the structural separation of the two growing seasons in the underlying data.

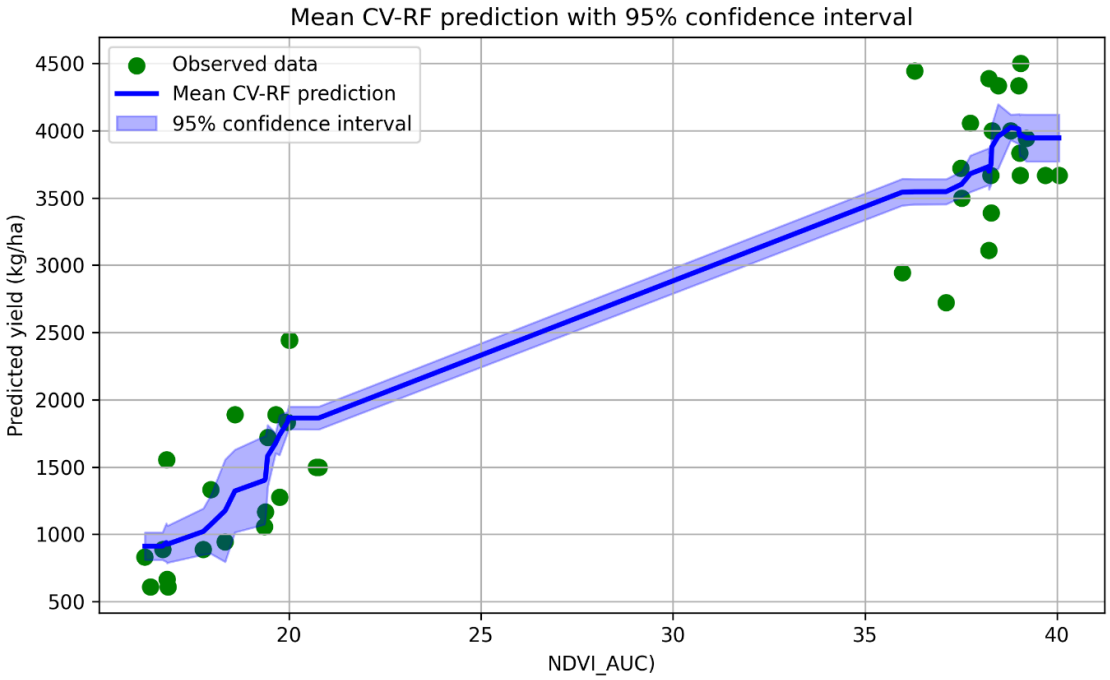


Figure 6. Mean CV-RF prediction with 95% confidence interval Mean Random Forest response curve obtained from five-fold cross-validation, showing the average relationship between NDVI_AUC and grain yield.

The shaded band represents the 95% confidence interval derived from fold-to-fold variability, indicating the stability of the model across different training subsets.

4. Discussion

The results of this study demonstrate that UAV-derived NDVI_AUC is a strong predictor of triticale grain yield, even under limited sample conditions. The Random Forest model achieved high predictive accuracy (OOB R^2 = 0.8579; CV R^2 = 0.8587), confirming that cumulative canopy greenness effectively captures the temporal dynamics of biomass accumulation and yield formation. Similar findings have been reported in previous yield-prediction studies using vegetation index integrals. For example, Madec et al. (2017) showed that UAV-based NDVI time-series metrics were strongly correlated with grain yield in wheat breeding trials [17]. Although triticale-specific studies using NDVI integrals for yield prediction are limited, works on wheat and other small grains have demonstrated that NDVI time-series metrics — including cumulative or integrated vegetation indices — are strongly associated with final grain yield. These findings support the use of NDVI_AUC as a biologically meaningful and robust predictor in cereal yield-estimation frameworks.

Although triticale-specific yield-prediction studies are less common, works confirm the strong link between NDVI dynamics and triticale performance [18]. The present findings align with these results, reinforcing the suitability of NDVI_AUC as a single-feature predictor for triticale yield estimation.

A key methodological contribution of this study is the development of an interpretable surrogate model that approximates the RF response function. The second-degree polynomial surrogate fitted to the averaged CV-RF

predictions showed excellent agreement with the RF model (R^2 = 0.9857; RMSE = 150.96 kg/ha), demonstrating that surrogate modeling can effectively smooth bootstrap-induced variability while preserving the underlying functional relationship. The concave NDVI–yield pattern revealed by the surrogate model is agronomically meaningful: yield increases with canopy development but at a diminishing rate, reflecting physiological saturation effects.

The confidence interval derived from the CV-RF predictions provides an additional layer of interpretability by quantifying model uncertainty. This is particularly relevant for precision agriculture applications, where decision-support tools must be both accurate and transparent. The surrogate model, combined with uncertainty estimates, offers a practical pathway for integrating UAV-based yield prediction into operational farm management.

The results confirm that UAV-derived NDVI time-series metrics, even when reduced to a single integral feature, can provide reliable yield estimates for triticale. The surrogate modeling approach enhances interpretability and robustness, making it suitable for real-world precision agriculture workflows.

5. Conclusions

This study showed that the NDVI integral derived from UAV multispectral imagery is a strong and reliable predictor of triticale grain yield. A Random Forest regression model trained on two years of field data achieved high predictive accuracy despite the small sample size. The development of a polynomial surrogate model provided an interpretable approximation of the RF response, with the surrogate fitted to averaged CV-RF predictions achieving near-perfect agreement with the RF model.

The findings highlight three key conclusions:

NDVI_AUC is a robust single-feature indicator of triticale productivity, capturing cumulative canopy development and explaining most of the yield variability.

2. Surrogate modeling offers a powerful tool for translating complex ML models into interpretable agronomic functions, enabling transparent and practical use in precision agriculture.

UAV-based vegetation monitoring combined with machine learning is a viable approach for yield estimation, even when only limited ground-truth data are available.

Future work should incorporate additional predictors (e.g., meteorological variables, soil properties), expand the dataset across more seasons and environments, and evaluate the operational integration of surrogate-based yield estimation into farm management workflows.

Acknowledgements

The publication received support from project 2022-1.2.2-TÉT-IPARI-UZ-2022-00023, AL6222052520 "Supporting organic and conventional farming with Geospatial methods," funded by the NKFI (NRDI), Hungary and Innovative Development Agency, Uzbekistan.

References

[1] M. P. Camenzind and K. Yu, “Multi temporal multispectral UAV

remote sensing allows for yield assessment across European wheat varieties already before flowering," Front. Plant Sci., vol. 14, p. 1214931, Jan. 2024, doi: 10.3389/fpls.2023.1214931.

[2] Ž. Grbović et al., "Integrating UAV multispectral imaging and proximal sensing for high-precision cereal crop monitoring," PLOS ONE, vol. 20, no. 5, p. e0322712, May 2025, doi: 10.1371/journal.pone.0322712.

[3] D. Venkata Sai Chakradhar Reddy et al., "Drone-Based Multispectral Imaging for Precision Monitoring of Crop Growth Variables," Biol. Life Sci. Forum, vol. 41, no. 1, p. 10, 2025, doi: 10.3390/blsf2025041010.

[4] B. Gati, "Comparison of vegetation indices obtained by drone and satellite," E3S Web Conf., vol. 590, p. 01008, 2024, doi: 10.1051/e3sconf/202459001008.

[5] E. Kosztyuné Krajnyák et al., "The effect of fermented poultry manure on the yield and quality parameters of triticale (X Triticosecale Wittmack) cultivated organic way on acidic sandy soil," E3S Web Conf., vol. 590, p. 01009, 2024, doi: 10.1051/e3sconf/202459001009.

[6] Kosztyuné Krajnyák E. et al., "Baromfitrágyával kezelt tritikálé (× Triticosecale Wittmack) föld feletti biomassza hozamának és terméselemeinek vizsgálata," in Fenntartható Tájgazdálkodási Tudományos Műhely konferenciája 2025 : Innovatív megoldások a XXI. század mezőgazdaságában, Nyíregyházi Egyetem Műszaki és Agrártudományi Intézet, 2025, pp. 119–126. doi: 10.71066/FTTMK.1.17.

[7] C. J. Tucker, "Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation," Remote Sens. Environ., vol. 8, no. 2, pp. 127–150, May 1979, doi: 10.1016/0034-4257(79)90013-0.

[8] L. Breiman, "Random Forests," Mach. Learn., vol. 45, no. 1, pp. 5–32, Oct. 2001, doi: 10.1023/A:1010933404324.

[9] J. H. Jeong et al., "Random Forests for Global and Regional Crop Yield Predictions," PLOS ONE, vol. 11, no. 6, p. e0156571, Jun. 2016, doi: 10.1371/journal.pone.0156571.

[10] A. P. Marques Ramos et al., "A random forest ranking approach to predict yield in maize with uav-based vegetation spectral indices," Comput. Electron. Agric., vol. 178, p. 105791, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.compag.2020.105791.

[11] S. Shokirov et al., "Leveraging Vegetation Indices and Random Forest for Soil Nutrient Monitoring in Winter Wheat," J. Indian Soc. Remote Sens., vol. 53, no. 11, pp. 3711–3721, Nov. 2025, doi: 10.1007/s12524-025-02198-9.

[12] E. Scornet, G. Biau, and J.-P. Vert, "Consistency of random forests," Ann. Stat., vol. 43, no. 4, Aug.

2015, doi: 10.1214/15-AOS1321.

[13] M. Belgiu and L. Drăguţ, “Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions,” ISPRS J. Photogramm. Remote Sens., vol. 114, pp. 24–31, 2016, doi: 10.1016/j.isprsjprs.2016.01.011.

[14] K. Liakos, P. Busato, D. Moshou, S. Pearson, and D. Bochtis, “Machine Learning in Agriculture: A Review,” Sensors, vol. 18, no. 8, p. 2674, Aug. 2018, doi: 10.3390/s18082674.

[15] M. Schonlau and R. Y. Zou, “The random forest algorithm for statistical learning,” Stata J. Promot. Commun. Stat. Stata, vol. 20, no. 1, pp. 3–29, Mar. 2020, doi: 10.1177/1536867X20909688.

[16] T. Hastie, R. Tibshirani, and J. Friedman, The Elements of Statistical Learning. in Springer Series in Statistics. New York, NY: Springer New York, 2009. doi: 10.1007/978-0-387-84858-7.

[17] M. Dettori, C. Cesaraccio, and P. Duce, “Simulation of climate change impacts on production and phenology of durum wheat in Mediterranean environments using CERES-Wheat model,” Field Crops Res., vol. 206, pp. 43–53, May 2017, doi: 10.1016/j.fcr.2017.02.013.

[18] P. O. Noack, “Estimating Triticale Dry Matter Yield in Parcel Plot Trials From Aerial and Ground Based Spectral Measurements,” IFAC-Pap., vol. 49, no. 16, pp. 404–408, 2016, doi: 10.1016/j.ifacol.2016.10.074.

UDK 004.8:528.8:631.4:633.51:633.11

PHENOLOGY-BASED CROP CLASSIFICATION USING MULTI-TEMPORAL SENTINEL-1 SAR TIME-SERIES IN SEMI-ARID AGRICULTURE

Oybek Tukhtamishov *– Master’s student at “TIIAME” National Research University*

Zokhid Mamatkulov *- PhD, Head of the Department of State Cadastre, “TIIAME” National Research University*

O’ktamjon Isankulov *– Master’s student at “TIIAME” National Research University*

Nozima Bokieva *– Master’s student at “TIIAME” National Research University*

E-mail : z.mamatqulov@tiiame.uz
E-mail : o_tuxtamishov@tiiame.uz
E-mail : theisanqulov@gmail.com
E-mail: boqiyevanozima1@gmail.com
https://orcid.org/0009-0005-4335-7696

Annotatsiya. *Yarim qurg‘oqchil qishloq xo‘jaligi tizimlarida ekin turlarini aniqlash muhim vazifa hisoblanadi, biroq ekinlarning o‘xshash spektral xususiyatlari hamda optik ma’lumotlarning bulutlilik ta’siriga uchrashi bu jarayonni murakkablashtiradi. Sintetik*

aperturali radar (SAR) ma'lumotlari bulutlilik va yorug'lik sharoitlariga bog'liq bo'lmagani sababli samarali alternativ hisoblanadi, ammo ko'plab tadqiqotlarda faqat bitta vaqt kesimidagi ma'lumotlar qo'llanilib, fenologik o'zgarishlar to'liq hisobga olinmaydi. Bu muammo ayniqsa Markaziy Osiyo kabi sug'orishga bog'liq va turli xil tuzilishga ega qishloq xo'jaligi hududlarida dolzarbdir. Bunday sharoitda ekinlarni ajratish uchun nafaqat fazoviy, balki vaqt bo'yicha o'zgaruvchan ma'lumotlar ham muhim hisoblanadi. Ushbu tadqiqotda O'zbekiston Respublikasi Toshkent viloyati O'rta Chirchiq tumani misolida Sentinel-1 SAR ma'lumotlari asosida ko'p vaqtli ma'lumotlarga tayangan usul ishlab chiqildi. Tadqiqotda 2025-yil vegetatsiya davrida olingan 16 ta kuzatuv asosida VV va VH polarizatsiyalari hamda ularning nisbatidan hosil qilingan vaqt qatorli backscatter xususiyatlari tahlil qilindi. Tasniflash uchun Random Forest algoritmi qo'llanilib, yettita yer qoplam sinfi aniqlashtirildi. Natijalar umumiy aniqlik 92% dan yuqori va Kappa koeffitsienti 0.90 dan yuqori ekanligini ko'rsatdi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, ekinlar o'rtasidagi farqlar asosan ularning fenologik rivojlanishidagi vaqt bo'yicha o'zgarishlar bilan belgilanadi, ayniqsa o'rta vegetatsiya davrida bu farqlar yaqqol namoyon bo'ladi. Tadqiqot natijasi bug'doy va paxta ekinlarining turli rivojlanish trayektoriyalariga ega ekanligini ko'rsatdi: bug'doy hosil yig'imidan keyin keskin kamayishni, paxta esa vegetatsiya davomida uzluksiz o'sishni namoyon etdi. Ushbu farqlar bir martalik tasvirlarda kuzatilmaydi. Umuman olganda, ko'p vaqtli SAR ma'lumotlari murakkab agro-landshaftlarda ekinlarni aniq ajratish va tasniflash samaradorligini sezilarli darajada oshiradi.

Kalit so'zlar: *Sentinel-1 SAR, ekinlarni tasniflash, ko'p vaqtli tahlillar, Random Forest, masofadan zondlash, qishloq xo'jaligi monitoringi.*

Аннотация. *Классификация сельскохозяйственных культур в полузасушливых агроэкосистемах является сложной задачей, поскольку культуры часто имеют сходные спектральные характеристики, а оптические данные подвержены влиянию облачности. Данные синтетической апертурной радиолокации (SAR) представляют собой эффективную альтернативу, так как не зависят от погодных условий и освещенности, однако многие исследования ограничиваются использованием данных одного временного среза и не учитывают фенологическую динамику. Эта проблема особенно актуальна для регионов Центральной Азии, где сельское хозяйство характеризуется высокой гетерогенностью и зависимостью от орошения. В таких условиях для точного различения культур необходимо учитывать не только пространственные, но и временные характеристики их развития. В данном исследовании разработан многовременной подход на основе данных Sentinel-1 SAR для классификации земного покрова и сельскохозяйственных культур на примере Урта-Чирчикского района Ташкентской области Узбекистана. В анализе использованы временные ряды коэффициентов обратного рассеяния VV и VH поляризаций, а также их соотношение, полученные на основе 16*

наблюдений в течение вегетационного периода 2025 года. Для классификации применён алгоритм Random Forest, позволяющий выделить семь классов земного покрова. Результаты показали высокую точность: общая точность превышает 92%, а коэффициент Каппа-0.90. Анализ показал, что различия между культурами обусловлены их фенологическими изменениями во времени, особенно выраженными в середине вегетационного периода. Временные ряды обратного рассеяния продемонстрировали различные траектории развития культур: пшеница характеризуется снижением сигнала после сбора урожая, тогда как хлопок показывает устойчивый рост в течение сезона. Эти различия не могут быть выявлены на основе одноразовых снимков. В целом, использование многовременных SAR-данных значительно повышает точность классификации и устойчивость результатов в сложных агроландшафтах.

Ключевые слова. *Sentinel-1 SAR, классификация сельскохозяйственных культур, многовременной анализ, Random Forest, дистанционное зондирование, мониторинг сельского хозяйства.*

Abstract. *Accurate crop type classification in semi-arid agricultural systems remains challenging, mainly because crops often exhibit similar spectral responses and optical data are frequently affected by cloud cover. Although Synthetic Aperture Radar (SAR) data offer a practical alternative, particularly because they are not affected by cloud cover or illumination conditions, many existing studies remain limited to single-date observations or do not fully exploit temporal phenological dynamics. This issue is especially relevant in regions such as Central Asia, where agricultural systems are highly heterogeneous and irrigation-dependent. In such environments, crop discrimination requires not only spatial but also temporal information that captures vegetation growth dynamics. Therefore, there is a need for multi-temporal SAR-based approaches that explicitly incorporate phenological variability into classification frameworks. This study develops a multi-temporal SAR-based framework for multi-class land cover and crop classification using Sentinel-1 data in the Urta Chirchik district of Uzbekistan. Multi-temporal backscatter features derived from VV and VH polarizations, along with the VV/VH ratio, were extracted from 16 Sentinel-1 acquisition dates during the 2025 growing season. A Random Forest classifier was applied to map seven land cover classes using a stratified and spatially balanced sampling strategy. The model achieved an overall accuracy above 92% and a Kappa coefficient above 0.90. Class-wise evaluation shows that most land cover classes are accurately classified, although moderate confusion occurs between wheat and cultivated land due to overlapping phenological stages. Feature importance analysis reveals that mid-season observations, particularly VH polarization, contribute most significantly to classification performance. Temporal backscatter analysis further demonstrates that wheat and cotton exhibit distinct phenological trajectories, with wheat showing a decline after harvest and cotton exhibiting continuous growth during*

the season. These contrasting temporal signatures provide clear differences between crop types that are not observable in single-date imagery. The results confirm that multi-temporal SAR data significantly improve class separability and classification robustness in heterogeneous agricultural landscapes. Overall, the proposed framework demonstrates that dense multi-temporal Sentinel-1 SAR observations can effectively capture crop phenology and significantly improve crop discrimination in heterogeneous semi-arid agricultural systems.

***Key words**: Sentinel-1 SAR, Crop classification, Multi-temporal analysis, Random Forest, Precision agriculture.*

1 Introduction

Accurate crop type classification is an important component of agricultural monitoring, particularly for applications related to food security and land management (Peng et al., 2024). With the increasing demand for high-resolution and timely agricultural information, traditional ground-based surveys are no longer sufficient due to their limited spatial coverage and high operational costs. Satellite observations are now widely used for large-scale agricultural monitoring across different climatic regions (Huang et al., 2018). Optical satellite data, such as Sentinel-2 and Landsat missions, provide rich spectral information for crop monitoring. However, their effectiveness is often constrained by cloud cover, atmospheric disturbances, and seasonal variability, particularly during critical crop growth stages in semi-arid environments (Prudente et al., 2020). Synthetic Aperture Radar (SAR) data provide an alternative, as they are not affected by cloud cover and can operate under all weather conditions (Xia et al., 2025). Multi-temporal SAR observations are especially useful for analyzing crop phenology, as radar backscatter is sensitive to vegetation structure, moisture content, and surface roughness (Ghazaryan et al., 2018). Sentinel-1, with its dual-polarization (VV and VH) capability and high revisit frequency, enables detailed time-series analysis of agricultural dynamics. When combined with machine learning approaches such as Random Forest, SAR data can model complex relationships within multi-dimensional SAR data (Lapini et al., 2020). However, many studies still rely on single-date data or do not fully explore temporal information, which limits their performance in complex agricultural systems.

In regions such as Uzbekistan, where wheat and cotton dominate agricultural production, distinguishing crops remains difficult because of similar spectral responses in optical imagery(Wu et al., 2023). However, these crops exhibit distinct temporal backscatter patterns that can be captured using SAR time-series data(Xu et al., 2018). In addition, irrigation practices, fragmented fields, and asynchronous crop growth further increase classification complexity. This indicates that temporal information should be considered in classification models rather than relying solely on spatial information (Song et al., 2023). Therefore, developing multi-temporal SAR-based approaches is essential for improving classification accuracy in such environments. This study addresses these challenges by developing a multi-temporal SAR-based classification framework for crop mapping in a semi-arid agricultural system. This study aims to improve classification accuracy by using

temporal SAR features derived from VV and VH polarizations. In addition, this study aims to identify the most discriminative temporal windows and evaluate the contribution of SAR features to classification performance. The study focuses on developing a SAR-based multi-temporal framework, identifying key phenological periods, and evaluating the contribution of SAR features to crop classification. Unlike previous studies that mainly relied on single-date SAR observations or optical imagery, this study explicitly integrates dense multi-temporal Sentinel-1 SAR time-series data to capture crop-specific phenological dynamics in fragmented semi-arid agricultural systems of Uzbekistan. These contributions demonstrate the applicability of SAR data for agricultural monitoring in semi-arid environments.

2 Study area

The study area is located in the Urta Chirchik district of the Tashkent region, Uzbekistan (Figure 1), which is characterized by an irrigated agricultural system typical of semi-arid regions. The region is characterized by hot and dry summers and relatively mild winters, which directly affect crop growth cycles and seasonal agricultural activities. Because precipitation is limited and unevenly distributed, irrigation is essential for crop production. A developed canal system and controlled water distribution support intensive cultivation across the region. Therefore, crop development largely depends on water availability and management practices. Agricultural production in the study area is primarily dominated by wheat and cotton, which are cultivated under irrigated conditions and follow different growth cycles throughout the season. Wheat is typically grown during the cooler season and harvested earlier, whereas cotton develops during the warmer months and reaches maturity later in the season (Khakimova and Sattarova, 2023). These differences in growth patterns create temporal variability that can be captured using multi-temporal SAR data. However, variations in planting dates, irrigation schedules, and crop rotation practices introduce additional complexity. As a result, growth stages of different land cover types may overlap during certain periods. For this reason, accurate classification requires approaches that incorporate temporal information rather than relying only on spatial features. The study area shows a heterogeneous and fragmented landscape, consisting of agricultural fields, built-up areas, roads, and water bodies. Field parcels vary in size and shape, reflecting diverse land management practices and irrigation conditions. This fragmentation makes classification more difficult, especially when using medium-resolution satellite data (Abdurakhimova et al., 2023). In addition, irrigation-induced moisture variability affects SAR backscatter signals, introducing within-class variability. Overall, these characteristics make the study area suitable for testing multi-temporal SAR-based classification approaches

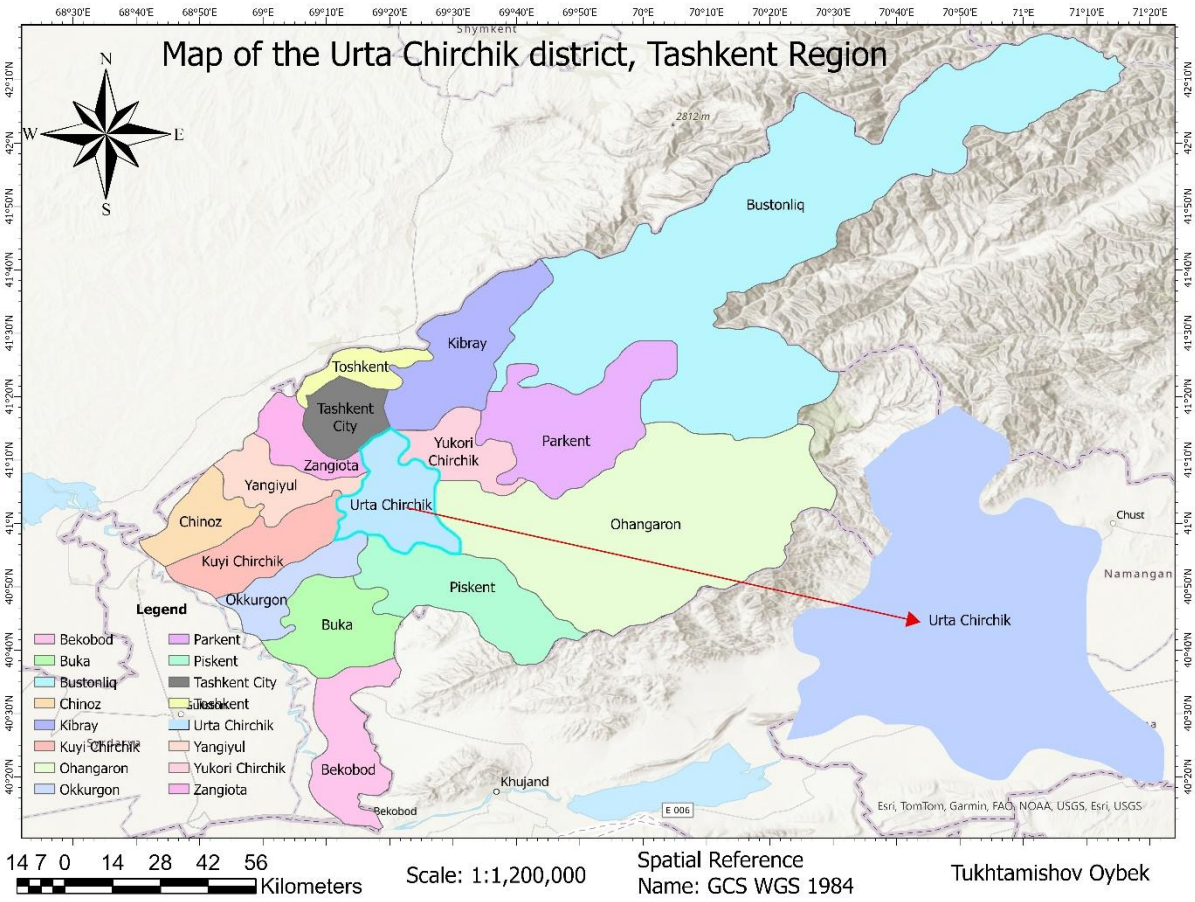


Figure 1. Geographic location of the study area.

METHODOLOGY

3.1 Workflow

The overall methodological framework is based on a workflow that captures both spatial and temporal variability of agricultural landscapes (Figure 2). First, multi-temporal Sentinel-1 SAR data (VV and VH polarizations) were collected, which are sensitive to vegetation structure and moisture conditions. These data were organized into a time-series dataset representing the 2025 growing season. This allows the analysis of crop phenology instead of relying on single-date observations (Mandal et al., 2020). This highlights the importance of temporal information improving classification performance. To ensure consistency, standard SAR preprocessing steps were applied to ensure data quality and consistency across all SAR images, including thermal noise removal, radiometric calibration, and terrain correction to account for geometric distortions. Speckle filtering was also applied to reduce inherent SAR noise while preserving important spatial patterns (Vivone et al., 2021). All images were subsequently aligned and clipped to the study area. These steps improve data consistency and reduce noise-related errors. After preprocessing, multi-temporal features were extracted using VV, VH, and derived VV/VH ratio features. These features were stacked across multiple acquisition dates to capture seasonal crop dynamics. The VV/VH ratio helps describe differences in scattering behavior between land cover types (Talema and Hailu, 2020). This approach allows the model to capture temporal variations in vegetation structure and moisture

content. Therefore, crops with similar spatial characteristics can be distinguished based on their temporal behavior. This is important for improving classification accuracy in complex agricultural systems. All preprocessing, feature extraction, and classification procedures were implemented using the Google Earth Engine platform.

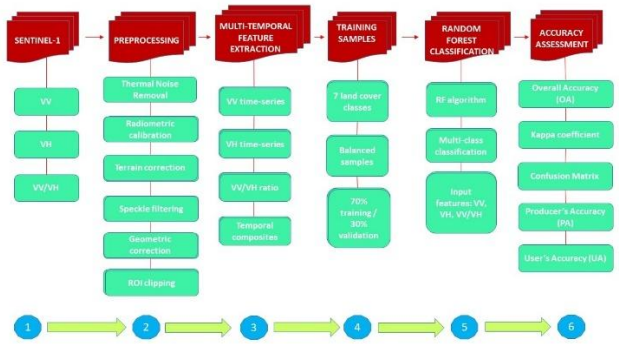


Figure 2. Multi-temporal SAR-based crop classification workflow

3.2 SAR Data Processing and Feature Extraction

Multi-temporal Sentinel-1 SAR data were used to analyze the temporal evolution of agricultural fields during the growing season. The dataset includes dual-polarization VV and VH backscatter signals, which are sensitive to vegetation structure and surface moisture conditions (Harfenmeister et al., 2019). These properties make SAR data well suited for monitoring crop development in semi-arid regions. The temporal coverage includes key phenological stages of wheat and cotton (Qader et al., 2021). This temporal information improves classification performance. To maintain consistency, standard SAR preprocessing steps were applied. Thermal noise removal was applied to eliminate sensor-related artifacts, followed by radiometric calibration to obtain physically meaningful backscatter values. Terrain correction was used to reduce geometric distortions caused by topographic effects (Qader et al., 2021). Speckle filtering was used to minimize noise while preserving important spatial features. All images were then clipped to the study area for further analysis. These steps improve data consistency and reduce noise effects. Following preprocessing, feature extraction was carried out by generating time-series stacks of VV and VH backscatter. In addition, the VV/VH ratio was calculated to enhance discrimination between land cover classes. This feature helps distinguish differences in scattering behavior between land cover types (Dubois et al., 2020). Instead of averaging, temporal stacking was applied to preserve seasonal variability. This allows the model to capture phenological differences between crops. As a result, the feature set represents seasonal crop dynamics more effectively.

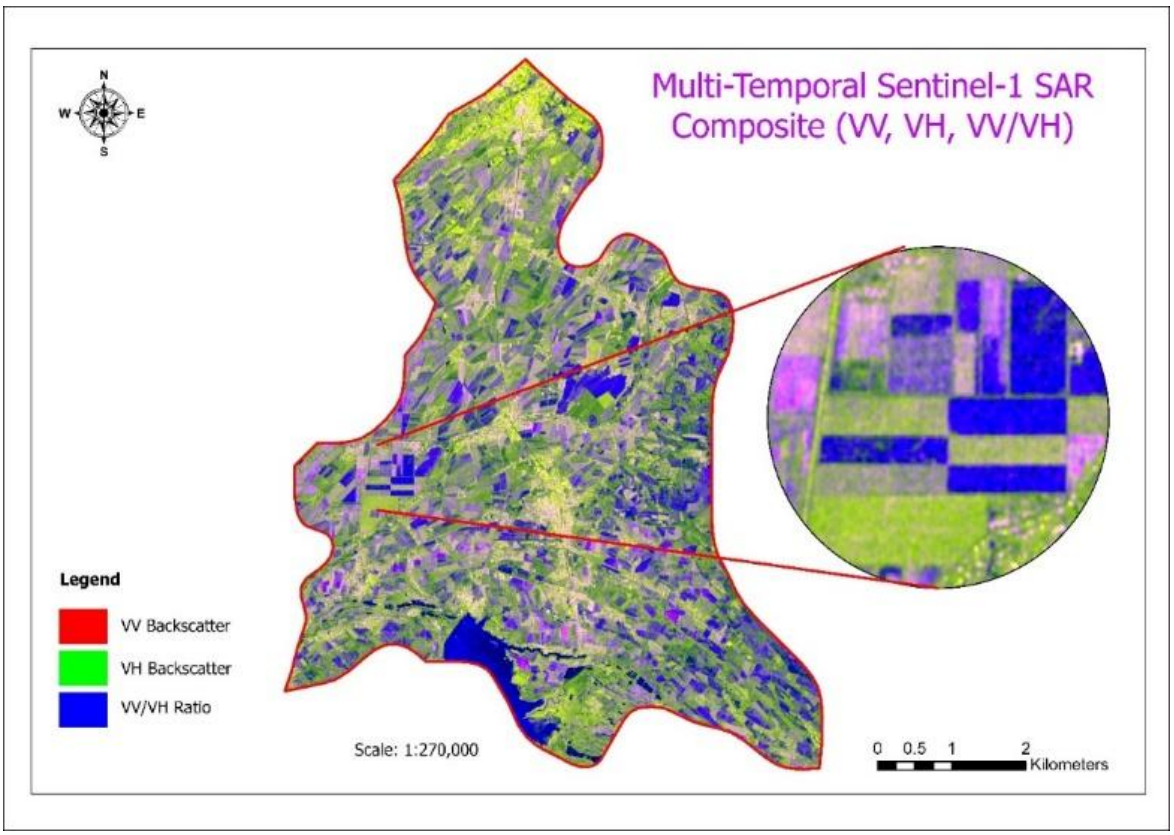


Figure 3. Multi-temporal Sentinel-1 SAR Composite (VV, VH, VV/VH)

Figure 3 presents the multi-temporal Sentinel-1 SAR composite generated from VV, VH, and VV/VH ratio features. The composite highlights spatial variability in vegetation structure, moisture conditions, and agricultural patterns across the study area. Temporal stacking enhances the discrimination of agricultural fields by capturing seasonal backscatter variability associated with crop phenology.

3.3 Training Data and Classification

Training samples representing seven land cover classes were collected and distributed across the study area to represent different land cover types. The selected classes include building, water, road, wheat, cotton, cultivated land, and other crops, representing the main land use types in the region. A stratified sampling strategy was adopted to ensure balanced samples and reduce bias in the training data (Li et al., 2023). The samples were carefully selected from different spatial zones to capture different land surface conditions and reduce spatial autocorrelation. In addition, agricultural samples were collected across different phenological stages to reflect differences in crop growth stages and SAR responses. The dataset was then divided into 70% for training and 30% for validation, to allow reliable evaluation of classification performance. A total of 1,050 samples were collected across seven land cover classes, with 150 samples per class to ensure balanced representation. The dataset was divided into 70% for training (735 samples) and 30% for validation (315 samples), providing a reliable basis for model evaluation. (Zheng et al., 2019). The Random Forest (RF) classifier was employed because it performs well with high-dimensional SAR data and can model non-linear relationships. RF is an

ensemble method that combines multiple decision trees and aggregates their outputs to improve classification stability and accuracy. The model was trained using the full multi-temporal feature set, including VV, VH, and VV/VH ratio time-series features which helps capture temporal dynamics of crop growth. This is important in semi-arid regions, where crops may look similar spatially but differ over time (Kumar et al., 2018). The inclusion of multi-temporal features enables the model to distinguish between classes based on phenological patterns rather than relying solely on static information. Therefore, the RF classifier provides a reliable approach for crop classification in complex landscapes. The trained model was applied to generate a wall-to-wall classification map of the study area, covering all seven land cover classes. To improve spatial consistency, post-processing techniques such as spatial filtering and removal of isolated pixels were applied. These steps help reduce classification noise and enhance the visual coherence of mapped patterns (Zheng et al., 2026). The final map represents land cover distribution across the study area. Overall, the classification approach produces consistent classification results across the study area.

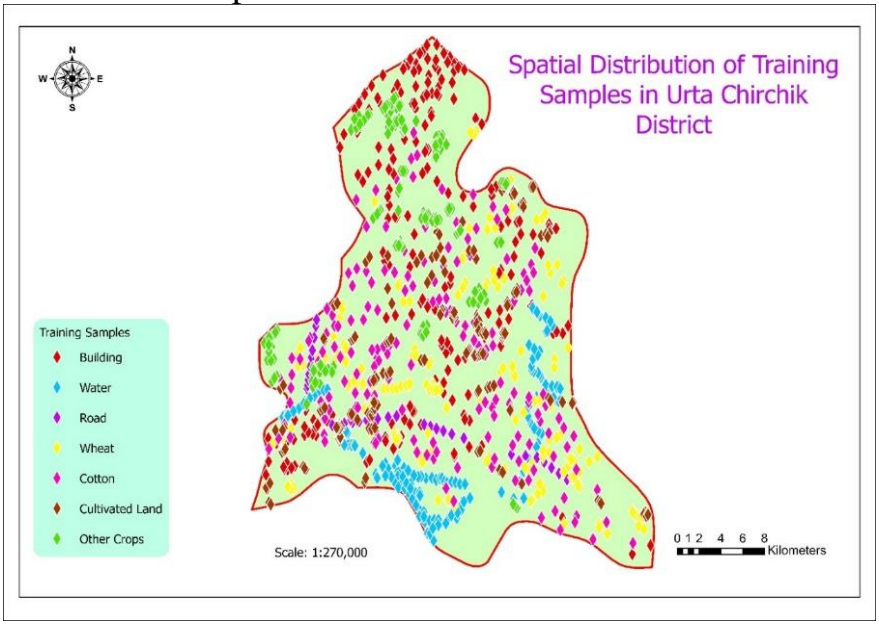


Figure 4. Spatial distribution of training samples

The spatial distribution of training samples, illustrated in Figure 4, shows a balanced and representative sampling strategy across the study area. The samples are distributed across the study area to capture spatial heterogeneity of land cover types so that each class is represented under different environmental conditions. Agricultural classes, including wheat, cotton, and other crops, are collected from multiple fields and across different phenological stages which helps the model learn variations in temporal backscatter. Non-agricultural classes such as built-up areas, roads, and water bodies are also included, which improves the model's ability to distinguish between similar features. The spatial dispersion of samples reduces spatial bias and helps limit overfitting by reducing spatial autocorrelation between samples. This sampling design supports the Random Forest model and contributes to stable classification results.

4. RESULTS AND DISCUSSION

4.1 Multi-Class Land Cover Classification

Figure 5 shows the multi-class land use/land cover (LULC) classification results, illustrating the spatial distribution of seven distinct classes across the study area. The map shows a heterogeneous and fragmented landscape dominated by agricultural land use, where wheat, cotton, and other crops forming complex spatial patterns across the study area. Wheat fields are primarily concentrated in relatively homogeneous zones with relatively uniform field patterns, whereas cotton fields are more dispersed across the area due to differences in irrigation management and crop rotation practices. Built-up areas are mainly clustered in central and northern parts of the region, forming dense clusters, while road networks appear as linear features connecting settlements and agricultural fields. Water bodies can be clearly identified due to low backscatter in both VV and VH polarizations. These patterns reflect the agricultural structure of the region. Despite the heterogeneous nature of the landscape, the classification results show clear separation between major land cover classes. The presence of fragmented fields and mixed land use types can lead to class confusion, especially when crops have similar growth conditions. At the same time, multi-temporal SAR features help capture temporal variability and reduce ambiguity between classes. In particular, the distinction between wheat and cotton becomes clearer due to differences in phenological behavior observed throughout the growing season. The Random Forest classifier uses these temporal patterns to produce stable classification results. Overall, the results show that the approach produces reliable land cover maps in complex agricultural environments.

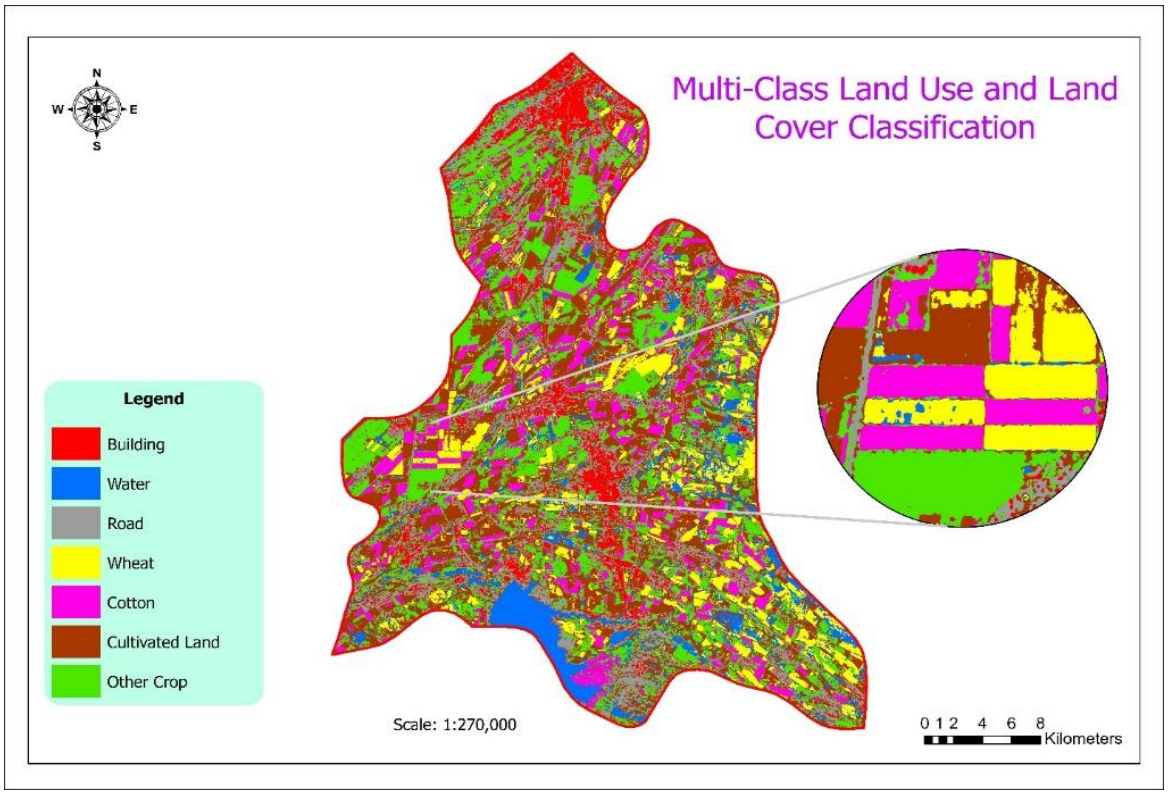


Figure 5. Multi-class LULC classification

A closer look at Figure 5 shows the model's ability to delineate field boundaries and capture fine-scale spatial variation within the agricultural landscape. The zoomed-in inset shows clear separation between adjacent crop types, particularly wheat and cotton, which often occur in neighboring fields with similar shapes. Even with this spatial similarity, the model effectively distinguishes between these classes, suggesting that multi-temporal SAR features capture subtle phenological differences throughout the growing season. This suggests that temporal backscatter dynamics provide useful information beyond spatial patterns. Some misclassifications occur between cultivated land and other crop classes, likely due to similar moisture and structural conditions during certain growth stages. Overall, the results show strong classification performance, although further improvements may be possible by incorporating additional features.

4.2 Agricultural Land Delineation

The delineation of agricultural land from non-agricultural classes shows the effectiveness of the multi-temporal SAR-based classification framework in complex semi-arid environments. The results indicate a clear separation between cultivated areas and non-agricultural features such as built-up areas, roads, and water bodies. This separation is mainly related to differences in vegetation structure and soil moisture, which significantly influence SAR backscatter responses. In addition, agricultural fields exhibit temporal variability related to crop growth, which helps distinguish them from more stable land cover types. The use of multi-temporal SAR features helps capture these seasonal changes effectively. Therefore, agricultural land can be identified across the study area. Despite the fragmented structure of the landscape, the classification map shows coherent agricultural zones that closely follow field boundaries. This suggests that the model can handle fine-scale spatial variability within heterogeneous environments. However, some inconsistencies appear along field edges likely due to mixed pixels and transitional land cover conditions. The integration of temporal information helps reduce these uncertainties by adding temporal information. Overall, the results show that SAR data can be used for agricultural land delineation and indicate their potential for large-scale agricultural monitoring.

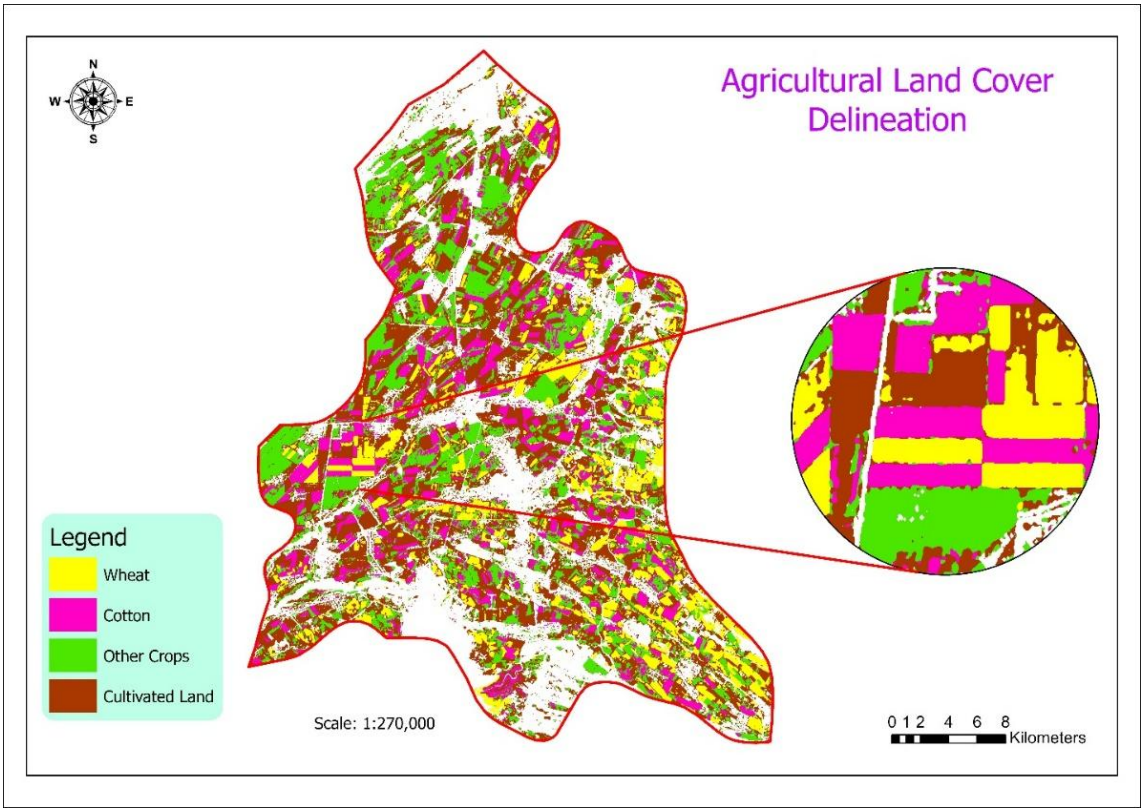


Figure 6. Agricultural land cover delineation

A closer look at Figure 6 shows that the delineated agricultural parcels have well-defined and consistent boundaries. This reflects the model's ability to capture fine-scale spatial variability. The zoomed inset shows clear separation between adjacent crop types, particularly wheat and cotton, which often occur in neighboring fields with similar shapes. Despite this spatial similarity, the model successfully differentiates these crops, suggesting that multi-temporal SAR features capture subtle phenological differences throughout the growing season. This is mainly related to temporal variations in backscatter signals related to vegetation structure and moisture conditions. However, some confusion occurs between cultivated land and other crop classes, likely due to overlapping growth stages and similar surface conditions during certain periods. Overall, the results show that the classification approach is robust and suitable for agricultural monitoring.

4.3 Wheat and Cotton Classification

The classification of wheat and cotton is an important part of this study, as these crops dominate the study area and are often difficult to distinguish using conventional approaches. The results indicate that the model can separate wheat and cotton fields, even when they are located in close proximity and exhibit similar spatial characteristics. This is mainly related to the use of multi-temporal SAR data, which capture differences in crop growth over time. Wheat typically shows a decline in backscatter after harvest, while cotton shows a gradual increase related to canopy growth. These temporal patterns provide useful information for distinguishing between the two crop types. Therefore, classification accuracy for these classes improves. Although separation is generally strong, some minor confusion remains between wheat and other cultivated land classes. This is likely due to

overlapping phenological stages and similar moisture conditions during certain periods of the growing season. In irrigated environments, crops may exhibit similar backscatter responses when they are at comparable growth stages. Even with this limitation the model still performs well in distinguishing major crop types. The integration of temporal SAR features helps reduce classification ambiguity. Overall, the results show that the approach works well for crop-specific classification.

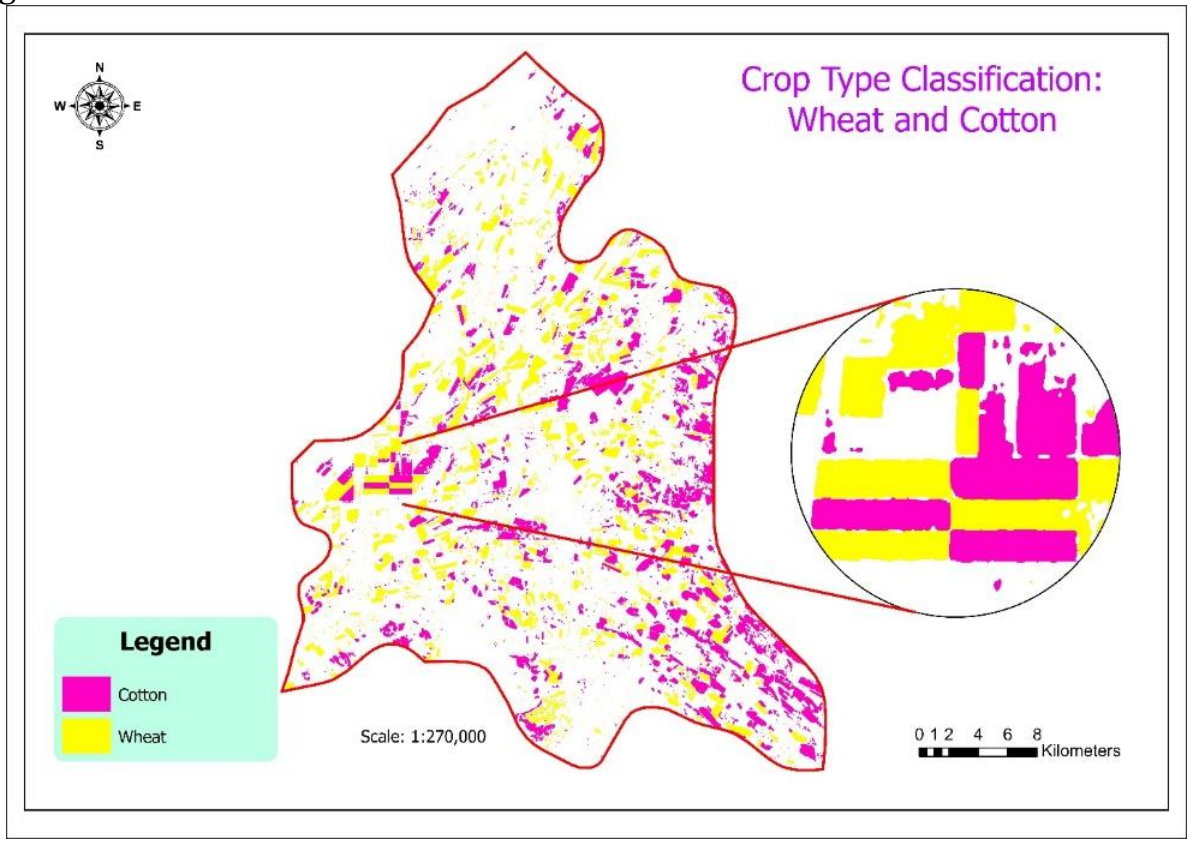


Figure 7. Wheat and cotton classification

A closer look at Figure 7 shows that the model clearly delineates field-level crop boundaries, even where wheat and cotton fields are close to each other. The zoomed inset shows clear transitions between adjacent fields, suggesting that the classification relies on temporal backscatter patterns rather than only spatial features. This is especially relevant in intensively cultivated areas, where field shapes and sizes are often similar across different crop types. This ability to distinguish crops under such conditions shows the usefulness of multi-temporal SAR features in capturing phenological differences throughout the growing season. Some uncertainties appear in transitional zones, likely due to overlapping growth stages or mixed surface conditions during specific periods. Overall, the classification remains stable and shows potential for applications such as crop monitoring and agricultural planning.

4.4 Accuracy Assessment

Classification performance was evaluated using Overall Accuracy (OA), the Kappa coefficient, Producer's Accuracy (PA), User's Accuracy (UA), and Out-of-Bag (OOB) error metrics. The results demonstrate strong agreement between predicted and reference samples, confirming the robustness and reliability of the proposed multi-temporal SAR-based classification framework. The Random Forest classifier achieved an Overall

Accuracy of 93.87% and a Kappa coefficient of 0.927, indicating a high level of classification consistency beyond random agreement. In addition, the relatively low OOB error of 6.22% suggests that the model generalizes well and is not significantly affected by overfitting. Class-wise evaluation further reveals strong performance across both agricultural and non-agricultural land cover categories. Building and water classes achieved the highest accuracies, with Producer's Accuracy values of 100% and 97%, respectively, due to their stable and distinct SAR backscatter characteristics. Cotton also demonstrated strong classification performance, reaching 96% Producer's Accuracy and 98% User's Accuracy, reflecting the effectiveness of temporal SAR features in capturing crop-specific phenological behavior. Wheat achieved a Producer's Accuracy of 83% and a User's Accuracy of 95%, indicating that although most predicted wheat samples were correct, some reference wheat samples were confused with cultivated land during overlapping growth stages. The results also indicate that classification uncertainty is primarily concentrated among agricultural classes with similar temporal and structural characteristics. In particular, confusion between wheat and cultivated land is associated with similar canopy structure, irrigation conditions, and phenological overlap during specific periods of the growing season. Despite these limitations, the balanced Producer's and User's Accuracy values across most classes indicate that the model does not exhibit significant classification bias toward specific categories. The integration of multi-temporal VV, VH, and VV/VH ratio features substantially improved class separability by incorporating temporal crop dynamics rather than relying solely on static spatial information.

Overall, the accuracy assessment confirms that multi-temporal Sentinel-1 SAR observations combined with Random Forest classification provide a reliable and scalable framework for crop and land cover mapping in heterogeneous semi-arid agricultural systems.

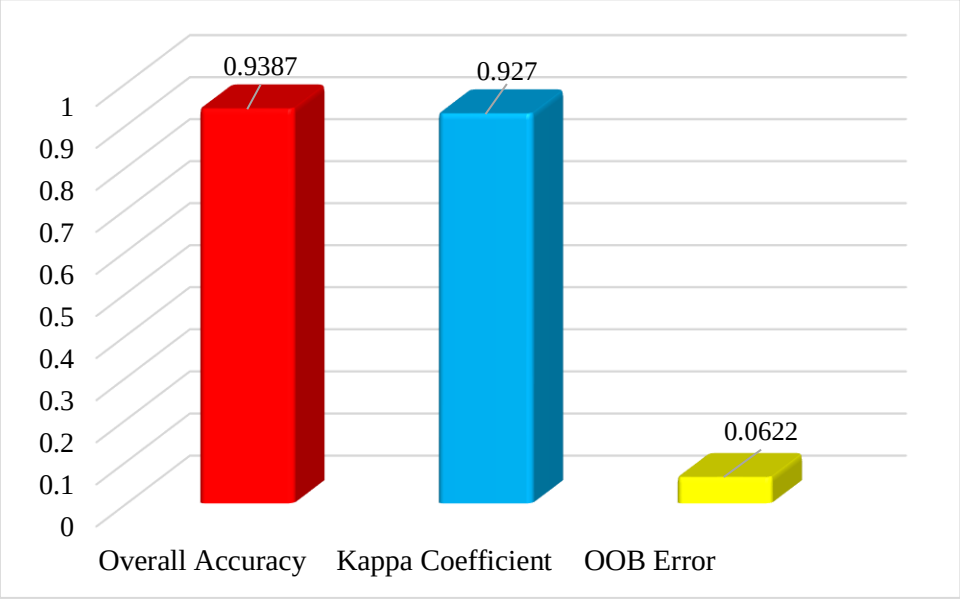


Figure 8. Classification performance (OA, Kappa, OOB error)

Figure 8 shows that the Overall Accuracy and Kappa coefficient remain high, indicating strong agreement between predicted and reference samples. The low out-of-bag (OOB) error also shows that the model performs consistently and is not strongly affected by overfitting. These results show that the classifier uses multi-temporal SAR features effectively to reduce classification uncertainty. However, some variation is still observed at the class level, particularly among agricultural categories with similar characteristics. This means that class-wise evaluation is important to better understand where misclassifications occur. Overall, the framework shows stable and reliable performance for agricultural monitoring.

4.5 Confusion Matrix Analysis

The confusion matrix is used to evaluate classification performance by comparing predicted and reference samples across all land cover classes. The results indicate that classes such as water bodies and built-up areas have high accuracy due to their distinct SAR backscatter signatures. These classes are easy to distinguish from agricultural land, resulting in minimal misclassification. In contrast, agricultural classes show more confusion due to similarities in vegetation structure and moisture conditions. This is most noticeable between wheat and cultivated land. However, the overall level of misclassification remains relatively low. The observed confusion patterns help identify limitations of the classification model. Most errors are related to transitional land cover types and overlapping phenological stages. These factors can produce similar backscatter responses, making some classes difficult to separate between certain classes. Even with these challenges, the confusion matrix indicates that the model performs well across most categories. The use of multi-temporal SAR features helps reduce ambiguity between classes. Overall, the results show that the classification framework is stable and performs well across different land cover types.

Class	Building	Water	Road	Wheat	Cotton	Cultivated Lands	Other Crops
Building	51	0	0	0	0	0	0
Water	0	68	0	0	0	1	1
Road	1	0	11	0	0	0	0
Wheat	0	1	0	40	0	7	0
Cotton	0	0	0	0	54	1	1
Cultivated Lands	0	1	2	2	1	52	3
Other Crops	0	0	0	0	0	0	61

Figure 9. Confusion matrix of multi-class classification

A closer look at Figure 9 shows that most classification errors are mainly found among spectrally and structurally similar agricultural classes rather than between fundamentally different land cover types. The model clearly separates distinct categories such as built-up areas and water bodies, which have stable SAR backscatter signatures. Quantitative analysis shows that wheat was correctly classified in 40 out of 48 samples, while

cotton achieved 54 correct classifications out of 56 samples, showing strong class-specific performance. Most misclassifications occur between wheat and cultivated land, likely due to overlapping phenological stages and similar surface conditions. Even with these errors, the strong concentration of correct classifications along the diagonal shows that the model performs well. Overall, the results show that multi-temporal SAR features improve class separability in complex agricultural environments.

4.6 Class-wise Accuracy Analysis

Class-wise accuracy analysis evaluates model performance for each land cover class. The results show high producer's and user's accuracies for most classes, particularly for water bodies and built-up areas, due to their distinct backscatter characteristics. Agricultural classes also perform well, reflecting the effectiveness of multi-temporal SAR features in capturing crop dynamics. Wheat and cotton classes achieve relatively high accuracy due to their distinct temporal signatures. This demonstrates the importance of phenological information in improving classification results. However, some variability is observed among agricultural classes, especially for cultivated land. This is likely due to mixed surface conditions and transitional growth stages that affect backscatter responses. In irrigated environments, crops may show similar characteristics during certain periods, which can lead to classification uncertainty. Even with these limitations, the classification results remain stable across most classes. The class-wise evaluation indicates that water bodies achieve the highest accuracy, with producer's and user's accuracies above 97%, followed by built-up areas above 95%. Agricultural classes show slightly lower but stable performance, with wheat and cotton above 88%, while cultivated land is around 85% due to mixed conditions and transitional stages. Overall, class-wise results remain consistent across the study area.

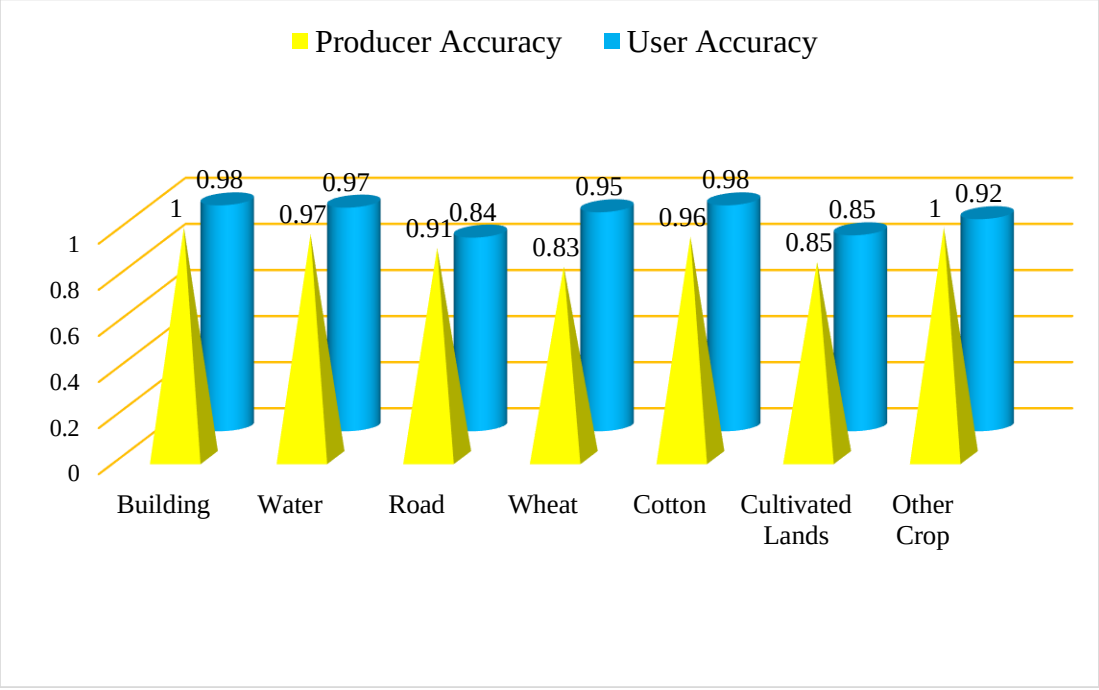


Figure 10. Class-wise accuracy (Producer and User Accuracy)

Figure 10 shows that classification performance varies across land cover types, with higher accuracy for structurally distinct classes and slightly lower accuracy for spectrally similar agricultural categories. This suggests that the model captures key SAR backscatter characteristics, particularly for stable classes such as water bodies and built-up areas. Lower performance in some agricultural classes is mainly related to overlapping phenological stages and similar moisture conditions during certain periods of the growing season. Despite these limitations, the close agreement between Producer's and User's Accuracy across most classes shows that the model is well balanced and does not exhibit significant bias toward specific categories. These metrics also indicate the robustness of the classification framework. Overall, the results show that the approach is suitable for detailed land cover mapping and agricultural monitoring.

4.7 Feature Importance Analysis

Feature importance analysis gives insight into how individual SAR features contribute to classification performance. The results show that multi-temporal backscatter features derived from VV and VH polarizations play a major role in distinguishing land cover classes. In particular, VH polarization shows a higher contribution compared to VV mainly due to its sensitivity to vegetation structure and volume scattering. This makes VH more effective for capturing crop growth stages and biomass changes. In contrast, VV polarization is more influenced by surface roughness and soil conditions, which is less useful for separating some classes. Combining VV and VH improves the overall classification capability of the model. Mid-season features contribute most to classification accuracy. During this period, crops reach peak growth stages, and differences between classes are most visible. This is important for separating wheat and cotton, which exhibit distinct phenological behaviors. Early- and late-season observations contribute less due to lower vegetation contrast. The inclusion of the VV/VH ratio also improves performance by combining scattering information. Overall, the results show that temporal feature selection is important, and multi-temporal SAR data improve classification accuracy.

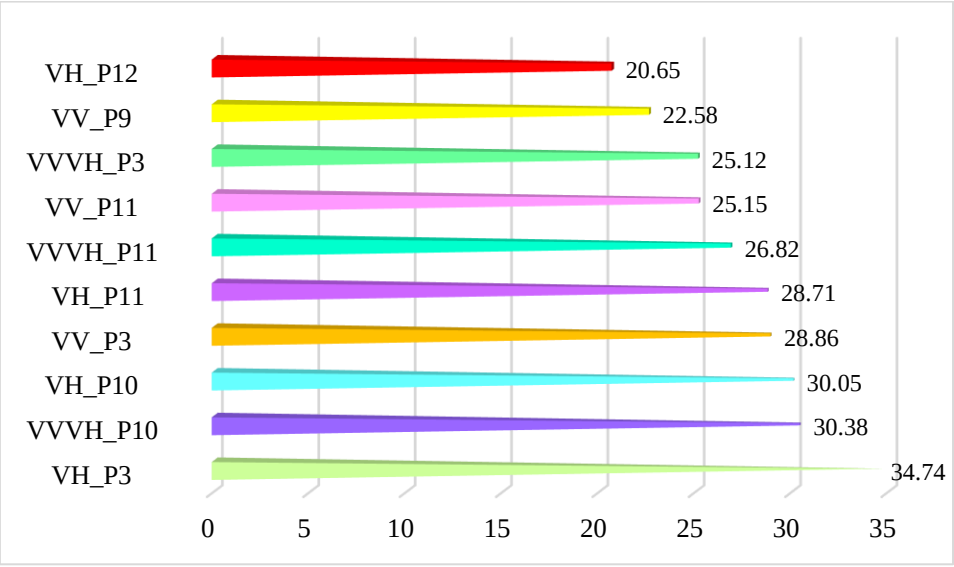


Figure 11. Random Forest feature importance

Figure 11 shows that the classification model gives the highest importance to mid-season VH and VV-derived features, which capture peak differences in crop structure and canopy development. The highest feature importance values were observed for VH_P3 (34.74), VVVH_P10 (30.38), and VH_P10 (30.05), indicating the strong contribution of mid-season SAR observations to crop discrimination. This period corresponds to stages when differences between crops such as wheat and cotton are most visible, making them easier to separate. The higher contribution of VH polarization also reflects its sensitivity to vegetation structure and volume scattering, which are critical for crop discrimination. In contrast, early- and late-season features contribute less due to lower structural contrast between classes. These results show the importance of phenological timing in SAR-based classification. Overall, the results show that temporally selected features improve model performance and classification accuracy.

4.8 Temporal Backscatter Analysis

Temporal backscatter analysis shows how SAR backscatter changes over time for different land cover classes. The results indicate that wheat and cotton have distinct temporal signatures throughout the growing season, which are important for their classification. Wheat shows an increase in backscatter during early growth stages, followed by a sharp decline after harvesting. In contrast, cotton shows a gradual increase in backscatter, corresponding to canopy development and biomass accumulation. These differences provide useful information for separating the two crop types. Therefore, multi-temporal SAR data improve classification compared to single-date observations. Temporal profiles also show variability within other land cover classes, reflecting differences in surface conditions and seasonal dynamics. Non-agricultural classes, such as built-up areas and water bodies, have relatively stable backscatter over time, which facilitates their identification. However, agricultural classes show more dynamic changes, which can lead to overlaps during certain growth stages. Even so, the use of time-series data allows the model to capture overall temporal trends instead of single observations. This reduces classification ambiguity and improves model robustness. Overall, temporal backscatter analysis shows that SAR data are effective for capturing crop phenology and improving classification accuracy.

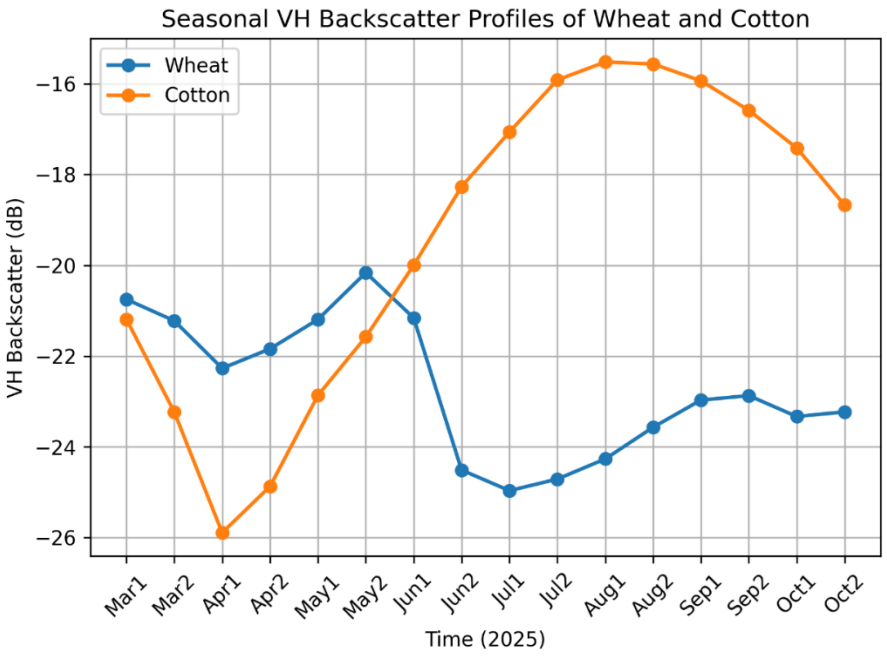


Figure 12. Temporal VH backscatter profile of wheat and cotton

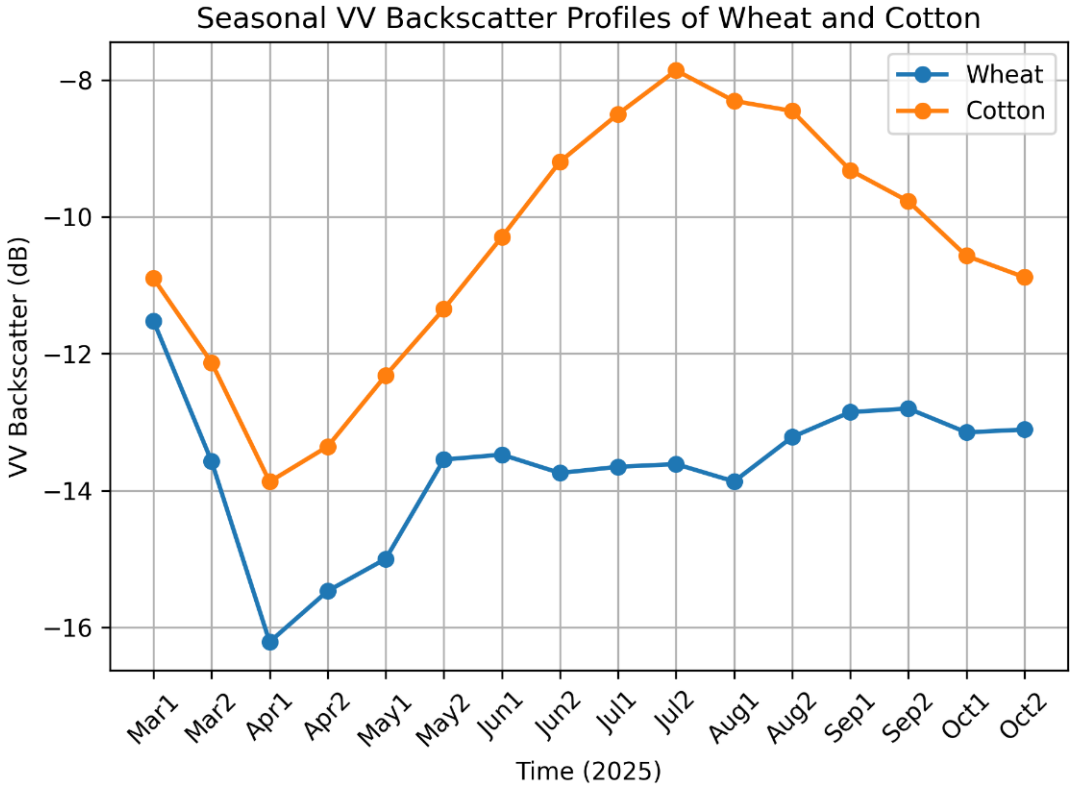


Figure 13. Temporal VV backscatter profile of wheat and cotton

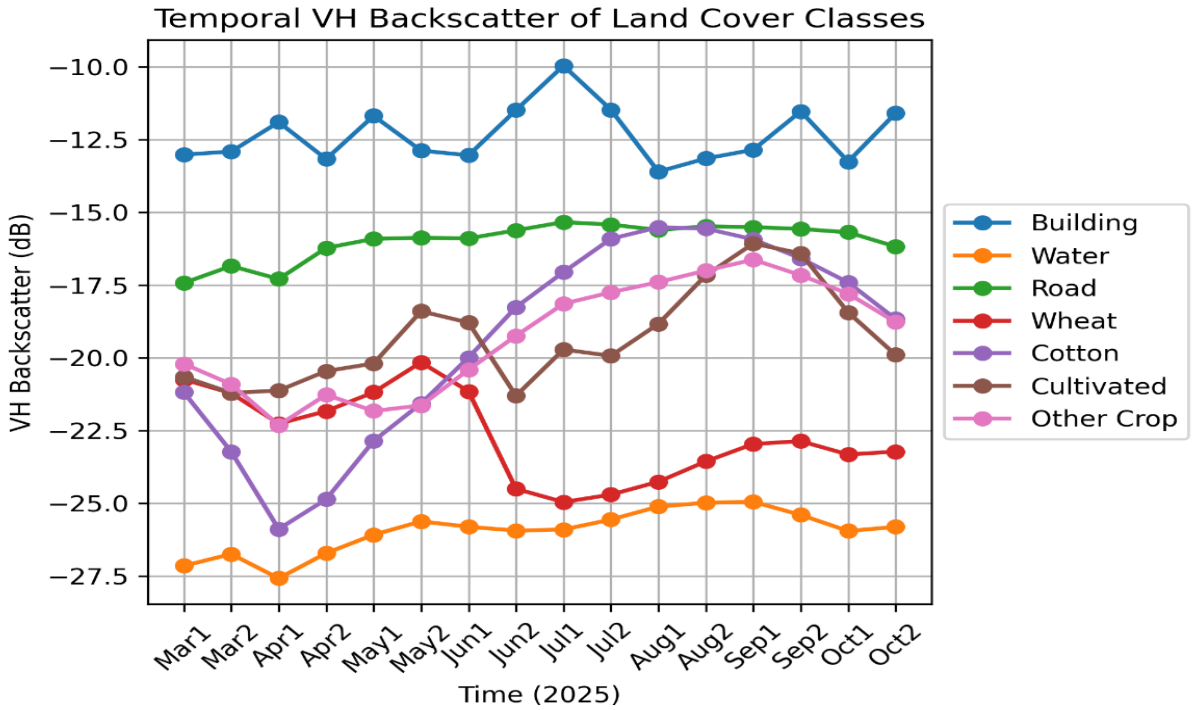


Figure 14. Temporal VH backscatter profiles of all land cover classes

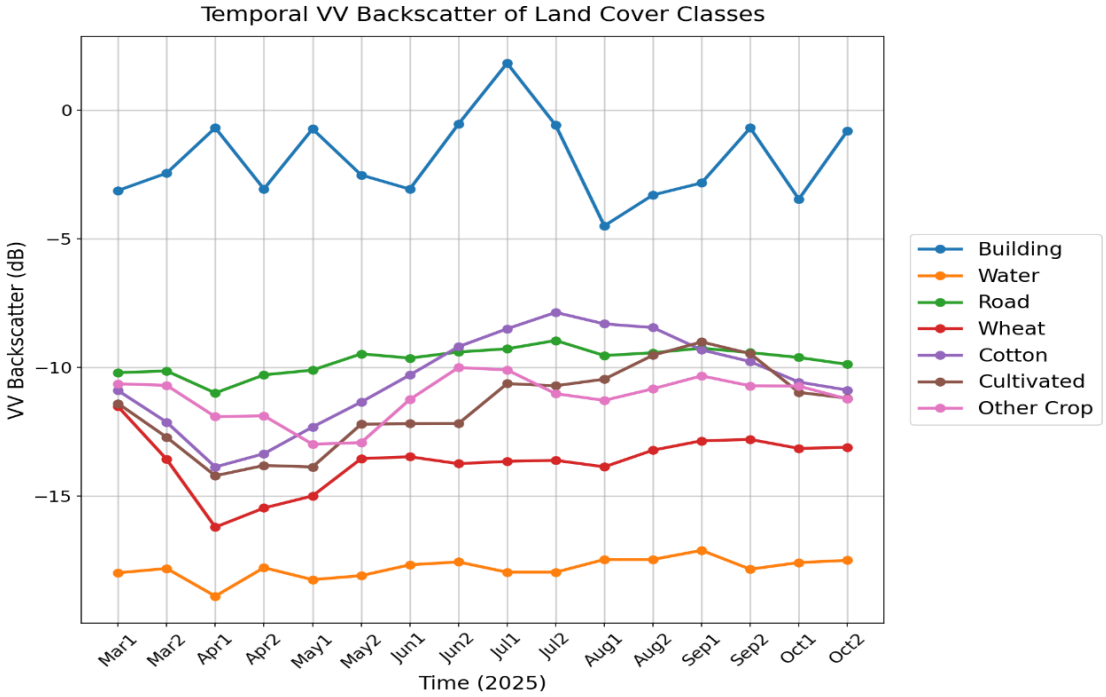


Figure 15. Temporal VV backscatter profiles of all land cover classes

Figures 12–15 show that the classification model relies mainly on temporally distinct backscatter patterns rather than static spatial differences. The temporal profiles indicate that crop classes, especially wheat and cotton, follow different backscatter trajectories over the growing season, reflecting differences in crop development and biomass. Wheat shows a clear decline in backscatter after harvest, while cotton displays a steady increase associated with canopy growth. These differences provide useful information for separating crop types, even when their spatial characteristics are similar. In contrast, non-agricultural classes show

relatively stable backscatter responses, which makes them easier to identify. Overall, the results show that multi-temporal SAR features play an important role in improving classification accuracy in heterogeneous agricultural landscapes.

4.9 Discussion

The results of this study show that multi-temporal SAR data can be used as a reliable framework for crop classification in semi-arid agricultural environments(Selvaraj et al., 2025). The high classification accuracy achieved is mainly related to the integration of temporal backscatter features, which effectively capture crop phenology and seasonal dynamics (Ya'nan et al., 2024). Unlike single-date approaches, time-series SAR data allow the model to use temporal variability in vegetation structure and moisture conditions. This is especially relevant in heterogeneous landscapes, where crops often exhibit similar spatial characteristics but differ in their temporal development patterns. The results show that temporal information plays a critical role in improving class separability and reducing classification ambiguity (Bai et al., 2021). Consequently, multi-temporal SAR-based approaches offer a clear advantage for agricultural monitoring in complex environments. One of the main findings is the improved discrimination between wheat and cotton, which are traditionally difficult to separate using conventional remote sensing techniques. The model captures the contrasting phenological trajectories of these crops, where wheat shows a decline in backscatter following harvest, while cotton exhibits a gradual increase associated with canopy development. This temporal divergence provides useful information that enhances classification performance. Feature importance results also show this result by highlighting the dominant contribution of mid-season observations, particularly those derived from VH polarization. These results highlight the importance of phenology-driven feature selection in SAR-based classification. Overall, the integration of temporal dynamics significantly improves crop-specific classification accuracy.

The performance of the Random Forest classifier also contributes to the success of the classification framework (Singha and Swain, 2023). Its ability to handle high-dimensional data and model complex non-linear relationships makes it suitable for multi-temporal SAR analysis (Da Silva et al., 2026). In addition, the ensemble structure of the algorithm reduces overfitting and improves generalization across heterogeneous landscapes. However, some classification uncertainty remains, particularly between wheat and cultivated land, which can be attributed to overlapping phenological stages and similar surface conditions. These limitations reflect the inherent challenges of classifying dynamic agricultural systems. Despite this, the overall performance remains stable and reliable. This shows that Random Forest is suitable for SAR-based crop classification tasks. These results are consistent with previous studies highlighting the effectiveness of multi-temporal SAR data for crop classification. Earlier studies have shown that temporal backscatter dynamics significantly improve classification accuracy compared to single-date SAR or optical-based approaches(Banks et al., 2025). In many cases, reported accuracies range between 80% and 90%, depending on the complexity of the study area and

feature selection strategies(Bao et al., 2023). In comparison, the higher accuracy achieved in this study can be attributed to the use of dense temporal observations and the explicit incorporation of phenological information. The strong contribution of mid-season VH features is also in agreement with existing literature emphasizing the importance of vegetation structure in SAR-based classification(Jacob et al., 2020). These comparisons show that the proposed approach not only aligns with existing methodologies but also extends them by improving classification performance in heterogeneous semi-arid agricultural systems.

Although the results are strong, several limitations should be considered. The presence of mixed pixels and fragmented field structures can introduce classification uncertainty, particularly at field boundaries (Fontanelli et al., 2022). In addition, similarities in crop conditions during certain growth stages may lead to confusion between classes. These results suggest that incorporating additional data sources, such as optical imagery or environmental variables, could further improve classification accuracy. Future research may also explore the use of advanced machine learning or deep learning techniques to enhance model performance. Nevertheless, the results of this study provide a solid foundation for SAR-based agricultural monitoring. Overall, the proposed framework shows good potential for large-scale crop classification in semi-arid environments.

5. Conclusion

This study shows that multi-temporal Sentinel-1 SAR data can be used for multi-class land cover and crop classification in a semi-arid agricultural environment. By integrating time-series backscatter features derived from VV and VH polarizations, the proposed framework captures crop phenology and seasonal variability. The results show that temporal SAR features improve class separability, particularly for crops such as wheat and cotton that exhibit distinct growth patterns. The Random Forest classifier uses these features to produce high classification accuracy and reliable spatial mapping. The results show that SAR data provide an alternative to optical imagery, especially in regions affected by frequent cloud cover. Overall, the study shows the importance of temporal information in improving classification performance in complex agricultural systems. In addition to achieving strong classification results, this study also examines the role of feature importance and temporal dynamics in SAR-based classification. The identification of key temporal windows and the significant contribution of VH polarization show the importance of phenology-based approaches. Although some classification challenges remain due to overlapping crop conditions and fragmented landscapes, the overall performance remains stable. The framework can be applied to other semi-arid regions with similar agricultural characteristics. Future work can include additional data sources or advanced models to further improve classification accuracy. Overall, the results support the use of SAR data for agricultural monitoring and precision agriculture applications.

References

1. Abdurakhimova, M., Rakhmonov, K., Uspankulov, B., 2023. Model and algorithm of creative approaches in determining the average

value of soil quality points. E3S Web Conf. 386, 01008. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338601008

2. Bai, Y., Sun, G., Li, Y., Ma, P., Li, G., Zhang, Y., 2021. Comprehensively analyzing optical and polarimetric SAR features for land-use/land-cover classification and urban vegetation extraction in highly-dense urban area. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation 103, 102496. https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102496

3. Banks, S.N., Behnamian, A., Chu, K.C.K., Hamilton, R., Duffe, J., Pasher, J., 2025. Demonstrating How FPCA Can Leverage SAR Time-Series Information to Distinguish Wetlands and Uplands Based on Seasonal Backscatter Trends. IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens. 18, 14416–14437. https://doi.org/10.1109/JSTARS.2025.3564835

4. Bao, X., Zhang, R., Lv, J., Wu, R., Zhang, H., Chen, J., Zhang, B., Ouyang, X., Liu, G., 2023. Vegetation descriptors from Sentinel-1 SAR data for crop growth monitoring. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. 203, 86–114. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2023.07.023

5. Da Silva, G.C., De Castro Porto Costa, E., De Carvalho, L.A.S., 2026. Multitemporal Classification of Water Bodies in the Lagoon Complexes of the State of Rio de Janeiro, Brazil, Using SAR Time Series. Remote Sens. 18, 1005. https://doi.org/10.3390/rs18071005

6. Dubois, C., Mueller, M.M., Pathe, C., Jagdhuber, T., Cremer, F., Thiel, C., Schmullius, C., 2020. CHARACTERIZATION OF LAND COVER SEASONALITY IN SENTINEL-1 TIME SERIES DATA. ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. V-3–2020, 97–104. https://doi.org/10.5194/isprs-annals-V-3-2020-97-2020

7. Fontanelli, G., Lapini, A., Santurri, L., Pettinato, S., Santi, E., Ramat, G., Pilia, S., Baroni, F., Tapete, D., Cigna, F., Paloscia, S., 2022. Early-Season Crop Mapping on an Agricultural Area in Italy Using X -Band Dual-Polarization SAR Satellite Data and Convolutional Neural Networks. IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens. 15, 6789–6803. https://doi.org/10.1109/JSTARS.2022.3198475

8. Ghazaryan, G., Dubovyk, O., Löw, F., Lavreniuk, M., Kolotii, A., Schellberg, J., Kussul, N., 2018. A rule-based approach for crop identification using multi-temporal and multi-sensor phenological metrics. Eur. J. Remote Sens. 51, 511–524. https://doi.org/10.1080/22797254.2018.1455540

9. Harfenmeister, K., Spengler, D., Weltzien, C., 2019. Analyzing Temporal and Spatial Characteristics of Crop Parameters Using Sentinel-1 Backscatter Data. Remote Sens. 11, 1569. https://doi.org/10.3390/rs11131569

10. Huang, Y., Chen, Z., Yu, T., Huang, X., Gu, X., 2018. Agricultural remote sensing big data: Management and applications. J. Integr. Agric. 17, 1915–1931. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61859-8

11. Jacob, A.W., Vicente-Guijalba, F., Lopez-Martinez, C., Lopez-Sanchez, J.M., Litzinger, M., Kristen, H., Mestre-Quereda, A., Ziolkowski, D., Lavalle, M., Notarnicola, C., Suresh, G., Antropov, O., Ge, S., Praks, J., Ban, Y., Pottier, E., Mallorqui Franquet, J.J., Duro, J., Engdahl, M.E., 2020. Sentinel-1 InSAR Coherence for Land Cover Mapping: A

Comparison of Multiple Feature-Based Classifiers. IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens. 13, 535–552. https://doi.org/10.1109/JSTARS.2019.2958847

12. Khakimova, N., Sattarova, R., 2023. Distribution and harmful root decay of wheat. E3S Web Conf. 376, 02009. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337602009

13. Kumar, P., Prasad, R., Gupta, D.K., Mishra, V.N., Vishwakarma, A.K., Yadav, V.P., Bala, R., Choudhary, A., Avtar, R., 2018. Estimation of winter wheat crop growth parameters using time series Sentinel-1A SAR data. Geocarto Int. 33, 942–956. https://doi.org/10.1080/10106049.2017.1316781

14. Lapini, A., Pettinato, S., Santi, E., Paloscia, S., Fontanelli, G., Garzelli, A., 2020. Comparison of Machine Learning Methods Applied to SAR Images for Forest Classification in Mediterranean Areas. Remote Sens. 12, 369. https://doi.org/10.3390/rs12030369

15. Li, H., Song, X.-P., Hansen, M.C., Becker-Reshef, I., Adusei, B., Pickering, J., Wang, Li, Wang, Lei, Lin, Z., Zalles, V., Potapov, P., Stehman, S.V., Justice, C., 2023. Development of a 10-m resolution maize and soybean map over China: Matching satellite-based crop classification with sample-based area estimation. Remote Sens. Environ. 294, 113623. https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113623

16. Mandal, D., Kumar, V., Ratha, D., Dey, S., Bhattacharya, A., Lopez-Sanchez, J.M., McNairn, H., Rao, Y.S., 2020. Dual polarimetric radar vegetation index for crop growth monitoring using sentinel-1 SAR data. Remote Sens. Environ. 247, 111954. https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111954

17. Peng, M., Liu, Y., Khan, A., Ahmed, B., Sarker, S.K., Ghadi, Y.Y., Bhatti, U.A., Al-Razgan, M., Ali, Y.A., 2024. Crop monitoring using remote sensing land use and land change data: Comparative analysis of deep learning methods using pre-trained CNN models. Big Data Res. 36, 100448. https://doi.org/10.1016/j.bdr.2024.100448

18. Prudente, V.H.R., Martins, V.S., Vieira, D.C., Silva, N.R.D.F.E., Adami, M., Sanches, I.D., 2020. Limitations of cloud cover for optical remote sensing of agricultural areas across South America. Remote Sens. Appl. Soc. Environ. 20, 100414. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100414

19. Qader, S.H., Dash, J., Alegana, V.A., Khwarahm, N.R., Tatem, A.J., Atkinson, P.M., 2021. The Role of Earth Observation in Achieving Sustainable Agricultural Production in Arid and Semi-Arid Regions of the World. Remote Sens. 13, 3382. https://doi.org/10.3390/rs13173382

20. Selvaraj, S., Bargiel, D., Htitiou, A., Gerighausen, H., 2025. A SAR-Driven Approach for Winter Catch Crop Classification in Germany. IEEE Access 13, 171642–171665. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3615739

21. Singha, C., Swain, K.C., 2023. Rice crop growth monitoring with sentinel 1 SAR data using machine learning models in google earth engine cloud. Remote Sens. Appl. Soc. Environ. 32, 101029. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.101029

22. Song, W., Wang, Chen, Dong, T., Wang, Z., Wang, Chengxin, Mu, X., Zhang, H., 2023. Hierarchical extraction of cropland boundaries using Sentinel-2 time-series data in

fragmented agricultural landscapes. Comput. Electron. Agric. 212, 108097. https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108097

23. Talema, T., Hailu, B.T., 2020. Mapping rice crop using sentinels (1 SAR and 2 MSI) images in tropical area: A case study in Fogera wereda, Ethiopia. Remote Sens. Appl. Soc. Environ. 18, 100290. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100290

24. Vivone, G., Dalla Mura, M., Garzelli, A., Pacifici, F., 2021. A Benchmarking Protocol for Pansharpening: Dataset, Preprocessing, and Quality Assessment. IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens. 14, 6102–6118. https://doi.org/10.1109/JSTARS.2021.3086877

25. Wu, B., Zhang, M., Zeng, H., Tian, F., Potgieter, A.B., Qin, X., Yan, N., Chang, S., Zhao, Y., Dong, Q., Boken, V., Plotnikov, D., Guo, H., Wu, F., Zhao, H., Deronde, B., Tits, L., Loupian, E., 2023. Challenges and opportunities in remote sensing-based crop monitoring: a review. Natl. Sci. Rev. 10, nwac290. https://doi.org/10.1093/nsr/nwac290

26. Xia, J., Chen, H., Broni-Bediako, C., Wei, Y., Song, J., Yokoya, N., 2025. OpenEarthMap-SAR: A benchmark synthetic aperture radar dataset for global high-resolution land cover mapping [Software and Data Sets]. IEEE Geosci. Remote Sens. Mag. 13, 476–487. https://doi.org/10.1109/MGRS.2025.3599512

27. Xu, L., Zhang, H., Wang, C., Zhang, B., Liu, M., 2018. Crop Classification Based on Temporal Information Using Sentinel-1 SAR Time-Series Data. Remote Sens. 11, 53. https://doi.org/10.3390/rs11010053

28. Xu, Y., Cao, Bin, Deng, R., Cao, Bincai, Liu, H., Li, J., 2023. Bathymetry over broad geographic areas using optical high-spatial-resolution satellite remote sensing without in-situ data. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation 119, 103308. https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103308

29. Ya'nan, Z., Weiwei, Z., Li, F., Jianwei, G., Yuehong, C., Xin, Z., Jiancheng, L., 2024. Hierarchical classification for improving parcel-scale crop mapping using time-series Sentinel-1 data. J. Environ. Manage. 369, 122251. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122251

30. Zheng, J., Xia, W., Ding, H., Wang, X., Xu, H., Wen, X., Zhang, R., Xue, W., Yao, C., Xue, F., Wang, C., Liu, Y., 2026. Effect of Different Feature Optimization Method on Deep Learning Model for Crop Recognition With Time Series SAR Data. IEEE J. Miniaturization Air Space Syst. 7, 25–35. https://doi.org/10.1109/JMASS.2025.3629032

31. Zheng, Y.-Y., Kong, J.-L., Jin, X.-B., Wang, X.-Y., Su, T.-L., Zuo, M., 2019. CropDeep: The Crop Vision Dataset for Deep-Learning-Based Classification and Detection in Precision Agriculture. Sensors 19, 1058. https://doi.org/10.3390/s19051058

UDK: 633.1:528.8

CORRELATION OF TRITICALE YIELD WITH DIFFERENT VEGETATION INDICES EFFECTS OF YIELD SATURATION AND WEED DYNAMICS ON VI-BASED PREDICTION IN ORGANIC FARMING

B. Gáti, *PhD - University of Nyíregyháza, Hungary*
Z. Túri - *University of Debrecen, PhD*
Z. Kovács, *PhD - University of Nyíregyháza, Hungary*

Abstract. *Estimated crop yield is important information for managing post-harvest activities. Estimations can be based on inputs correlating with crop yield. A wide variety of vegetation indices are known, and they are optimized for different purposes. One of the tasks of the bilateral project TÉT-IPAR-UZ or SOCFarm is to identify the optimal vegetation index for predicting the crop yield of triticale in organic farming systems, by evaluating the correlation based on the results of two subsequent years*

Keywords*: Triticale, Organic Farming, Remote Sensing, Saturation Effect, Weed Dynamics, Pearson Correlation*

Introduction

Research Context. The integration of satellite imagery, unmanned aerial vehicles (UAVs), and multispectral sensors into precision agriculture has made real-time crop monitoring a reality [1]. Empirical models relating spectral reflectance to final harvest yield generally rely on the premise: healthier and denser biomass during critical vegetative or reproductive phases predicts higher grain production [2]. This correlation forms the backbone of common yield-forecasting systems.

However, low-input and organically managed farming systems introduce unique biological variables that challenge these assumptions. In organic agriculture, weed management relies strictly on mechanical cultivation, crop rotations, and biological competition rather than synthetic herbicides [3]. Consequently, fields often exhibit patchy, multi-species weed communities that emerge throughout the season. Thus, the spectral signature of a field becomes a composite mixture of the crop and weed biomass and Remote sensing provides opportunity for weed prevention in organic farming [5] .

Weed Infestation and Yield Saturation

The state of organic crop fields changes depending on the weather conditions of that year. In a standard or resource-limited year, weeds can outcompete the crop in weak areas of the field, generating spatial diversity of crop biomass versus weed biomass [4]. In such scenarios, the timing of remote sensing data acquisition is a governing factor; a late surveillance may misinterpret an intense green weed canopy as a high-yielding crop zone.

Conversely, optimal growing seasons introduce a different complication: canopy spectral saturation and variance compression [6]. When moisture, temperature, and nutrient mineralization line up perfectly, the crop canopy achieves rapid, uniform closure. Under these optimal

conditions, two things happen simultaneously:
The crop outcompetes and suppresses early weed flushes, eliminating weed-driven spatial noise.
The Leaf Area Index (LAI) of all plots surpasses critical thresholds (typically LAI > 3.0), causing saturation in standard near-infrared (NIR) and red-based spectral indices.
Additional difficulty in case of an experiment appears when every monitoring plot performs at or near its maximum biological potential, the lack of variance in both the independent variable (VI value) and the dependent variable (final yield) disables the detection of correlation.

Study Objectives

This study directly addresses these challenges by analysing a two-year dataset (2024 and 2025) derived from 20 identically managed organic experimental plots in the same research field. The primary objectives of this particular study are to:
Map the time-series correlation profiles of eight structural and chlorophyll-sensitive vegetation indices against final harvested yield.
Characterize the weed-induced correlation inversion observed during a standard growing season (2024).
Mathematically explain the complete collapse of predictive correlation during an optimal, high-yielding season (2025).
Provide actionable recommendations for selecting specific vegetation indices and temporal monitoring windows that remain resilient across highly contrasting crop years.

Materials and Methods

Experimental Site Setup and Agronomic Practices

The experiment providing the data for this study was conducted in Hungary, near Nyíregyháza. The 20 distinct monitoring plots ($n = 20$) located at a long-term organic research station. (See Fig 1.)





Fig 1:Arrangement of 20 plots on the experimental field

The experimental site was a part of a field in an elevation of app. 100m ASL. The difference in the elevation along the field is less than 10m. The site is characterised by acid sandy soil and continental climate with summer droughts making growing conditions difficult.
A rectangular area of 60 m × 600 m was chosen in this field as experimental site for a bilateral project to develop a forecast model for yield productivity. The triticale sown on the experimental site is subject to strict organic farming. In these soils, organic agriculture can be expected to improve soil quality in the long term [7]. No agrotechnical operations or plant protection were applied after sowing at a 200kg/ha seed rate. Identical agronomic protocols were maintained across both years:

- Crop: Triticale
- Sowing: Conducted during the optimum regional window (mid-October) at a rate of 200kg/ha
- Weed Control: Restricted to mechanical blind harrowing at early tillering
- Fertilization: Organic certified granulated fermented poultry manure was applied on half of the plots

More details of the experiment can be found in [8].

Harvest Data Collection

Final grain yield was determined by harvesting each of the 20 plots individually using a specialized plot combine harvester. Harvests occurred on July 8, 2024, and July 5, 2025. Total grain mass per plot was cleaned, weighed.

- In 2024, yields exhibited a wide range (high spatial variance) due to varying degrees of localized weed pressure.
- In 2025, an exceptionally favourable distribution of spring rainfall and moderate temperatures resulted in a 2.5-fold increase in average grain yield across the board, with narrow variations among the 20 plots.

Remote Sensing Imagery and Index Computation

Multispectral imagery was collected throughout both growing seasons using a DJI Mavic 3M drone capturing key spectral regions: Green (560 nm), Red (660 nm), RedEdge (705 nm), and Near-Infrared (NIR, 840 nm). See details in [9]

Eight vegetation indices (VIs) were computed for each date using standard formulations:

$$\mathrm{NDVI} = \frac{\mathrm{NIR}-\mathrm{Red}}{\mathrm{NIR}+\mathrm{Red}} \quad \text{Eq. 1}$$

$$\mathrm{GNDVI} = \frac{\mathrm{NIR}-\mathrm{Green}}{\mathrm{NIR}+\mathrm{Green}} \quad \text{Eq. 2}$$

$$\mathrm{NDRE} = \frac{\mathrm{NIR}-\mathrm{RedEdge}}{\mathrm{NIR}+\mathrm{RedEdge}} \quad \text{Eq. 3}$$

$$\mathrm{SAVI} = \frac{\mathrm{NIR}-\mathrm{Red}}{\mathrm{NIR}+\mathrm{Red}+L} \times (1+L) \quad [\text{where } L = 0.5] \quad \text{Eq. 4}$$

$$\mathrm{MSAVI} = \frac{2\times\mathrm{NIR}+1-\sqrt{(2\times\mathrm{NIR}+1)^2-8\times(\mathrm{NIR}-\mathrm{Red})}}{2} \quad \text{Eq. 5}$$

$$\mathrm{EVI2} = 2.5 \times \frac{\mathrm{NIR}-\mathrm{Red}}{\mathrm{NIR}+2.4\times\mathrm{Red}+1} \quad \text{Eq. 6}$$

$$\mathrm{Clre} = \left(\frac{\mathrm{NIR}}{\mathrm{RedEdge}}\right) - 1 \quad \text{Eq. 7}$$

$$\mathrm{SRRVI} = \frac{\mathrm{NIR}}{\mathrm{Red}} \quad \text{Eq. 8}$$

Zonal statistics were applied in QGIS 3.34 Prizren open source GIS application to extract the average index value for each of the 20 individual plots. The mean value and standard deviation of these average values were calculated across all available flight dates from late March to early July as follows



Fig 2:Temporal variation of computed vegetation indices

Statistical Modeling and Analysis

The combine harvester processed each plot individually and loaded the harvested yield on a transporter lorry. This way the total grain yield of each individual plots could be measured by scales under the wheels of the transporter lorry. The method and the evaluation of the results is described more detailed in [8].

To track the predictive capacity of the remote sensing data over time, Pearson correlation coefficients (r) were computed between each specific VI date and the static final yield vector (n=20 per date).

Results

The 2024 Temporal Correlation Dynamics

The 2024 season presented a classic, highly dynamic time-series correlation profile. The detailed statistical outputs are compiled in Table 1.

Table 1: Pearson correlation coefficients (r) between vegetation indices and final grain yield across 20 organic plots during the 2024 season

.

Date	Clre	EVI2	GNDVI	MSAVI	NDRE	NDVI	SAVI	SRRVI
04.25	0.5713	0.3804	0.5543	0.3715	0.5939	0.5560	0.3923	0.4814
05.01	0.5451	0.4034	0.6085	0.4078	0.5675	0.6928	0.4227	0.6352
05.09	0.6759	0.6327	0.6390	0.6236	0.7004	0.7205	0.6432	0.6255
05.16	0.6822	0.6089	0.6179	0.6079	0.6796	0.7318	0.6176	0.6919
05.22	0.3342	0.5673	0.3355	0.5610	0.3402	0.4932	0.5748	0.3817
06.06	- 0.6540	- 0.7142	- 0.7370	- 0.7120	- 0.6647	- 0.7391	- 0.7153	- 0.7213
06.13	- 0.5320	- 0.7120	- 0.7704	- 0.7067	- 0.5593	- 0.8548	- 0.7252	- 0.8270

06.27	-0.6286	-0.7493	-0.9173	-0.7601	-0.6420	-0.4845	-0.7377	-0.4353
07.03	-0.1000	-0.5389	-0.6945	-0.5484	-0.0961	-0.1298	-0.5129	-0.1019

During the vegetative phase (April 25 to May 16), correlations were uniformly positive and statistically significant. A highly reliable "predictive window" occurred between May 9 and May 16, where NDVI reached its maximum correlation of (r = 0.73), closely supported by NDRE at (r = 0.70).

However, a rapid transition occurred after May 22. By June 6, the correlation coefficients across all 8 indices crossed the zero line and became negative. This negative correlation intensified throughout June, with GNDVI reaching an absolute peak negative correlation of (r = -0.92) on June 27, while SAVI at (r = -0.74). By July 3, as harvest neared, the correlation values began to decay back toward zero.

The 2025 Temporal Correlation Collapse

The 2025 season behaved in a completely different manner. The robust linear relationships and sharp late-season inversions observed in 2024 vanished. The 2025 data matrix is presented in Table 2.

Table 2: Pearson correlation coefficients (r) between vegetation indices and final grain yield across 20 organic plots during the 2025 season.

Date	Clre	EVI2	GNDVI	MSAVI	NDRE	NDVI	SAVI	SRRVI
03.27	-0.6487	-0.5890	-0.5641	0.0886	0.6355	-0.5505	-0.5816	-0.6029
04.03	-0.1296	-0.5197	-0.4197	-0.0232	0.4190	-0.5071	-0.5149	-0.5528
04.10	-0.1483	0.0622	-0.1389	0.0190	0.1567	-0.5079	0.0396	-0.5722
04.17	-0.4405	-0.4131	-0.1805	-0.4159	0.4272	0.4193	-0.4109	-0.4455
04.29	0.4175	-0.1794	-0.2401	-0.1855	0.4204	0.2475	-0.1041	-0.2601
05.08	0.0780	-0.1579	-0.0752	-0.1598	0.0722	0.1252	-0.1559	-0.1356
05.14	0.2095	-0.1356	-0.1571	-0.1286	-0.2020	0.1093	-0.1306	-0.1356
05.20	0.3272	0.4144	-0.3012	-0.3531	-0.3181	0.2607	0.4020	-0.2722
05.28	0.0725	0.0091	0.0712	-0.0123	-0.0844	0.0138	0.0111	-0.0225
06.04	0.0112	0.0758	0.0496	0.0717	0.0227	0.1389	0.0821	0.0028
06.11	0.0472	0.0139	-0.0695	0.0143	0.0687	0.0031	0.0141	0.0025
06.18	-0.0315	0.1720	-0.0069	0.0177	-0.0101	0.1117	0.1756	0.0750

06.25	-0.0315	0.1726	-0.0069	0.1775	-0.0110	0.1117	0.1756	0.0750
07.03	-0.1731	-0.0610	0.3335	-0.0069	-0.1776	-0.1245	-0.0965	0.0912

Analysis of the 2025 matrix reveals several trends:

Early Season Anomalies: March 27 exhibited distinct, unexpected negative correlations for Clre (-0.65), EVI2 (-0.59), and SRRVI (-0.60).

The Vegetative Cap: During the peak vegetative period of May, when 2024 produced its strongest predictive models, the 2025 indices showed a near-complete lack of correlation. On May 20, a weak positive correlation emerged for EVI2 (r = 0.41) and SAVI (r = 0.40), but traditional indicators like NDVI (r = 0.26) and GNDVI (r = -0.30) remained weak.

The June Baseline: Throughout June 2025, every single index flatlined, with correlation coefficients hovering near zero (ranging between -0.06 and +0.17. The massive, clear negative correlation drops seen in June 2024 were entirely absent.

Discussion

Agronomic Deconstruction of the 2024 Season: Weed Inversion

The 2024 dataset illustrates the impact of late-season weed dynamics in organic systems. During the mid-May vegetative phase, the triticale crop dominated the canopy surface area. Plots with higher nitrogen availability and superior tiller survival displayed high biomass, corresponding to high NDVI (\(r = 0.7318\)) and high final grain yields. This confirmed a clear, positive linear relationship between crop reflectance and productivity during the vegetative stage.

By early June, the Triticale entered the milk and dough development stages, naturally senescing and breaking down chlorophyll, causing a decline in NIR reflectance and an increase in red reflectance.

However, in the low-yielding plots—where triticale stands were sparse due to poorer initial development—the open canopy allowed sunlight to reach the soil surface, triggering a massive late-season emergence of weeds growing rapidly, filling the upper canopy with fresh, chlorophyll-rich biomass.

Consequently, the multispectral sensor recorded elevated greenness indices in the lowest-yielding plots, while the clean, high-yielding plots appeared spectrally duller due to uniform crop senescence. This biological divergence drove the sharp negative correlation observed in late June (r = -0.92 for GNDVI).

The 2025 Mathematical Collapse: Saturation and Variance Compression

The addition of the 2025 yield data—revealing a 2.5-fold increase in average production alongside compressed variance—provides a clear explanation for the loss of correlation. The collapse of the Pearson correlation coefficient can be traced to two distinct factors:

1. Statistical Variance Compression

The Pearson correlation coefficient is a measure of covariance scaled by individual variances:

$$r = \frac{\mathrm{Cov}(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$$

In 2025, ideal weather conditions (favorable spring rains, balanced temperatures) allowed all 20 plots to

thrive uniformly. Local variations in soil quality became negligible as every plot approached its upper yield ceiling. Because the yield values (Y) clustered tightly within a narrow, high-performing bracket, the total variance (σ_Y^2) approached zero. Statistically, when a dataset exhibits almost no variance, the covariance drops significantly, causing the correlation coefficient (r) to collapse toward a baseline near zero, regardless of the underlying biological performance.

2. Biophysical Signal Saturation

At a 2.5-fold higher yield level, the crop biomass in 2025 was vastly denser than in 2024. Agronomic studies demonstrate that when a crop's Leaf Area Index (LAI) exceeds a value of 3.0, the absorption of red light by the canopy reaches nearly 100% [10]. Once the red channel is fully absorbed, further increases in leaf layers or biomass cannot decrease red reflectance any further (see Fig 3.)

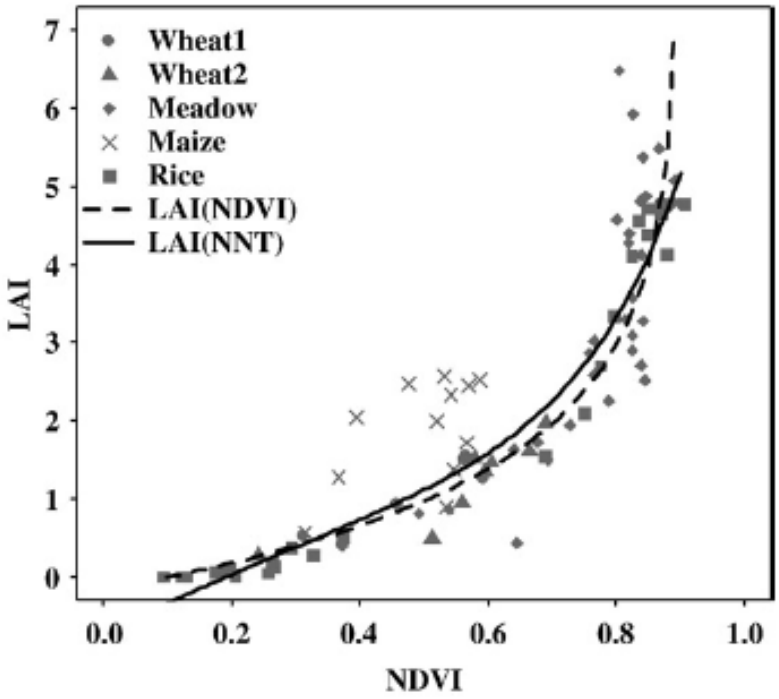


Fig 3: Comparison between the LAI versus NDVI relationships [11]

Because NDVI relies on this red-NIR ratio, it hits a fixed saturation ceiling (typically between 0.82 and 0.88). In May 2025, all 20 plots surpassed this saturation threshold, presenting a uniform spectral signature to the sensor. The sensor was unable to distinguish between a highly productive plot and an exceptionally productive plot based only on radiation and missing the amount of the plants, which explains the low correlation values (r = 0.01 to 0.13) recorded throughout June 2025.

Evaluation of Index Performance, Spectral Dynamics, and Structural Resilience

To establish a robust remote sensing framework for organic farming, it is critical to deconstruct why the eight evaluated vegetation indices (VIs) exhibited divergent behaviors. These indices can be categorized into three distinct functional groups based on their mathematical formulations and spectral sensitivity: (1) Standard broadband models, (2) Soil-adjusted

and atmospheric-resistant formulations, and (3) RedEdge-based chlorophyll indicators.

Standard Broadband Indices (NDVI, GNDVI, SRRVI)

The traditional broadband indices—NDVI, GNDVI, and the Simple Ratio (SRRVI)—demonstrated the highest absolute correlation fluctuations across the two-year study, making them excellent indicators of extreme agronomic shifts, but highly unstable forecasting tools.

- NDVI vs. SRRVI: NDVI and SRRVI are fundamentally driven by the contrast between the deep absorption of the Red chlorophyll band (~660 nm) and the high scattering of the NIR plateau (~840 nm). In May 2024, NDVI reached the highest positive correlation coefficient of the entire study (r = 0.73 on May 16), proving its capability to map pure crop biomass before canopy senescence. However, because both NDVI and SRRVI rely on the Red channel, they suffered from the spectral plateau effect in May 2025. Once the triticale canopy achieved total closure in 2025, the Red reflectance dropped to its physical minimum (~1-2%), causing NDVI to flatline between 0.81 and 0.86 across all 20 plots. This lack of dynamic range explains the drop in correlation to an insignificant (r = 0.11).
- GNDVI (The Chlorophyll and Weed Sensitive Anomalies): GNDVI replaces the Red band with the Green band (~560 nm). Because the green reflectance of a canopy is higher than its red reflectance, the Green channel takes much longer to saturate, meaning GNDVI remains sensitive to chlorophyll changes at higher leaf area indices (LAI). This specific sensitivity explains the negative correlation recorded on June 27, 2024 (r = -0.92). While the maturing triticale was rapidly losing chlorophyll and turning yellow, the aggressive late-season summer weeds were packed with fresh green chlorophyll. GNDVI captured this green biomass shift with extreme sensitivity, completely inverting the yield model. In 2025, however, because the clean crop senesced uniformly without weed spots, GNDVI successfully decoupled from the yield variance, hovering near zero (r = -0.01).

Soil-Adjusted and Atmospheric-Resistant Formulations (SAVI, MSAVI, EVI2)

The second group includes SAVI, MSAVI, and EVI2, which incorporate structural coefficients (L) or downscaled weightings to isolate the canopy signal from background soil noise and atmospheric attenuation.

- SAVI and MSAVI: During the late vegetative and early reproductive phases of 2024 (May 9), SAVI (r = 0.64) and MSAVI (r = 0.62) provided some positive correlations. Their mathematical structures minimize the soil line background effect, which is highly beneficial in the early spring before full canopy closure. The most notable performance occurred on May 20, 2025: while standard NDVI was saturated and statistically blind (r = 0.26), EVI2 (r = 0.41) and SAVI (r = 0.40) showed some positive correlation with final yield. This proves that by adjusting the scaling of the Red-NIR line, soil-adjusted indices maintain a slight edge in dynamic sensitivity under high-yielding, dense canopy conditions where NDVI has already saturated.

EVI2 Resilience: EVI2 calculates an enhanced vegetation index without requiring a traditional Blue band (originally used to compensate atmospheric noise). Its only remarkable behaviour appeared throughout the late-season weed crash of June 2024, EVI2 remained

consistently less negative (r = -0.75) compared to GNDVI (-0.92), indicating that EVI2 is slightly more robust against localized, multi-layered weed biomass noise.

RedEdge-Based Chlorophyll Indicators (NDRE, Clre)

The final group utilizes the narrow RedEdge spectral transition zone (~705 nm), a region uniquely positioned between intense chlorophyll absorption and cellular structure reflection.

- NDRE (The Saturation-Resistant Alternative): NDRE proved to be the most agronomically stable index across the two-year trial. In the variable year of 2024, it unlocked the predictive window earliest, reaching a peak correlation of r = 0.70 on May 9 — one week before NDVI reached its peak. More importantly, in the early spring of 2025 (March 27), NDRE was the only index to display a strong, positive correlation (r = 0.64), while standard indices were pulled into negative range.
- Clre (Chlorophyll Index RedEdge): Clre represents a simple ratio calculation based entirely on the RedEdge band. It followed a trend line highly similar to NDRE, showing a strong positive correlation in mid-May 2024 (r = 0.68) and dropping significantly during the early spring of 2025 (r = -0.65). This early negative drop suggests the opportunity, that Clre is sensitive to initial crop tillering density variations under wet conditions, though it flatlined completely in June 2025 (r = -0.03) once uniform canopy ripening took over.

Conclusions

This study demonstrates how shifting weather patterns across growing seasons can disrupt empirical remote sensing yield models in organically managed fields. A predictive model calibrated during a high-variance, weed-impacted year (such as 2024) will fail during an optimal, high-yielding year (such as 2025) due to canopy spectral saturation and variance compression.

To build more resilient yield-forecasting systems for organic farming, future models should integrate two key adjustments:

Dynamic Temporal Windows: Yield predictions must be locked into strict phenological windows (e.g., late stem elongation to early heading) to capture true crop potential before late-season weed flushes distort the spectral data.

Multi-Sensor Integration: Linear models based solely on VIs should be replaced with multi-variable approaches that combine RedEdge structural indices (NDRE) with other governing parameters such real-time meteorological data (e.g., growing degree days, cumulative rainfall) to better account for high-yielding, saturated field conditions.

References

[1] Mulla, D. J. (2013). Twenty-five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. Biosystems Engineering, 114(4), 358-371.

[2] Lobell, D. B. (2013). The use of satellite data for crop yield gap analysis. Field Crops Research, 143, 56-64.

[3] Sendersky, V. (2024). Mechanical weed control strategies in organic winter cereals. European Journal of Agronomy, 152, 127-135.

[4] M. J. Zwetsloot et al., "Weeds in a changing climate: Competitors or service plants?," Plants, People, Planet, pp. 1-25, Mar. 2026, doi: 10.1002/ppp3.70181

[5] Ziehmann, Eileen, et al. "Remote-Sensing for Herbicide-Free Agriculture: A Bio-Economic and

Policy Appraisal." Journal of Agricultural Economics, vol. 76, no. 3, 2025, pp. 666-682, doi.org

[6] Gitelson, A. A. (2004). Wide Dynamic Range Vegetation Index for remote quantification of biophysical canopy characteristics. Journal of Plant Physiology, 161(2), 165-173.

[7] J. Csabai, B. Braun, M. Tarek, K. I. Oláh; Scientific Bulletin of Uzhhorod University.Series Biology. Effect of alternative nutrient replenishes on soil quality parameters. (50-51), pp. 41-47 (2021)

[8] Kosztyuné Krajnyák, Edit, et al.; The effect of fermented poultry manure on the yield and quality parameters of triticale (X Triticosecale Wittmack) cultivated organic way on acidic sandy soil. E3S Web of Conferences ISSN: 25550403 Volume:590 EID:2-s2.0-85213699318 DOI: 10.1051/e3sconf/202459001009

[9] Gati, Balázs. (2024). Comparison of vegetation indices obtained by drone and satellite. E3S Web of Conferences. Volume: 590. 01008. 10.1051/e3sconf/202459001008.

[10] Thenkabail, P. S., et al. (2000). Hyperspectral vegetation indices and their relationships with agricultural crop biophysical characteristics. Remote Sensing of Environment, 71(2), 158-182.

[11]Bsaibes, Aline et al. (2009). Albedo and LAI estimates from FORMOSAT-2 data for crop monitoring. Remote Sensing of Environment. 113. 716-729. 10.1016/j.rse.2008.11.014.

[12]Hatfield, J. L., & Prueger, J. H. (2010). Value of green, red, and red-edge vegetation indices for estimating soil coverage by crop residue. Agricultural Sciences, 1(3), 112-121.

UDK: 556.3:550.4:004.8

IMPROVING METHODS FOR INTELLECTUAL ANALYSIS OF HYDROCHEMICAL PROPERTIES OF GROUNDWATER AND AGROCOMPONENTS

Kholjigitova D.B. *- State Establishment "Institute of Hydrogeology and Engineering Geology*

Abstract. This article investigates the hydrochemical properties of groundwater and agrocomponents, as well as their impact on medical and hydrogeological conditions, based on intelligent analysis methods. During the study, a comprehensive assessment of groundwater mineralization, pH, macro- and microelement composition, as well as the influence of agro-components on water quality, was conducted. The influence of anthropogenic factors arising from agricultural activities on hydrochemical processes has been determined, and their potential level of risk to public health has been analyzed. An integrated model for processing hydrogeological and hydrochemical data, forecasting monitoring results, and assessing the medical-hydrogeological state of territories has been developed.

Keywords: groundwater, agrocomponents, medical hydrogeology, mineralization, pH, macro- and microelements, intelligent analysis, hydrogeological and hydrochemical data.

Introduction. In recent years, the hydrochemical state of natural environmental factors, particularly groundwater and agricultural agricultural components, has acquired significant practical and strategic

importance in ensuring public health worldwide. In this regard, groundwater is the primary source for drinking and domestic needs, and environmental factors, especially the hydrochemical properties of water and agricultural agricultural components, directly affect human health in 80% of cases—based on salt dissolution and ion exchange processes, chemical composition, and pollution levels. According to the World Health Organization, approximately 25-30% of drinking water worldwide is considered unfit for consumption due to its hydrochemical indicators, especially due to its high mineralization level, and poor drinking water quality is causing the widespread spread of various infectious diseases

Globally, from a scientific and theoretical perspective, chemicals used in agriculture are the primary "agrocomponents" that alter the hydrochemical regime of water bodies; under the influence of anthropogenic and geogenic factors, the accumulation of heavy metals, nitrates, pesticides, and other toxic components in groundwater is observed. In particular, intensive fertilization and the use of chemical agents in agriculture are intensifying the migration of harmful substances through the soil-water-plant chain in agro-ecosystems [1, 5]. This situation requires a comprehensive and in-depth study of the medical-hydrogeological state of the territories.

Today, the population's demand for drinking water is steadily increasing. Therefore, regular monitoring of groundwater quality and determining the influence of agro-components on water composition are of great scientific and practical importance. As a result of the attention paid to scientific research in our republic, medical hydrogeology has been formed as an interdisciplinary scientific direction, and research aimed at determining the relationship between hydrogeological processes and public health is becoming increasingly relevant. From this perspective, the analysis of hydrochemical indicators of groundwater and agro-components based on advanced intelligent systems and automated technologies, and the assessment of the medical-hydrogeological state of territories based on intelligent models, GIS, and geographic data, is recognized as a modern scientific problem.

Materials and methods. In recent years, issues regarding the assessment of the medical-hydrogeological state of territories based on the hydrochemical properties of groundwater and agricultural components have been forming as an interdisciplinary scientific direction and are being actively researched at the intersection of hydrogeology, ecology, medicine, geoinformatics, and intelligent information systems. A number of fundamental and applied studies have been conducted in the scientific field indexed in the Scopus and Web of Science databases regarding the impact of groundwater quality on human health, the migration and bioaccumulation of chemical elements, as well as the assessment of regional medical risks.

Among foreign scientists, such as William M. Alley (USA), Jochen Bundschuh and Heike Enwerder (Germany), Peter G. Fookes (UK), Stephan J. Hug (Switzerland), Prosun Bhattacharya (Sweden), Abhijit Mukherjee (India), Yong-Guan Zhu (China), Alper Baba (Turkey), Karen G. Villholth (South Africa), Viktor Zverev, E.G. Farrakhov, L.I. Elpiner, I. Dzekser and Stepan Shvartsov (Russia), and others, issues of groundwater hydrochemistry, the distribution of heavy metals and other toxic

components, and the assessment of their environmental and medical consequences have been studied in depth. In these studies, significant scientific results have been achieved in monitoring the physicochemical indicators of the aquatic environment, analyzing them using statistical and geostatistical methods, and identifying regional environmental hazard zones.

Issues regarding the migration of agrocomponents through soil and groundwater, as well as the influence of agricultural activities on the hydrochemical state, are extensively covered in the works of R. Woods, B. Campbell, I. Lurie, S. Palani, and other researchers. Although these studies examined the mechanisms of harmful chemical substances' distribution within the "soil-water-plant-human" system, their comprehensive assessment from a medical-hydrogeological perspective remains limited.

Research on groundwater monitoring, assessment of hydrochemical indicators, and determination of pollution processes in industrial and agricultural areas has been conducted by scientists of our republic such as N.N. Khojibaev, U.U. Umarov, D.S. Sobirov, S.A. Bakiev, M.R. Juraev, L.A. Kalabugin, N.I. Enikeev, M. Mirsaidov, S. Sultanov, A.A. Raupov, A.A. Abdullaev, E.A. Anorboev, B.N. Navruzov, and others. These works primarily focus on the statistical processing of observation data, the use of GIS technologies, and environmental assessment.

At the same time, an analysis of the literature shows that in existing scientific works, the issues of assessing the hydrochemical properties of groundwater and agro-components in close connection with medical indicators based on intelligent methods, forecasting the medical-hydrogeological state of territories, and identifying risk zones have not been sufficiently studied. In particular, the development of models and algorithms for multi-factor analysis based on artificial intelligence, machine learning, fuzzy logic, and GIS remains scientifically relevant.

Today, the scientific basis of this dissertation research is the necessity of developing new scientific and methodological approaches that ensure the intelligent study of the medical and hydrogeological state of territories based on the hydrochemical properties of groundwater and agrocomponents, i.e., the automated analysis of monitoring data, assessment of the level of medical risk, and regional forecasting.

The relationship between groundwater hydrochemistry and human health is inextricable; foreign and domestic studies have extensively studied the impact of heavy metals and other chemical components in groundwater on the human body. In particular, elements such as cadmium, mercury, lead, and arsenic possess high toxic properties, and it has been established that their long-term exposure leads to oncological, cardiovascular, and nervous system diseases [2, 6].

Research conducted in the regions of Uzbekistan indicates that groundwater quality indicators vary significantly across regions. In some industrial and agricultural areas, the content of zinc, nickel, chromium, and iron in groundwater is close to or higher than the permissible limits [3, 6, 7].

Medical hydrogeology as an independent scientific direction for medical hydrogeology and intellectual research was developed by A.P. Vinogradov, L.I. Elpiner, S.A. Bakiev, and other scientists, focusing on

assessing the impact of aquatic environmental factors on public health [7].

Results and their analysis. The primary methodological issue in assessing the medical-hydrogeological state of territories is the correct determination of the correlation between chemical indicators in groundwater and public health indicators [4]. In traditional practice, this relationship is often evaluated based on separate factors, such as nitrates separately, mineralization separately, and epidemiological indicators considered independently of them. The medical-hydrogeological system consists of blocks shown in Figure 1.

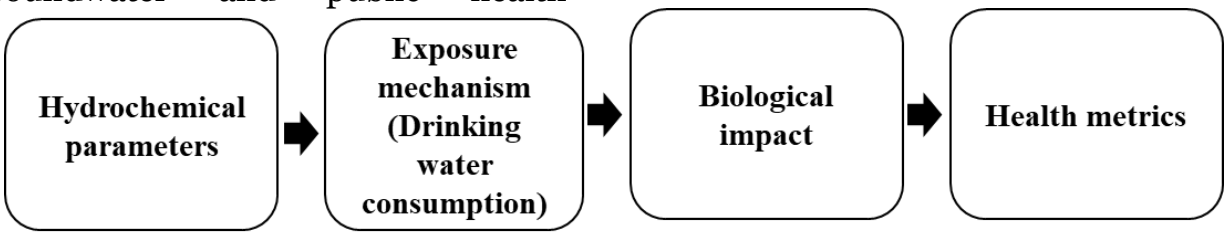


Figure 1. Conceptual model of a medical-hydrogeological multifactorial system.

In the block diagram shown in Figure 2 below, the general intellectual analysis algorithm represents the modern scientific and methodological basis for the comprehensive study and evaluation of medical-hydrogeological systems. This algorithm is organized in stages, with each stage serving to improve data quality, conduct in-depth analysis, and provide a scientifically grounded interpretation of the final results.

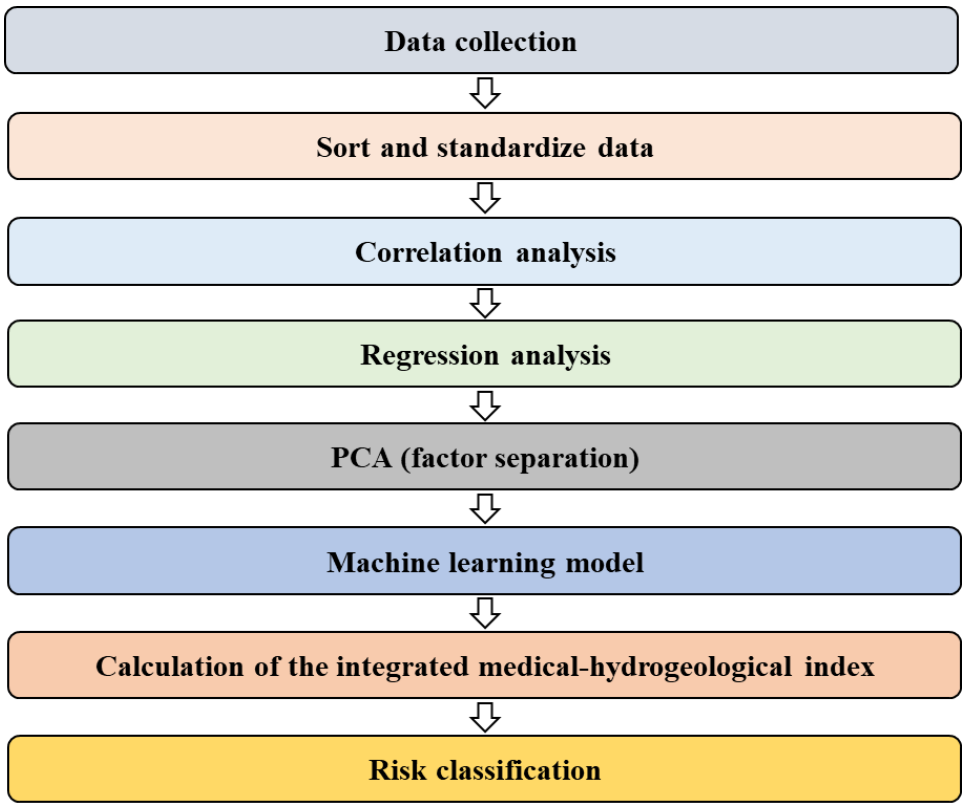


Figure 2. General intellectual analysis algorithm (block diagram).

This intelligent analysis algorithm is aimed at the comprehensive assessment of medical-hydrogeological systems and consists of several

interconnected stages. Initially, hydrochemical, agrocomponent, and medical-statistical data are collected and prepared for processing. In the subsequent stages, the data are cleaned, normalized, and the relationship between indicators is determined using correlation and regression analysis. The PCA method is used to isolate key factors and optimize data volumes. Prediction and the identification of complex dependencies are carried out using machine learning algorithms. In conclusion, the TGII index is calculated, the medical-hydrogeological state of the territories and the level of environmental risk are assessed, and the territories are classified by risk.

Conclusions. During the work, hydrochemical data obtained from various regions, epidemiological indicators, and agrotechnological load levels were comprehensively studied. The results showed that groundwater quality indicators have regional differences, which are primarily formed by natural and geological conditions as well as human activity. In particular, the improper use of fertilizers in agriculture, industrial waste, and inefficient irrigation systems have a significant impact on the chemical composition of groundwater. In this regard, this research serves to form a new scientific direction at the intersection of hydrogeology and medicine.

The conceptual model of medical-hydrogeological assessment is based on the mutual integration of hydrochemical, epidemiological, and environmental indicators, allowing for the determination of regional risk levels through their comprehensive analysis. According to the research results, evaluation based on isolated parameters does not yield a sufficiently accurate result; instead, it is important to consider their interdependence. Therefore, a new system of integral indicators was proposed in the work. Through this system, the level of environmental and medical risk in the regions was more accurately assessed, and the possibility of optimizing the monitoring system was created. This approach is one of the main results of the dissertation as a scientific innovation.

The study extensively highlighted the potential for utilizing modern information technologies, specifically artificial intelligence and machine learning methods. Based on the Random Forest algorithm, the relationship between hydrochemical parameters and morbidity levels was modeled. Using this model, it will be possible to predict changes in morbidity rates in the regions in the future. The results showed that approaches based on artificial intelligence provide higher accuracy and reliability compared to traditional statistical methods. This significantly improves the processes of automating the monitoring system, rapid decision-making, and risk management.

References.

1. Hemant R., Arun G., Mahesh P. Assessment of groundwater quality and human health risk from nitrate contamination using a multivariate statistical analysis // Journal of Water and Health Vol.

2. Elpiner L.I. Medical hydrogeology is an independent interdisciplinary branch of the science about groundwater // Hygiene and Sanitation. – 2016. Vol. 95, No. 9. – P. 800–805.

3. Elpiner L.I., Dzyuba A.V. Medical and environmental aspects of the degradation of the permafrost zone: problem of paleoviral contamination // Hygiene and

Sanitation. – 2017. Vol. 96, No. 8. – P. 706–711. DOI: 10.47470/0016-9900-2017-96-8-706-711.

4. Naghibi S.A., Ahmadi K., Daneshi A. Application of support vector machine, random forest, and genetic algorithm optimized random forest for groundwater spring potential mapping // Hydrological Sciences Journal. 2017. Vol. 62. No. 8. P. 1-16.

5. Mohammadi A.A., Yari A.R., Faraji H., et al. Mapping of groundwater nitrate concentration using GIS and machine learning // Environmental Monitoring and Assessment. 2019. Vol. 191. Art. 487.

6. Bakiev S.A., Anorboev E.A., Kholjigitova D.B. Medical hydrogeology is a new scientific direction // Republican Scientific and Technical Conference on the topic "Scientific and Innovative Directions of Modern Hydrogeological, Engineering Geology, and Geoecological Research," T-2022. Pp. 38-40.

Kholjigitova D.B., Bakiev S.A., Anorboev E.A. Significance of heavy metals in groundwater in medical hydrogeology. // National University of Uzbekistan News. - 2024. - No. 1. - 282-28

UDK: 614.7:556.3:004.8

AHOLI SALOMATLIGIGA TA’SIR ETUVCHI GIDROKIMYOVIY OMILLARNI BAHOLASHDA INTELLEKTUAL TIZIMLARDAN FOYDALANISHNING ILMIY-METODIK ASOSLARI

D.B. Xoljigitova *“Gidrogeologiya va injenerlik geologiyasi instituti” davlat muassasasi*

Annotatsiya. Mazkur maqolada aholi salomatligiga ta’sir etuvchi gidrokimyoviy omillarni baholashda intellektual tizimlardan foydalanishning ilmiy-metodik asoslari yoritilgan. Tadqiqotda yer osti suvlarining gidrokimyoviy ko‘rsatkichlari, jumladan mineralizatsiya, makro va mikroelementlar tarkibi hamda ularning inson salomatligiga ta’siri tahlil qilingan. Shuningdek, gidrokimyoviy omillar bilan kasallanish ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi bog‘liqlik baholangan. Tadqiqot natijalari hududlarning tibbiy-gidrogeologik holatini monitoring qilish, ekologik xavflarni aniqlash va aholi salomatligini muhofaza qilish bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar: gidrokimyoviy omillar, yer osti suvlari, agrokomponentlar, tibbiy-gidrogeologiya, intellektual tizimlar, mashinani o‘qitish algoritmlari, mashinani o‘qitish algoritmlari, sun’iy neyron tarmoqlari, GAT + AI integratsiyasi, GAT texnologiyalari, intellektual tahlil usullari.

Kirish. Tibbiy-gidrogeologiya - bu gidrogeologiya, tibbiyot va ekologiya fanlari kesishmasida yuzaga kelgan nisbatan yosh, ammo strategik ahamiyatga ega soha hisoblanadi. Uning asosiy maqsadi yer osti suvlarining kimyoviy tarkibi, fizik xususiyatlari va dinamikasining inson salomatligiga ta’sirini o‘rganishdir. Yer osti suvlari nafaqat ichimlik suvi manbai, balki inson organizmiga mikroelementlar yetkazib beruvchi muhim muhitdir.

Jahonda ilmiy nazariy jihatidan, qishloq xo‘jaligida qo‘llaniladigan kimyoviy moddalar suv havzalarining

gidrokimyoviy rejimini o‘zgartiruvchi asosiy "agrokomponentlar", antropogen va geogen omillar ta’sirida yer osti suvlari tarkibida og‘ir metallar, nitratlar, pestitsidlar va boshqa toksik komponentlarning to‘planishi kuzatilmoqda. Ayniqsa, qishloq xo‘jaligida intensiv o‘g‘itlash va kimyoviy vositalardan foydalanish agroekotizimlarda tuproq–suv–o‘simlik zanjiri orqali zararli moddalarning migratsiyasini kuchaytirmoqda [1, 5]. Bu holat hududlarning tibbiy-gidrogeologik holatini kompleks va chuqur tadqiq etishni talab qilmoqda.

So‘nggi yillarda respublikamizda yer osti suvlarining sifat holatini baholash, ekologik xavfsizlikni ta’minlash hamda aholi salomatligini muhofaza qilishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlarga alohida e’tibor qaratilmoqda. Ayniqsa, gidrokimyoviy jarayonlarni zamonaviy axborot texnologiyalari, geografik axborot tizimlari va sun’iy intellekt asosida tahlil qilish bo‘yicha ilmiy izlanishlar kengaymoqda. O‘zbekiston Respublikasining ekologiya, geologiya va raqamli texnologiyalar sohasidagi davlat dasturlarida tabiiy resurslardan oqilona foydalanish, ichimlik suvlarining sifatini monitoring qilish hamda ekologik xavflarni prognozlash ustuvor vazifa sifatida belgilangan. Shu bilan birga, yer osti suvlari tarkibiga agrokomponentlarning ta’sirini baholash va tibbiy-gidrogeologik monitoring tizimlarini takomillashtirish bo‘yicha ilmiy-amaliy tadqiqotlar olib borilmoqda [8].

Material va metodlar. Zamonaviy ilm-fan taraqqiyoti natijasida gidrogeologiya faqat yer osti suvlari zahirasini aniqlash yoki ularning harakat qonuniyatlarini o‘rganish bilan cheklanib qolmay, balki inson salomatligi bilan uzviy bog‘liq kompleks tizim sifatida qaralmoqda. AQSh ilmiy maktabi tajribasi shuni ko‘rsatadiki, yer osti suvlarining gidrokimyoviy tarkibi hududning tibbiy-ekologik holatini belgilovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Shu bois so‘nggi yillarda “medical hydrogeology” yoki “geohealth” yo‘nalishi shakllanib, unda gidrogeologiya, geokimyo, epidemiologiya va axborot texnologiyalari integratsiyasi asosida inson salomatligiga ta’sir etuvchi tabiiy omillar o‘rganilmoqda [3].

Kolumbiya universiteti olimasi Ana Navas-Acien boshchiligida o‘tkazilgan epidemiologik tadqiqotlar ichimlik suvidagi arsenik miqdori bilan yurak-qon tomir va onkologik kasalliklar o‘rtasida kuchli bog‘liqlik mavjudligini aniqladi. Ularning kuzatuvlari natijasida ichimlik suvida arsenik miqdorini kamaytirish o‘lim ko‘rsatkichlarini sezilarli pasaytirishi isbotlangan [4]. Ushbu natija gidrogeokimyoviy muhitni sog‘liqni saqlash siyosatiga integratsiya qilish zarurligini ko‘rsatadi.

Yevropa ilmiy maktabida tibbiy-gidrogeologiya (medical hydrogeology yoki medical geochemistry) yo‘nalishi inson salomatligini tabiiy muhit, ayniqsa yer osti suvlari kimyoviy tarkibi bilan bog‘liq holda o‘rganishga qaratilgan. Yevropa Ittifoqida ichimlik suvining muhim qismi yer osti manbalaridan olinishi sababli gidrokimyoviy muhitni o‘rganish sog‘liqni saqlash siyosatining tarkibiy qismi sifatida qaraladi. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (WHO) ham ichimlik suvi tarkibidagi kimyoviy elementlar aholining kasallanish darajasiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini qayd etgan [5].

Osiyo mamlakatlarida tibbiy-gidrogeologiya yo‘nalishi, ayniqsa Janubiy va Janubi-Sharqiy Osiyo hududlarida, yer osti suvlari kimyoviy tarkibi bilan bog‘liq keng ko‘lamli

sog‘liq muammolari tufayli faol rivojlanmoqda. Bu mintaqalarda ichimlik suvining asosiy manbai quduqlar bo‘lgani sababli gidrokimyoviy muhit aholi salomatligining eng muhim tabiiy omillaridan biri hisoblanadi. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (WHO) ma’lumotlariga ko‘ra, ichimlik suvidagi kimyoviy elementlar tarkibi bevosita surunkali kasalliklar tarqalishiga ta’sir ko‘rsatadi [5].

Xitoy olimlari ham yer osti suvlarining gidrokimyoviy xususiyatlari bilan hududiy kasalliklar o‘rtasidagi bog‘liqlikni keng o‘rgangan. Xitoyning shimoliy provinsiyalarida yer osti suvlarida ftor miqdori yuqori bo‘lishi natijasida endemik flyuoroz kasalligi keng tarqalganligi aniqlangan. Xitoy Kasalliklarni nazorat qilish markazi (China CDC) ma’lumotlariga ko‘ra, ftor miqdori ortgan hududlarda suyak deformatsiyasi va tish kasalliklari ko‘payadi [6].

So‘nggi yillarda Osiyo olimlari gidrogeokimyoviy tadqiqotlarda GIS texnologiyalari, masofadan zondlash va sun’iy intellekt usullaridan foydalanishni boshladilar. Fazoviy modellashtirish yordamida xavf zonalari aniqlanib, ichimlik suvini almashtirish yoki tozalash bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqilmoqda. Bu yondashuv kasalliklarni davolashdan ko‘ra ularning tabiiy sabablarini bartaraf etishga qaratilgan.

Osiyo mamlakatlarida olib borilgan ilmiy tadqiqotlar yer osti suvlari va agrokomponentlarning gidrokimyoviy xususiyatlari inson salomatligiga bevosita ta’sir etishini yaqqol ko‘rsatadi. Gidrogeologik muhitni intellektual tahlil qilish, epidemiologik ma’lumotlar bilan integratsiyalash va xavf hududlarini aniqlash kelajakda tibbiy-gidrogeologik monitoring tizimlarini yaratish uchun muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Rossiya olimlari agrokomponentlar masalasiga ham alohida e’tibor qaratadi. Sug‘orishda ishlatiladigan yer osti suvlari tarkibidagi nitrat va og‘ir metallar tuproqqa o‘tib, o‘simlik mahsulotlarida to‘planishi aniqlangan. Keyinchalik ushbu moddalar oziq-ovqat orqali inson organizmiga kirib, surunkali kasalliklar xavfini oshiradi. Shu sababli Rossiya sanitariya-gigiyena maktabida “suv – tuproq – o‘simlik – inson” tizimi yagona ekologik-biogeokimyoviy zanjir sifatida qaraladi [7].

O‘zbekiston hududlarida olib borilgan tadqiqotlar yer osti suvlarining sifat ko‘rsatkichlari mintaqaviy jihatdan keskin farqlanishini ko‘rsatadi. Ayrim sanoat va qishloq xo‘jaligi hududlarida yer osti suvlarida rux, nikel, xrom va temir miqdori ruxsat etilgan me’yorlarga yaqin yoki undan yuqori ekani qayd etilgan [8, 9].

Tibbiy gidrogeologiya va intellektual tadqiqotlar bo’yicha tibbiy gidrogeologiya mustaqil ilmiy yo‘nalish sifatida A.P. Vinogradov, L.I. Elpiner, S.A. Bakiyev va boshqa olimlar tomonidan rivojlantirilgan bo‘lib, u suv muhiti omillarining aholi salomatligiga ta’sirini baholashga qaratilgan [9].

Tibbiy-gidrogeologiya sohasining rivojlanishi oddiy kuzatuvlardan murakkab intellektual bashoratlash tizimlariga qarab evolyutsiya qildi. Hozirgi kunda agrotexnogen omillarni inobatga olgan holda hududlarni kompleks baholash, aholi salomatligini saqlashda ustuvor yo‘nalish hisoblanadi.

Ushbu jadvalda yer osti suvlari tarkibidagi elementlarning miqdori va ularning inson salomatligiga ko‘rsatadigan ta’siri o‘rtasidagi bog‘liqlik tizimlashtirilgan.

1-jadval. Tibbiy-gidrogeokimyoviy elementlarning inson salomatligiga ta’siri.

№	Element / Ko‘rsatkich	Holat	Kelib chiqadigan kasalliklar yoki fiziologik o‘zgarishlar
1	Ftor (F)	Yetishmovchiligi	Tish kariesi, suyak to‘qimalarining
		Ortiqchaligi	Tish flyuorozi, suyak osteoslerozi, bo‘g‘im og‘riqlari.
2	Yod (I)	Yetishmovchiligi	Endemik buqoq (zob), aqliy rivojlanishning pasayishi (kretinizm).
3	Nitratlar (NO_3)	Ortiqchaligi	Suv-nitratli metgemoglobinemiya (ayniqsa go‘daklarda), onkologik xavf.
4	Kalsiy (Ca) va Magniy (Mg)	Past qattiqlik	Yurak-qon tomir kasalliklari, suyaklarning mo‘rtlashishi.
5	Temir (Fe)	Ortiqchaligi	Gemosideroz, jigar va yurak faoliyati buzilishi, allergik reaksiyalar.
6	Stronsiy (Sr)	Ortiqchaligi	"Stronsiy raxiti" (suyaklarda kalsiyning stronsiy bilan almashishi).
7	Xloridlar va Sulfatlar	Ortiqchaligi	Oshqozon-ichak trakti buzilishi, organizmning suvsizlanishi, metabolizm o‘zgarishi
8	Kadmiy (Cd) va Qo‘rg‘oshin (Pb)	Ortiqchaligi	Buyrak yetishmovchiligi, asab tizimi shikastlanishi, anemiya.

Natijalar va ularning tahlili. Yer osti suvlari hududning tabiiy geokimyoviy muhitini shakllantiruvchi eng muhim komponentlardan biri bo‘lib, ularning kimyoviy tarkibi geologik tuzilish, suv jinslar bilan o‘zaro ta’siri, iqlim sharoiti va antropogen faoliyatga bog‘liq holda shakllanadi. Akvifer jinslari bilan uzoq muddatli kontakt natijasida suv tarkibida makrokomponentlar (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, HCO_3^{-}, SO_4^{2-}, Cl^{-}), shuningdek mikroelementlar (F, I, Se, Fe, Mn, As, Sr, U va boshqalar) to‘planadi. Ushbu komponentlarning konsentratsiyasi nafaqat suvning ichimlik sifatini belgilaydi, balki hududning tibbiy-gidrogeologik holatini ham aniqlaydi. Chunki ichimlik suvi inson organizmiga kimyoviy elementlarning kirib kelishidagi asosiy manbalardan biri hisoblanadi.

Yer osti suvlari sug‘orishda keng qo‘llanilganda ularning gidrokimyoviy tarkibi tuproq muhitiga o‘tadi. Natijada tuproq eritmasining mineralizatsiyasi, ion tarkibi va kation-anion muvozanati o‘zgaradi. Bu jarayon o‘simliklarning oziqlanish rejimiga ta’sir etib, agrokomponentlarning (qishloq xo‘jaligi ekinlari, yem-xashak va oziq-ovqat mahsulotlari) kimyoviy tarkibini shakllantiradi. O‘simliklar tuproq eritmasidan suv bilan birga nafaqat foydali elementlarni, balki toksik moddalarning ham bir qismini o‘zlashtiradi. Shunday qilib, “yer osti suvi – tuproq – o‘simlik – oziq-ovqat – inson” zanjiri yagona biogeokimyoviy migratsiya tizimini hosil qiladi.

Tibbiy-gidrogeologik holatni baholashda yer osti suvlari mineralizatsiyasi, qattiqligi, ion

tarkibi, mikroelementlar miqdori hamda ularning agrokomponentlarda akkumulyatsiya darajasi kompleks o‘rganiladi. Zamonaviy tadqiqotlarda GIS texnologiyalari, masofadan zondlash ma’lumotlari va matematik modellashtirishdan foydalanish orqali gidrokimyoviy ko‘rsatkichlar hududiy kasallanish statistikasi bilan solishtiriladi va xavf zonalari aniqlanadi.

Intellektual tizimlar tibbiy-gidrogeologik tadqiqotlarda bir necha ilmiy-metodik bosqichlar asosida qo‘llaniladi. Birinchi bosqich - ma’lumotlarni yig‘ish va raqamlashtirish. Bu yer osti suvlari laboratoriya tahlillari, suvning minerallashuvi, ion tarkibi, pH, umumiy qattiqlik, mikroelementlar (F, I, Se, As, Pb, Cd va boshqalar) konsentratsiyasi, shuningdek, hududning epidemiologik va demografik ma’lumotlarini o‘z ichiga oladi. Shu bosqichda ma’lumotlar geobaza shaklida GIS tizimiga kiritiladi va keyingi tahlil uchun tayyorlanadi.

Ikkinchi bosqich - matematik va statistik tayyorlash. Bu bosqichda ma’lumotlar normallashtiriladi, korrelyatsion va klaster tahlillari yordamida asosiy gidrokimyoviy ko‘rsatkichlar aniqlanadi. Maqsad hududdagi suv sifati va aholi kasallanish ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlashdir. Shu bilan birga, hududning tabiiy geokimyoviy xususiyatlari (geologik tuzilish, akvifer xususiyatlari, relyef, tuproq turi) ham hisobga olinadi, chunki ular gidrokimyoviy parametrlarning hududiy taqsimotini belgilaydi.

Uchinchi bosqich - intellektual tizimlar yordamida prognozlash va baholash. Bu yerda mashinani o‘qitish algoritmlari (Machine Learning), sun’iy neyron tarmoqlar (Artificial Neural Networks - ANN), fuzzy logic va GeoAI texnologiyalari keng qo‘llaniladi.

Mashinani o‘qitish algoritmlari (Random Forest, Support Vector Machine, k-NN, Regression modellari) gidrokimyoviy ma’lumotlar asosida kasallik xavfi zonalarini aniqlash, suv sifati kategoriyasini belgilash va ifloslanish ehtimolini prognoz qilishda ishlatiladi.

Sun’iy neyron tarmoqlari (ANN) nolinear jarayonlarni o‘rganishda eng samarali vosita hisoblanadi. ANN modeli yordamida suv tarkibidagi makro- va mikroelementlar parametrlaridan kasalliklar xavfi indeksi ishlab chiqiladi. Masalan, kiritish parametrlariga Ca^{2+}, Mg^{2+}, SO_4^{2-}, NO_3^-, F^- va umumiy minerallashuv kirsa, chiqish parametriga hududiy kasallanish ehtimoli indeksi hisoblanadi.

Fuzzy logic tizimlari gidrokimyoviy parametrlar noaniqligini hisobga olish imkonini beradi. Masalan, suv minerallashuvi yoki mikroelement konsentratsiyasi “yaxshi”, “o‘rtacha”, “xavfli” kabi noaniq kategoriyalar orqali baholanadi, bu esa lokal sanitariya va ekologik sharoitlarni hisobga olishga yordam beradi.

GAT + AI integratsiyasi (GeoAI) hududiy tahlilni avtomatlashtirishga xizmat qiladi. Gidrokimyoviy va epidemiologik ko‘rsatkichlar kartografik qatlamlarga joylashtiriladi, ularni bir-biri bilan solishtirish va xavf zonalarini aniqlash imkoniyati yaratiladi. Natijada tibbiy-gidrogeologik xaritalar, monitoring paneli va vizualizatsiya tizimi yaratiladi.

To‘rtinchi bosqich - xavfni miqdoriy baholash (risk assessment). Bu bosqichda ichimlik suvi orqali inson organizmiga kiradigan elementlar dozalari hisoblanadi va toksikologik standartlar bilan taqqoslanadi. Odatda

o‘rtacha sutkalik ta’sir dozasini (ADD), xavf koeffitsienti (HQ) va umumiy xavf indeksi (HI) aniqlash ishlari amalga oshiriladi. HI>1 bo‘lsa, hududdagi suv sifati aholi salomatligi uchun potentsial xavfli deb baholanadi.

Beshinchi bosqich - bioindikatsiya usuli. Bu yerda o‘simliklar, qishloq xo‘jaligi mahsulotlari va inson biomateriallarida (soch, tirnoq, qon) mikroelementlar miqdori aniqlanadi. Ushbu usul orqali gidrokimyoviy elementlarning oziq-ovqat zanjiri orqali migratsiyasi va inson organizmiga kirish darajasi baholanadi.

Intellektual tizimlar tibbiy-gidrogeologik tadqiqotlarda zamonaviy ilmiy-metodik yondashuv sifatida xizmat qiladi. Ular yer osti suvlari va agrokomponentlarning gidrokimyoviy xususiyatlarini, hududiy epidemiologik ma’lumotlarni birlashtirib, aholi salomatligiga ta’sir qiluvchi xavf omillarini aniqlash va prognozlash imkonini beradi. Ushbu yondashuv hududning tibbiy-gidrogeologik holatini baholash, xavf zonalarini oldindan aniqlash va profilaktik choralarni ishlab chiqish bo‘yicha samarali ilmiy asos yaratadi. Shu bilan birga, intellektual tizimlar yordamida tibbiy-gidrogeologik monitoring tizimlarini yaratish, GAT texnologiyalari va sun’iy intellekt modellarini integratsiya qilish orqali aholi salomatligini himoya qilishning innovatsion metodologiyasi shakllanadi.

Xulosalar. Xalqaro tajriba va zamonaviy metodlar tahlili asosida aniqlandiki, dunyo miqyosida yer osti suvlarini baholashda oddiy kimyoviy tahlillardan voz kechilib, matematik modellashtirish, salomatlik xavfini baholash va GAT-texnologiyalari kabi kompleks yondashuvlar ustuvorlik kasb etmoqda. Biroq, agrotexnogen omillar va aholi salomatligi o‘rtasidagi ko‘p omilli bog‘liqliklarni aniqlashda hali ham intellektual tahlil usullarini (Machine Learning, Big Data) kengroq joriy etishga ehtiyoj mavjud.

O‘zbekistonning hozirgi gidrogeologik holati o‘rganilganda, agrosanoat rivojlangan hududlarda yer osti suvlarining nitratlar, mineral o‘g‘itlar va og‘ir metallar bilan ifloslanish tendensiyasi kuzatilayotgani ma’lum bo‘ldi. Amaldagi monitoring tizimi asosan gidrokimyoviy o‘zgarishlarni qayd etish bilan cheklanib, ularning aholi o‘rtasidagi o‘ziga xos (endemik) kasallanish ko‘rsatkichlari bilan bog‘liqligini prognozlash darajasi yetarli emas.

Olib borilgan ilmiy-metodologik tahlillar natijasida, hududlarning tibbiy-gidrogeologik holatini baholash ko‘rsatkichlar tizimini mukammallashtirish va ushbu jarayonga intellektual tizimlarni tatbiq etish zaruriyati aniqlandi. Bu esa tadqiqotning keyingi bosqichlarida agrotexnogen omillarni inobatga oluvchi yangi integratsiyalashgan modellar va prognozlash algoritmlarini ishlab chiqish uchun ilmiy poydevor bo‘lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

Эльпинер Л.И. Медицинская гидрогеология является самостоятельным междисциплинарным разделом науки о подземных водах // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, //9. – С. 800–805.

1. Эльпинер Л.И., Дзюба А.В. Медико-экологические аспекты деградации зоны вечной мерзлоты: проблема палеовирусной зараженности // Гигиена и

санитария. – 2017. – Т. 96, // 8. – С. 706–711. ДОИ: 10.47470/0016-9900-2017-96-8-706-711.

2. Wu F., Geen L., Graziano J. Lower arsenic in drinking water reduces death risk even after years of chronic exposure // Columbia University Mailman School of Public Health. JAMA. – 2025.

3. Ana N., Gervasio A.L. Chronic exposure to lead, cadmium, and arsenic increases risk of cardiovascular disease // Journal of the American Heart Association. – 2023.

4. World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality. Fourth Edition Incorporating the First Addendum. – Geneva: WHO, 2017. – 631 p.

5. Zhao L., Li Z., Pei J. Spatial-Temporal Analysis of Drinking Water Type of Endemic Fluorosis — China // China CDC Weekly. – 2024. – Vol. 6, №2. – P. 25–29. DOI: 10.46234/ccdcw2024.006.

6. Revich B.A. Environmental pollution and public health risks in Russia // Environmental Research. – 2023.

7. Bakiyev S.A., Anorboyev E.A., Xoljigitova D.B. Tibbiy gidrogeologiya-yangi ilmiy yo‘nalish // "Zamonaviy gidrogeologik, muhandislik geologiyasi va geoekologik tadqiqotlarning ilmiy-innovatsion yo'nalishlari" mavzusida Respublika ilmiy-texnik anjuman, T-2022. 38-40 b.

Xoljigitova D.B., Bakiyev S.A., Anorboyev E.A. Tibbiy gidrogeologiyada yer osti suvlaridagi og‘ir metallarning ahamiyati. // O‘zbekiston milliy universiteti xabarlari. - 2024. - № 1. - 282-284 b.

UDK: 551.509.331

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИНАМИКА ЗАСУШЛИВОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ РАЙОНОВ УЗБЕКИСТАНА ПО ДАННЫМ ДВУХ БАЗОВЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПЕРИОДОВ

Гулчехра Эшмуратова *- соискатель (НИГМИ) Научно-исследовательского гидрометеорологического института*

Аннотация. *По данным 20 метеорологических станций, характеризующих распределение среднемесячных осадков на территории Узбекистана, выполнен расчёт индекса засушливости SPI для двух базовых климатических периодов: 1966–1983 и 1984–2015 гг. Установлено, что на фоне положительного тренда глобальной приземной температуры воздуха динамика индекса SPI в целом соответствует градациям «увлажнение около нормы» и «мягкая засуха». Показано отсутствие статистически значимого тренда изменения распределения SPI за последние 50 лет.*

Вместе с тем в восточной части территории Узбекистана выявлена тенденция к изменению знака индекса SPI — от положительных значений к отрицательным в период 1991–2015 гг., что может свидетельствовать об усилении аридности климатических условий в данном регионе.

Проведённый спектральный анализ временных рядов индекса засушливости SPI показал наличие колебаний различной периодичности, обусловленных как воздействием внешних (астрономических) факторов, включая квазии11-летний цикл, так и внутренними факторами климатической системы, связанными с периодичностью атмосферных процессов в диапазоне 2–4 лет.

Ключевые слова: *атмосферные осадки, индекс атмосферной засушливости, спектральная плотность, базовый климатический период.*

Введение. Значительная часть территории Республики Узбекистан характеризуется аридными и резко континентальными климатическими условиями, в связи с чем засухи являются одним из наиболее опасных гидрометеорологических явлений, оказывающих существенное влияние на сельскохозяйственное производство[1,2,4,6]. В целях оценки риска ожидаемой засухи используются различные индексы засушливости [3]. Однако, единого универсального индекса для характеристики условий засушливости (увлажнённости) не существует. В данной статье в целях исследований динамики засушливости восточной части Республики Узбекистан за два базисных климатических периодов (1966-1990 и 1984-2015 гг.) рассчитан рекомендованный ВМО [6] для использования в работе национальных гидрометеорологических служб стандартизованный индекс засушливости SPI [5]. Рассчитанные по 20 метеостанциям индексы засушливости применялись в анализе динамики засушливости по различным климатическим областям Узбекистана в течении двух базисных климатических периодов – до момента интенсивного положительного тренда глобальной температуры воздуха (1966 – 1983 гг.) и с момента его заметного увеличения (1984 – 2015 гг.).

Исходные данные и метод вычислений

Расчет SP1 осуществлялся с использованием базы данных Узгидромета. Данные представляют собой среднемесячные осадки за период с 1966 по 2015 г. по 20 метеорологическим станциям, расположенных в различных климатических районах территории Узбекистана (рис. 1). Выбраны те станции, которые не содержали пропусков на периоде с 1966 по 2015 годы. В рамках поставленной задачи были использованы данные об осадках за 12 месяцев года. Временные ряды были разбиты на два периода: 1966-1990 и 1984-2015 годы.

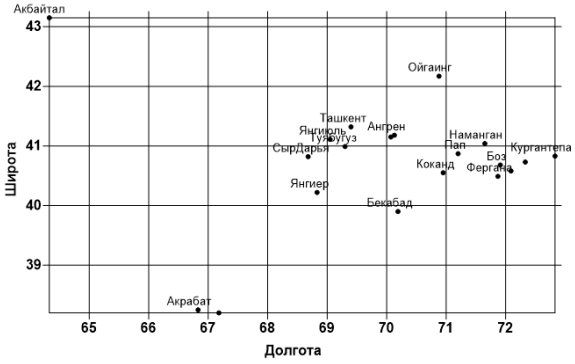


Рис. 1. Метеостанции, с которых использованы данные об атмосферные осадки для расчёта SPI.

Согласно [5] методика расчета индекс засушливости (увлажнённости) предусматривает трансформирование временного ряда осадков в нормальное (гауссово) распределение, где среднее значение SPI за

рассматриваемый период времени (месяц, сезон, полугодие и т.д.) равно нулю, а среднеквадратическое отклонение ☐☐единице.

Алгоритм расчёта SPI состоит из нескольких этапов:

1. Рассчитывается функция гамма распределения $F_Г(P)$, наилучшим образом аппроксимирующая эмпирическое распределение осадков P для каждой станции (рис. 2*а*)

$$F_Г(P) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} P^{\alpha-1} \int_0^P EXP\left(-\frac{P}{\beta}\right), \text{ для } P > 0, \quad (1)$$

где Г(☐) – гамма функция, ☐, ☐ – коэффициенты, определяемые из выражений [3]:

$$\beta = \frac{1+\sqrt{1+\frac{4U}{3}}}{4U}; \quad \alpha = \frac{\overline{P}}{\beta}, \quad (2)$$

В (2) $U = Ln\left(Ln\overline{P}\right) - \frac{\sum Ln(P)}{N}$, черта сверху – символ среднего.

2. Строится функция кумулятивной вероятности $H(P)$ (рис. 2б) с поправкой на то, что вероятность q нулевых осадков не равна нулю

$$H(P) = q + (1 \square q)\, F_Г(P). \quad (3)$$

3. Функция (3) трансформируется в функцию стандартизированного нормального распределения и выполняется расчёт SPI (рис. 2в):

$$\left.\begin{aligned} SPI &= -\left(1 - \frac{c_0+c_1t+c_2t^2}{1+d_1t+d_2t^2+d_3t^3}\right) \text{ для } 0 < H(P) \le 0{,}5 \\ SPI &= +\left(1 - \frac{c_0+c_1t+c_2t^2}{1+d_1t+d_2t^2+d_3t^3}\right) \text{ для } 0{,}5 < H(P) \le 1, \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

где $t = \sqrt{Ln\left(\frac{1}{H(P)^2}\right)}$ для $0 < H(P) \le 0{,}5$; $t = \sqrt{Ln\left(\frac{1}{(1-H(P)^2}\right)}$ для $0{,}5 < H(P) \le 1$.

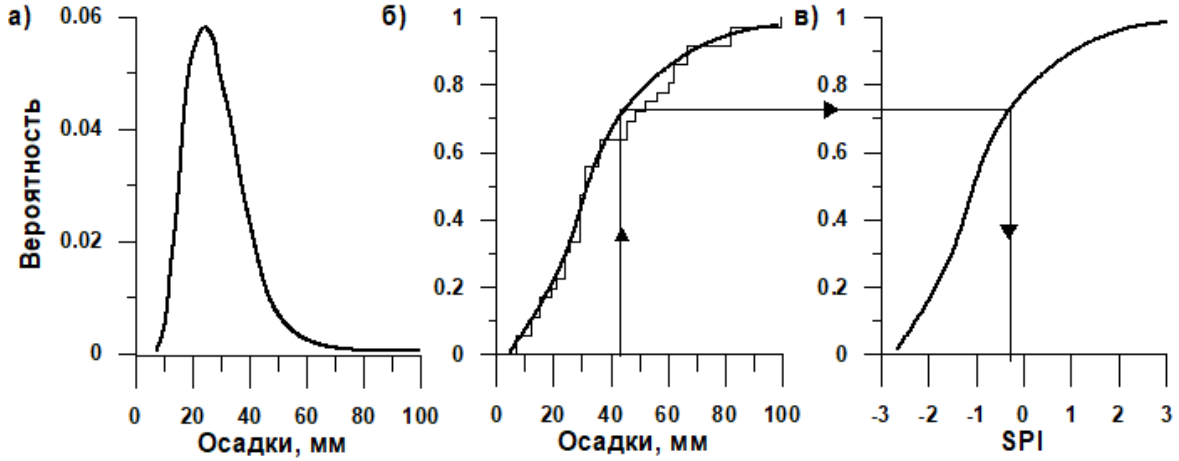


Рис. 2. Этапы расчёта SPI.

Примечание: а) – гамма распределение; б), в) эмпирическое распределение и распределение кумулятивной вероятности.

В табл. 1 приведены градации индекса SPI, характеризующие степень засушливости (увлажнённости) атмосферы.

Таблица 1

Градации значений SPI, характеризующие степень засушливости (увлажнённости)

Градации значения SPI	Характеристика засушливости (увлажнённости)
≥2,00	Экстремально влажно
1,00 – 1,49	Очень влажно
1,50 – 1,99	Умеренно влажно
1,00 – 0,99	Увлажнение около нормы
-0,99 – 0,00	Мягкая засуха
-1,49 □ -1,50	Умеренная засуха
-1,99 – -1,50	Сильная засуха
≤-2,00	Экстремальная засуха

Результаты расчёта SPI и их анализ

На рис. 2 представлены графики динамики индекса засушливости по двум климатическим периодам по данным четырех метеостанций на территории Узбекистана. В силу ограниченности объёма статьи указанные графики приводятся только по четырём метеостанциям, расположенных в различных климатических зонах – пустынной (Акбайтал), горной (Ойгаинг, Акрабат) и предгорной (Ташкент), для центральных месяцев весеннего и летнего сезонов. Приведённые на графики тренды временного хода SPI находятся в пределах двух фиксированных градаций значений SPI характеристик засушливости (увлажнённости) атмосферы – «умеренно влажно» и «мягкая засуха» касаемо двух климатических периодов. Иначе говоря, значимого тренда во временном ходе SPI, на рассматриваемых метеостанциях не наблюдается, т.е. проявление глобального положительного тренда температуры в распределении SPI за два климатических периодов на рассматриваемой территории не обнаруживается. Весьма вероятно, этот результат связан с тем, что в данном исследовании использовались не суммы месячных осадков, а их среднее значение. Последнее выбрано из соображений получить среднюю картину тенденции динамики SPI на фоне глобального положительного тренда температуры воздуха. С этой точки зрения более определённая картина динамики SPI показана на рис. 3, где представлено временное распределение SPI, как функции года и месяца года для фиксированной пространственной координаты (метеостанции). Результаты распределения обобщены в табл. 2.

Таблица 2

Экстремальные значения SPI по данным среднемесячных осадков 4-х метеостанций на территории Узбекистана по двум климатическим периодам

1966-1983 годы				1984-2015 годы			
Мст. Акбайтал							
Экстремальное значение SPI				Экстремальное значение SPI			
Засуха	Дата	Влажность	Дата	Засуха	Дата	Влажность	Дата
-2.6	1969, X	3,16	1969, IX	-2.2	1996, I	2,35	2003, VI
Мст. Акрабат							
-2.1	1972, XI	2,46	1987, X	-3,9	1996, XII	2,76	1998, VIII

Мст. Ойгаинг							
o	□	o	□	o	□	o	□
Мст. Ташкент							
o	□	o	□	o	□	o	□

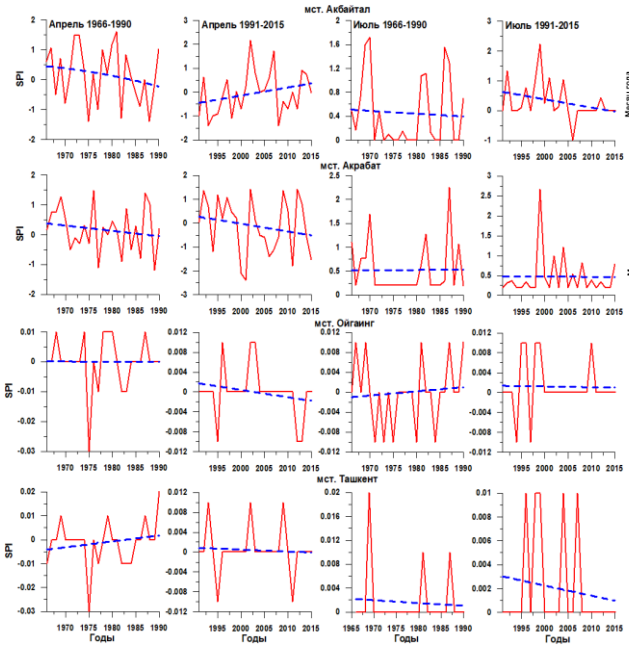


Рис. 3. Динамика индекса засушливости на двух базисных климатических периодов по данным четырех метеостанций на территории Узбекистана

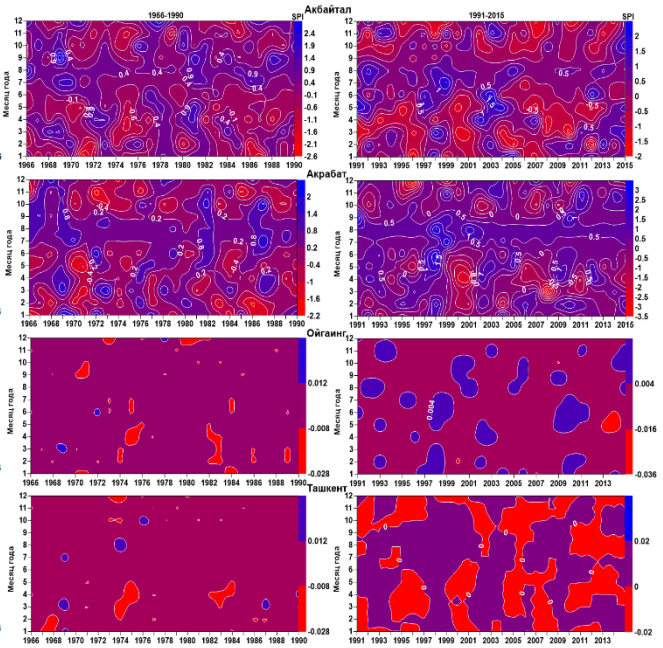


Рис. 4. Динамика SPI, как функция года и месяца года по данным 4-х метеостанций на территории Узбекистана за два базисных климатических периода.

В целях выявления различий в тенденциях динамики индекса засушливости SPI в двух базисных климатических периодах были построены пространственно-временные распределения SPI как функции года и месяца года по осреднённым среднемесячным значениям индекса. Такой подход позволил оценить особенности внутригодовой и межгодовой изменчивости засушливости, а также выявить региональные различия в характере её пространственно-временного распределения на территории Узбекистана. Результаты распределения представлены на рис. 5

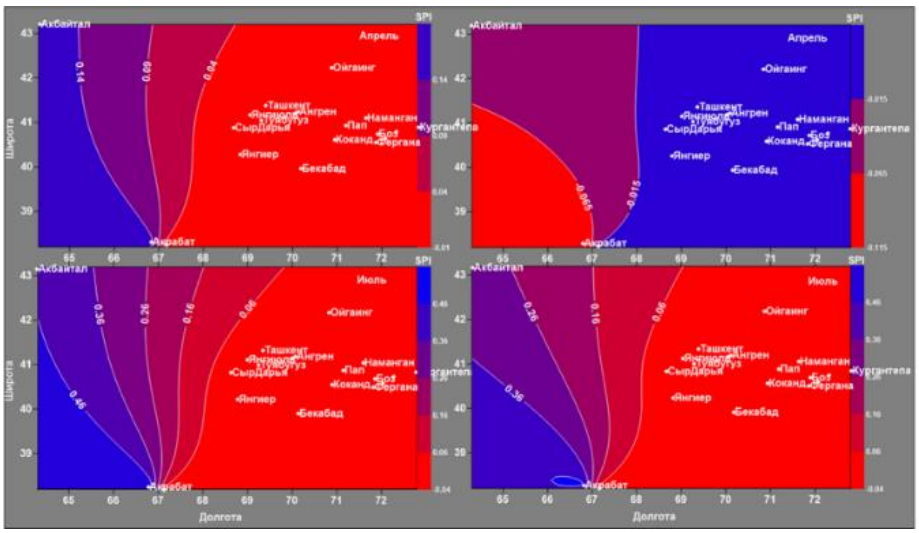


Рис. 5. Пространственно-временное распределение SPI по данным 20 метеостанций среднемесячных осадков на территории Узбекистана в апреле и июле месяцев.

Как следует из представленного на рис. 5 пространственно-временного распределения индекса засушливости, отличие в динамики SPI относительно двух рассматриваемых периодов не наблюдается, хотя, в апреле месяце на периоде 1991-2015 гг. наблюдается тенденция на смену градации «засушливость» (SPI<0) на градацию «увлажнённость» (SPI>0) в восточной части Республики.

Завершающим шагом данной работы явилось выявления наличия (отсутствия) устойчивых колебаний в спектре колебаний SPI. Для этого был выполнен спектральный анализ, результаты которого представлены на рис. 6. В спектре колебаний SPI обнаруживаются значимые колебания с периодами приближёнными к 11, 6-7, 4, 3 и 2 годам. Кроме того в двух спектрах на мст. Акробат проявляются колебания с периодами 25 лет (июль) и 16,5 лет (октябрь).

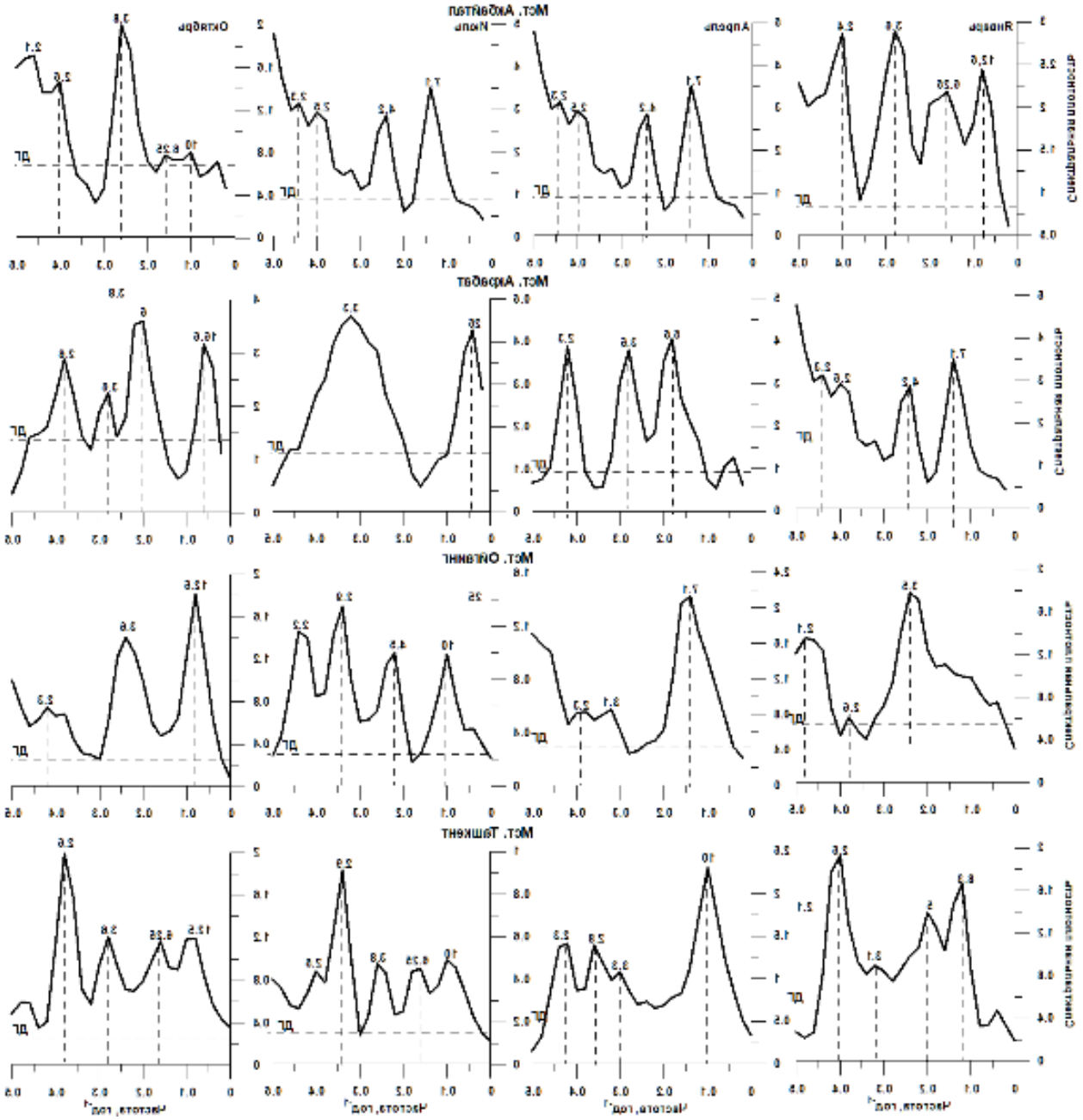


Рис. 6. Спектр колебаний SPI на 50-летнем периоде времени центральных месяцев года.

Примечание: числа у пиков спектра – периоды в годах.

Указанные периоды колебаний обусловлены как внешними факторами, например, вариациями солнечной активности, так и внутренними – периодичностью атмосферных процессов. Из-за ограниченности объёма статьи подробно на этом вопросе останавливаться не будем.

Выводы. Обобщая результаты проведённого исследования, следует отметить, что на фоне устойчивого положительного тренда глобальной приземной температуры воздуха динамика индекса SPI в пределах двух базовых климатических периодов по данным рассмотренных метеорологических станций Узбекистана в целом сохраняется в диапазоне градаций «увлажнение около нормы» и «мягкая засуха». Это указывает на отсутствие статистически значимого линейного тренда изменения степени засушливости при переходе от

одного климатического периода к другому.

Вместе с тем для восточных районов территории Узбекистана установлена тенденция к изменению знака индекса SPI от положительных значений к отрицательным в период 1991–2015 гг., что может свидетельствовать об усилении процессов увеличения аридности регионального климата и вероятности формирования атмосферных засух различной интенсивности.

Результаты спектрального анализа временных рядов SPI показали наличие квазипериодических колебаний различного временного масштаба, обусловленных как воздействием внешних астрономических факторов, так и внутренней изменчивостью климатической системы, связанной с особенностями крупномасштабной атмосферной циркуляции и взаимодействием океан–атмосфера.

Выявленные пространственно-временные особенности изменчивости индекса SPI свидетельствуют о неоднородности реакции климатических районов Узбекистана на современные изменения климата. Это подтверждает необходимость дифференцированного регионального подхода при оценке динамики атмосферной засушливости и разработке методов её мониторинга и прогноза.

Полученные результаты могут служить научной основой для дальнейшего совершенствования динамико-статистических моделей долгосрочного прогноза атмосферных засух, а также для разработки адаптационных мер в секторах экономики, наиболее чувствительных к климатическим изменениям, прежде всего в водохозяйственном и аграрном комплексах.

Литература

1. Оценка засушливости территории Узбекистана на основе данных реанализа ECMWF ERA-5 // Метеорология и климатология Центральной Азии.

2. Рафиков В.А. Научно-методические основы географической оценки и прогнозирования аридных геосистем Узбекистана. — Ташкент: Umid Design, 2022. — 216 с.

3. Уткузова Д. Н, Хан В. М., Вильфанд Р. М. Статистический анализ эпизодов экстремальной засушливости и увлажнённости на территории РФ // Оптика атмосферы и океана. – 2015. – Том 28, № 1 (312). – С. 66–75.

4. Intergovernmental Panel on Climate Change Climate Change and Land. IPCC Special Report, 2019.

5. McKee T. B., Doesken N. J. and Kleist J. The relationship of drought frequency and duration to time scales // Preprints, 8th Conference on applied Climatology, 17-22 January. – Anaheim, Ca, 1993. – PP. 179-184.

6. World Meteorological Organization Handbook of Drought Indicators and Indices. WMO-No. 1173, 2016.

UDK: 556.55:004.94:528.88(575.1)

Monitoring Surface Water Dynamics of Aydar Lake Using MNDWI Index and Sentinel-2 Imagery on Google Earth Engine (2020–2025)

Khakimov Alyorbek *–"TIIAME" NRU, 1st year master's student*
Mamatkulov Zohid *– "TIIAME" NRU, Head of the Department of State Cadastres*
Abshukurov Rustam *– "TIIAME" NRU, 1st year master's student*
Mirzarakhimov Abduvosid *– "TIIAME" NRU, 1st year master's student*
Urazov Suhrob *– "TIIAME" NRU, 1st year master's student*

Abstract *This study examines the spatio-temporal dynamics of Aydar Lake surface water extent in Uzbekistan using the Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI) derived from Sentinel-2 Surface Reflectance Harmonized imagery processed in Google Earth Engine (GEE). Annual median composites for 2020 and 2025 were generated from cloud-filtered Sentinel-2 data to minimize seasonal variability and atmospheric noise. Water bodies were extracted using an MNDWI threshold of 0.2, allowing the classification of water and non-water surfaces at 10 m spatial resolution. Binary change detection analysis was applied to identify areas of water gain and water loss between the two observation years. Results indicate that the total surface water area increased from approximately 5,903 km² in 2020 to 6,105 km² in 2025, representing a net increase of about 202 km². The central and western parts of the lake remained relatively stable, while localized shoreline retreat and expansion of transitional mixed pixels were observed along the southern and southeastern margins. The findings demonstrate that the integration of Sentinel-2 imagery, MNDWI, and cloud-based geospatial analysis in GEE provides an effective and scalable approach for monitoring inland water dynamics in arid environments. The proposed methodology offers valuable support for sustainable water resource management and environmental monitoring in the Aral Sea basin and other hydrologically sensitive regions.*

Keywords: *Aydar Lake, MNDWI, Sentinel-2, Google Earth Engine, Surface Water Dynamics, Remote Sensing, Uzbekistan, Change Detection.*

Аннотация. *В данном исследовании изучается пространственно-временная динамика площади поверхностных вод озера Айдар в Узбекистане с использованием модифицированного нормализованного разностного водного индекса (MNDWI), полученного из гармонизированных изображений поверхностного отражения Sentinel-2, обработанных в Google Earth Engine (GEE). Для минимизации сезонной изменчивости и атмосферного шума были созданы годовые медианные композиты за 2020 и 2025 годы на основе данных Sentinel-2 с фильтрацией по облакам. Водные объекты были выделены с использованием порогового значения MNDWI 0,2, что позволило классифицировать водные и неводные поверхности с пространственным разрешением 10 м. Для выявления областей притока и оттока воды между двумя годами наблюдений был*

применен бинарный анализ изменений. Результаты показывают, что общая площадь поверхностных вод увеличилась с приблизительно 5903 км² в 2020 году до 6105 км² в 2025 году, что представляет собой чистое увеличение примерно на 202 км². Центральная и западная части озера оставались относительно стабильными, в то время как вдоль южной и юго-восточной окраин наблюдалось локальное отступление береговой линии и расширение переходных смешанных пикселей. Результаты показывают, что интеграция изображений Sentinel-2, MNDWI и облачного геопространственного анализа в GEE обеспечивает эффективный и масштабируемый подход к мониторингу динамики внутренних вод в засушливых районах. Предложенная методология оказывает ценную поддержку устойчивому управлению водными ресурсами и экологическому мониторингу в бассейне Аральского моря и других гидрологически чувствительных регионах.

***Ключевые слова**: озеро Айдар, MNDWI, Sentinel-2, Google Earth Engine, динамика поверхностных вод, дистанционное зондирование, Узбекистан, обнаружение изменений.*

Introduction Land surface water bodies, including rivers, lakes, and reservoirs, are an essential component of the Earth's water cycle and are essential to the global ecology and climate system. Understanding hydrological processes and managing water resources greatly depend on surveying land surface water bodies and defining their spatial distribution[1], [2], [3]. The spectral water index-based approach is one of the most dependable water body mapping techniques now in use since it is easy to use, effective, and computationally inexpensive[4]. Over the previous few decades, various water indices have already been presented. In particular, the Normalized Difference Water Index (NDWI) was suggested by McFeeters (1996)[5]. The main contribution of this paper is the Normalized Difference Water Index (NDWI) spectral index (10 m), which reduces other multispectral bands. It is expected that these images will improve the distinction between water bodies and other objects during the cleaning process. In particular, SWIR rays are considered as Modified NDWI (MNDWI), which is suitable for further mapping of urban surface water flow, because they achieve high spatial resolution at 10 m[6], [7]. MNDWI allows for high-resolution assessment of water body borders and transient water features at the 10 m spatial resolution provided by the Sentinel-2 platform. The European Space Agency's Sentinel-2 Multispectral Instrument (MSI), launched in 2015 and 2017 (Sentinel-2A and -2B), provides cloud-optimized surface reflectance imagery at 10–60 m spatial resolution with a revisit time of roughly five days, making it perfect for operational water body monitoring. The emergence of cloud computing platforms, most notably Google Earth Engine (GEE), has fundamentally changed geospatial analysis at the planetary scale[8]. Despite Aydar Lake's ecological and socioeconomic significance, there are still few published studies that use high-resolution satellite data to study the lake's multi-temporal surface water dynamics. In order to close this gap, the current work maps and compares the water surface extent of Aydar Lake in 2020 and 2025 using Sentinel-2 SR

Harmonized images processed on GEE. It also measures the spatial patterns of water gain and loss throughout this time. The study's goals are to: (1) create annual MNDWI composite maps of Aydar Lake for 2020 and 2025; (2) use an optimized MNDWI threshold to distinguish and categorize water and non-water surfaces; and (3) use binary change detection analysis to find areas where the water extent changed between the two epochs.

Study area The administrative borders of Navoi and Jizzakh regions are crossed by Aydar Lake (Aydarkol), which is located in central Uzbekistan at around 40°30′–41°30′ N latitude and 66°00′–68°00′ E longitude (Figure 1). The lake is the main part of the Arnasay-Aydar-Tuzkan lake system, which began to form in the 1960s as a result of flooding from the Syrdarya River and surplus irrigation water draining into the Arnasay depression. Depending on the current water balance circumstances, the lake system's maximum water surface area is predicted to be between 2,000 and 4,000 km². Its longest dimension is currently around 250 km.



Figure 1. Study area showing the Aydar-Arnasay lake system, including Aydar Lake, Tuzkan Lake, and their hydrological connection with the Syr Darya River and Shardara Reservoir.

The research region has a continental desert climate (Köppen classification BWk), with high potential evapotranspiration rates, summer temperatures that frequently surpass 40 °C, and mean annual precipitation of less than 150 mm. The lake's water budget is extremely vulnerable to changes in the inflow from the Syrdarya River control system, which

serves as the main water supply, due to these climatic circumstances. With little plant cover and no notable natural river catchment that contributes to the lake's water balance, the surrounding terrain is primarily a flat desert plain (Kyzylkum Desert). The lake is especially noteworthy as a regional water reserve and wildlife refuge because of its geomorphological isolation in this extremely dry climate.

The vector asset "Aydar" in the GEE assets database defines the administrative boundary of the Aydar Lake basin, which is the spatial extent of the study region of interest (ROI) used in this analysis. This ROI includes the entire geographical extent of the water body as well as its immediate shoreline margins. At a notional map size of 1:800,000, the ROI covers around 66°00′ to 68°00′ E and 40°30′ to 41°30′ N.

The GEE data catalog's Sentinel-2 MSI Level-2A Surface Reflectance Harmonized product (COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED) was used in this investigation. In order to reduce inter-sensor radiometric discrepancies, this dataset offers atmospherically corrected bottom-of-atmosphere (BOA) reflectance values that are standardized and harmonized across Sentinel-2A and -2B sensor observations. For MNDWI computation, Band 3 (Green, central wavelength ≈ 560 nm, 10 m resolution) and Band 11 (SWIR-1, center wavelength = 1614 nm, 20 m resolution, resampled to 10 m) were used. Only scenes having a CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE metadata value of less than 20% were kept for examination in order to reduce the impact of cloud contamination.

Materials and methods The GEE JavaScript API environment was used for all image processing and analysis tasks. The following processing chain was used for each target year (2020 and 2025): (1) temporal filtering of the Sentinel-2 SR Harmonized collection to the entire calendar year (1 January–31 December); (2) spatial filtering to the Aydar Lake ROI; (3) cloud cover filtering (< 20%); (4) computation of the pixel-wise annual median composite to produce a single representative image, reducing intra-annual variability associated with seasonal water level fluctuations; and (5) clipping to the ROI boundary. Because it efficiently eliminates residual cloud and shadow aberrations while giving a temporally realistic water condition, yearly median compositing has been widely used in large-area surface water mapping investigations[9].

For every yearly composite, the Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI) was calculated using the formula suggested by Xu (2006) MNDWI is equal to

$$\frac{(\rho\text{Green} - \rho\text{SWIR})}{(\rho\text{Green} + \rho\text{SWIR})} = \frac{(\text{B3} - \text{B11})}{(\text{B3} + \text{B11}).}$$ [10].

where the surface reflectance in the green and shortwave infrared bands is indicated by ρGreen and ρSWIR, respectively. Water surfaces usually provide positive MNDWI values, while non-water surfaces (soil, vegetation, and built-up) often yield negative or almost zero values. MNDWI values vary from −1 to +1. In accordance with suggestions in the literature for reducing false positive water detections in dry regions with spectrally mixed pixels, a classification threshold of MNDWI > 0.2 was used to create binary water masks for each year[11], [12]. Three types of pixels were identified: non-water (MNDWI ≤ 0), mixed/transitional (0 < MNDWI ≤ 0.2), and water (MNDWI > 0.2).

GEE's logical image operations were used to identify binary changes between the 2020 and 2025 water masks. Pixels categorized as water in 2020 but not in 2025 were referred to as water loss, whereas pixels newly designated as water in 2025 but not in 2020 were referred to as water gain. The change matrix was finished by stable water (water in both years) and stable non-water (non-water in both years) classes. All products were exported to Google Drive using the GEE export function at 10 m resolution, with a maximum pixel limit of 1×10^{13} to account for the whole spatial range of the ROI.

Figures 2 and 3 show the yearly MNDWI composite maps created for 2020 and 2025, respectively. The open water surface of Aydar Lake is distinguished from the surrounding desert landscape in both years by the geographical distribution of MNDWI values. The deepest and most hydrologically stable areas of the lake are found in the center and western regions, where high positive MNDWI values (shown in blue) are concentrated. While transitional white-toned pixels at shoreline edges depict spectrally mixed conditions associated with shallow water, emergent plant, wet sediment, or sub-pixel land-water borders, brown portions represent non-water desert surfaces (MNDWI < 0).

Results The water extent looks to be well-developed throughout the major lake body in the 2020 composite (Figure 2), with a cohesive open-water zone stretching from the western to the central-eastern sections. The water distribution in the lake's southeast arm is more dispersed, indicating shallower water depths and more complicated shorelines. A dendritic coastline morphology and varying water penetration into lateral embayments are consistent with the lake's eastern endpoint, which displays a mosaic of water and transitional pixels.

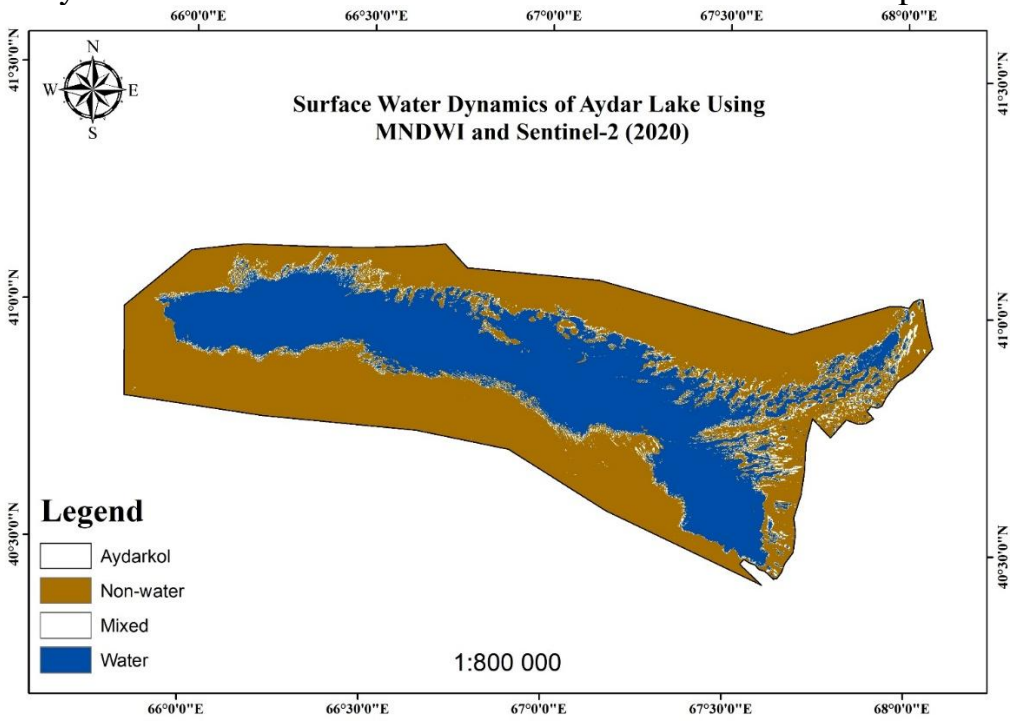


Figure 2. Surface water distribution map of Aydar Lake derived from MNDWI analysis of Sentinel-2 SR Harmonized imagery (2020). Blue: water (MNDWI > 0.2); brown: non-water; white: mixed/transitional pixels. Scale 1:800,000

The core open-water mass is preserved across the middle lake body in the 2025 MNDWI composite (Figure 3), which shows a generally comparable spatial water extent to 2020. On the other hand, the marginal zones show significant disparities. In comparison to 2020, the lake's southern shoreline shows a noticeable landward retreat of the water border, especially in the south-central and southeastern regions. On the other hand, the lake's northeastern regions have a very steady water edge. The main body of water's general continuity remains maintained, indicating that the lake has not experienced catastrophic water loss over this time, but rather that little, progressive alterations are still occurring.

Particularly at the southern and southeastern edges, the distribution and spatial extent of transitional (mixed) pixels along the 2025 coastline are clearly larger than in 2020. A shallowing water column along these boundaries, increasing sedimentation or emergent plant encroachment, or the gradual exposing of previously buried substrate linked to decreasing water levels are all possible explanations for this extension of the mixed zone.

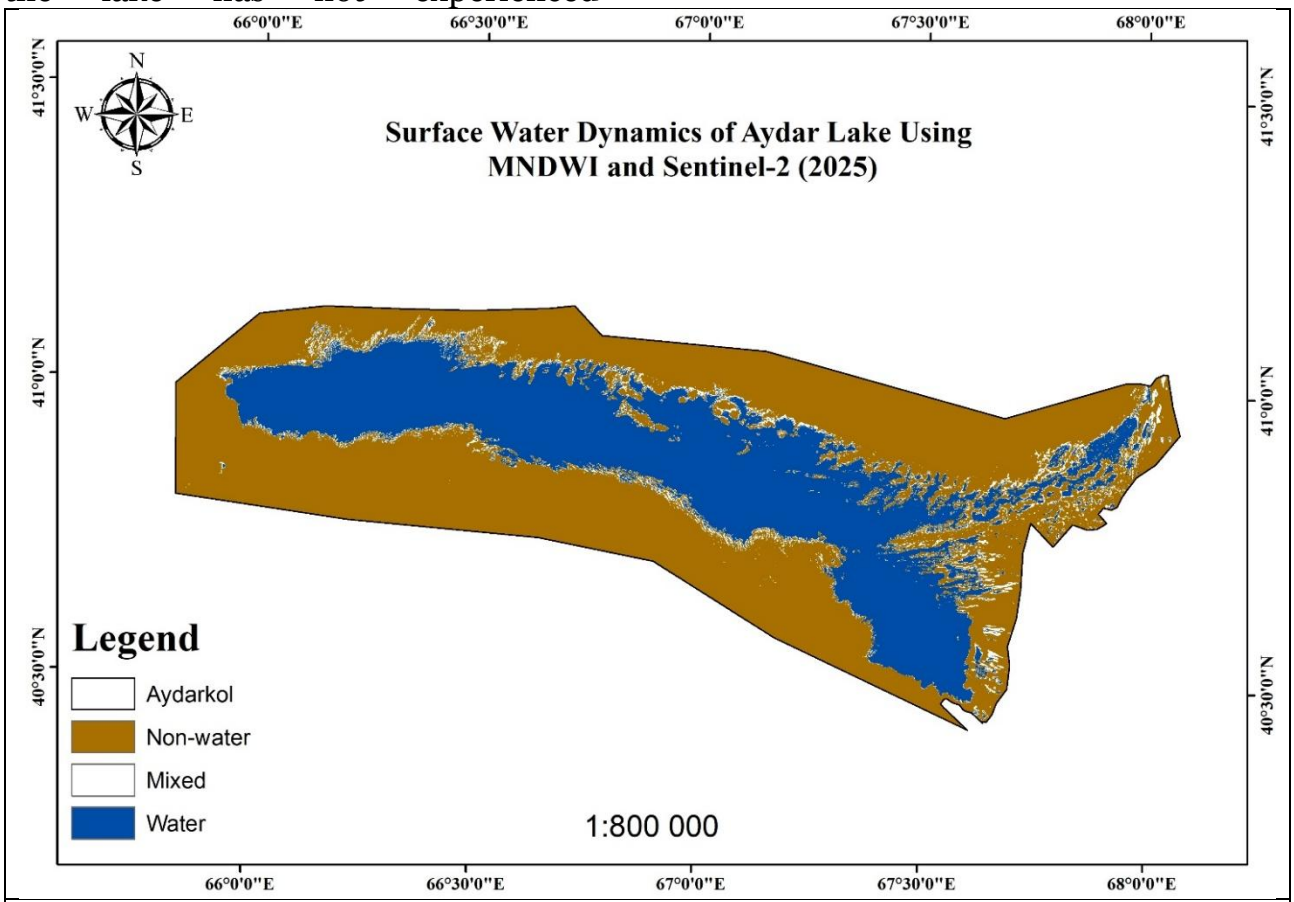


Figure 3. Surface water distribution map of Aydar Lake derived from MNDWI analysis of Sentinel-2 SR Harmonized imagery (2025). Blue: water (MNDWI > 0.2); brown: non-water; white: mixed/transitional pixels. Scale 1:800,000.

The areal statistics of each change class obtained from the 10 m resolution water masks are shown in Table 1, which summarizes the binary change detection findings. According to the visual interpretation of the MNDWI maps, areas of water loss (water in 2020, non-water in 2025) are

geographically concentrated near the lake's southern and southeastern edges. Although there are water gain pixels, their geographic extent is more constrained, and they are mostly found in isolated western embayments and along the northeastern shoreline. These pixels may represent inter-annual variability in input paths or localized hydrological redistribution.

Table 1. Surface water area change of Aydar Lake (2020–2025)

Year	Water Pixels	Area (ha)	Area (km²)
2020	59,027,795	590,278	5,903
2025	61,049,583	610,496	6,105
Change	–	**+20,218**	**+202**

The analysis shows a moderate increase in the surface water extent of Aydar Lake between 2020 and 2025. The total water area increased from 590,278 ha (5,903 km²) in 2020 to 610,496 ha (6,105 km²) in 2025, representing a net increase of 20,218 ha (202 km²).

Discussion. The study's findings show that Aydar Lake's surface water extent changed noticeably between 2020 and 2025, with net water loss mostly focused in the lake's southern and southeast marginal zones. These results are in line with more general hydrological patterns found for inland water bodies in arid Central Asia, where lake water balances are under pressure from decreasing river discharge, rising evaporative demand due to warming temperatures, and increased agricultural water withdrawal[13], [14]. As the main source of Aydar Lake's inflow, the Syrdarya River is complicatedly regulated by upstream reservoirs, inter-seasonal variations in snowmelt, and glacial contributions from the Tian Shan and Pamir mountain systems. These factors significantly alter the lake's hydrological budget between years. Although it is known that ideal thresholds may vary with air conditions, sun angle, and turbidity, the implementation of a consistent MNDWI threshold of 0.2 across both time datasets assures methodological consistency for comparison reasons. The use of annual median compositing mitigates the influence of short-term variability, providing a spatially robust and temporally representative characterization of the lake's water surface state for each target year. Sentinel-2's 10 m spatial resolution provides enough detail to capture marginal water features and shoreline heterogeneity that would not be detectable at the coarser resolutions of platforms like Landsat (30 m) or MODIS (250–500 m), which have been more frequently used in earlier regional water monitoring studies. It is important to pay attention to the growth of transitional (mixed) pixels seen along the 2025 coastline. A recurring problem in spectral water index mapping is mixed pixels at the land-water interface, which can be both analytical artifacts of sub-pixel heterogeneity and real ecological transitions, such as the gradual exposure of mudflats or the emergence of halophytic vegetation communities. Future research using machine learning classifiers or object-based image analysis (OBIA) may improve the definition of these confusing zones. Furthermore, the use of multi-temporal Sentinel-1 SAR images, which can penetrate emergent vegetation and is insensitive to cloud cover, may offer further data on shoreline dynamics.

This study shows the GEE platform's significant operational

potential for hydrological monitoring in Central Asian regions with little data. This method is especially suitable for regional and national water resource monitoring organizations in Uzbekistan and surrounding states since it can handle multiyear Sentinel-2 archives with little local computational capability. More reliable trend quantification and attribution of observed changes to particular climatic or human sources would be possible if the analysis were extended to a continuous yearly or seasonal time series from 2015 to the present

Conclusion. This study presents a reproducible, GEE-based methodological framework for high-resolution surface water mapping and change detection applied to Aydar Lake, Uzbekistan, using MNDWI derived from Sentinel-2 SR Harmonized imagery. Annual median composites for 2020 and 2025, filtered for cloud contamination and clipped to the lake ROI, were classified with a MNDWI > 0.2 threshold to delineate water surfaces at 10 m resolution. Key conclusions are as follows:

(1) Aydar Lake maintained its primary open-water body between 2020 and 2025, with the central and western zones remaining hydrologically stable across the study period.

(2) Measurable water loss occurred predominantly along the southern and southeastern margins of the lake, evidenced by the expansion of non-water and transitional mixed pixels in these zones in 2025 relative to 2020.

(3) Localized water gain was detected in the northeastern sector and isolated western embayments, suggesting spatially heterogeneous hydrological redistribution within the lake system.

(4) The MNDWI index computed from Sentinel-2 Band 3 and Band 11, processed on GEE, proved effective for characterizing water surface dynamics in this arid lake environment, consistent with its established performance in the literature.

(5) The scalable, cloud-based processing approach demonstrated here offers a cost-effective solution for operational water body monitoring across the broader Aral Sea basin, supporting evidence-based water resource management in one of the world's most hydrologically stressed regions.

Future work should extend the temporal analysis to the full Sentinel-2 archive (2015–present), incorporate quantitative area calculations (km²) for each change class, and integrate complementary datasets including Syrdarya River discharge records, ERA5 climate reanalysis, and Sentinel-1 SAR imagery to enable comprehensive attribution of observed surface water changes.

References

[1] C. Vörösmarty, K. Sharma, B. Fekete, and A. Copeland, “The storage and aging of continental runoff in large reservoir systems of the world.,” 1997, doi: 10.5555/19971910543.

[2] N. Roberts, M. Taieb, P. Barker, B. Damnati, M. Icole, and D. Williamson, “Timing of the Younger Dryas event in East Africa from lake-level changes,” *Nature 1993 366:6451*, vol. 366, no. 6451, pp. 146–148, 1993, doi: 10.1038/366146a0.

[3] F. Papa, C. Prigent, and W. B. Rossow, “Monitoring Flood and Discharge Variations in the Large Siberian Rivers From a Multi-Satellite Technique,” *Surveys in Geophysics 2008 29:4*, vol. 29, no. 4, pp. 297–317, Jul. 2008, doi: 10.1007/S10712-008-9036-0.

[4] J. H. Ryu, J. S. Won, and K. D. Min, “Waterline extraction from Landsat TM data in a tidal flat: A case study in Gomso Bay, Korea,” *Remote Sens. Environ.*, vol. 83, no. 3, pp. 442–456, Dec. 2002, doi: 10.1016/S0034-4257(02)00059-7.

[5] S. K. McFeeters, “The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features,” *Int. J. Remote Sens.*, vol. 17, no. 7, pp. 1425–1432, 1996, doi: 10.1080/01431169608948714.

[6] X. Yang, S. Zhao, X. Qin, N. Zhao, and L. Liang, “Mapping of Urban Surface Water Bodies from Sentinel-2 MSI Imagery at 10 m Resolution via NDWI-Based Image Sharpening,” *Remote Sensing 2017, Vol. 9, Page 596*, vol. 9, no. 6, p. 596, Jun. 2017, doi: 10.3390/RS9060596.

[7] H. Xu, “Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery,” *Int. J. Remote Sens.*, vol. 27, no. 14, pp. 3025–3033, Jul. 2006, doi: 10.1080/01431160600589179.

[8] N. Gorelick, M. Hancher, M. Dixon, S. Ilyushchenko, D. Thau, and R. Moore, “Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone,” *Remote Sens. Environ.*, vol. 202, pp. 18–27, Dec. 2017, doi: 10.1016/J.RSE.2017.06.031.

[9] J. F. Pekel, A. Cottam, N. Gorelick, and A. S. Belward, “High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes,” *Nature 2016 540:7633*, vol. 540, no. 7633, pp. 418–422, Dec. 2016, doi: 10.1038/nature20584.

[10] H. Xu, “Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery,” *Int. J. Remote Sens.*, vol. 27, no. 14, pp. 3025–3033, Jul. 2006, doi: 10.1080/01431160600589179.

[11] G. L. Feyisa, H. Meilby, R. Fensholt, and S. R. Proud, “Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery,” *Remote Sens. Environ.*, vol. 140, pp. 23–35, Jan. 2014, doi: 10.1016/J.RSE.2013.08.029.

[12] L. Ji, L. Zhang, and B. Wylie, “Analysis of dynamic thresholds for the normalized difference water index,” *Photogramm. Eng. Remote Sensing*, vol. 75, no. 11, pp. 1307–1317, 2009, doi: 10.14358/PERS.75.11.1307.

[13] K. Unger-Shayesteh *et al.*, “What do we know about past changes in the water cycle of Central Asian headwaters? A review,” *Glob. Planet. Change*, vol. 110, pp. 4–25, Nov. 2013, doi: 10.1016/J.GLOPLACHA.2013.02.004.

[14] W. W. Immerzeel *et al.*, “Importance and vulnerability of the world’s water towers,” *Nature*, vol. 577, no. 7790, pp. 364–369, Jan. 2020, doi: 10.1038/S41586-019-1822-Y.

UDK: 631.153. 004

QISHLOQ XO‘JALIGIDA YER RESURSLARINI BOSHQARISHDA SUN’IY INTELLEKT VA MA’LUMOTLAR TAHLILINING O‘RNI

Urinov Jamol Chorshanbiyevich *- Qarshi davlat texnika universiteti magistrant, T.f.f.d. (PhD)*

O‘rinov Anvar Zokir o‘g‘li *- Qarshi davlat texnika universiteti magistrant*

Annotatsiya: *Mazkur maqolada qishloq xo‘jaligida yer resurslarini barqaror boshqarishda sun’iy intellekt va ma’lumotlar tahlilining ahamiyati o‘rganilgan. Yer resurslaridan samarali foydalanish, hosildorlikni oshirish hamda ekologik muvozanatni ta’minlashda*

zamonaviy axborot texnologiyalarining o‘rni tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar: *sun’iy intellekt, yer resurslari, qishloq xo‘jaligi, ma’lumotlar tahlili, GIS, raqamli texnologiyalar, barqaror rivojlanish.*

Аннотация. *В данной статье рассматривается значение искусственного интеллекта и анализа данных в устойчивом управлении земельными ресурсами в сельском хозяйстве. Анализируется роль современных информационных технологий в эффективном использовании земельных ресурсов, повышении производительности и обеспечении экологического баланса.*

Ключевые слова: *Искусственный интеллект, земельные ресурсы, сельское хозяйство, анализ данных, ГИС, цифровые технологии, устойчивое развитие.*

Abstract. *This article examines the importance of artificial intelligence and data analytics in sustainable land resource management in agriculture. The role of modern information technologies in the effective use of land resources, increasing productivity, and ensuring ecological balance is analyzed.*

Keywords: *Artificial intelligence, land resources, agriculture, data analytics, GIS, digital technologies, sustainable development.*

Kirish. Hozirgi kunda yer resurslaridan samarali foydalanish qishloq xo‘jaligining eng dolzarb masalalaridan biri hisoblanadi. Global miqyosda aholi sonining ortib borishi, oziq-ovqat mahsulotlariga bo‘lgan talabning keskin oshishi va iqlim o‘zgarishi jarayonlari yer resurslariga bo‘lgan talabni yanada kuchaytirmoqda. Ayniqsa, tuproq degradatsiyasi, sho‘rlanish, eroziya va suv resurslarining kamayishi kabi muammolar qishloq xo‘jaligida ishlab chiqarish samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda.

Shu sababli yer resurslarini boshqarishda an’anaviy yondashuvlardan zamonaviy, ilmiy asoslangan va raqamli texnologiyalarga asoslangan boshqaruv tizimlariga o‘tish zarurati yuzaga kelmoqda. Axborot tizimlari, ayniqsa sun’iy intellekt, katta hajmdagi ma’lumotlar tahlili (Big Data), geoinformatsion tizimlar (GIS) va masofaviy zondlash texnologiyalari ushbu jarayonda muhim rol o‘ynamoqda[5, *S.19]*.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. Qishloq xo‘jaligida axborot texnologiyalaridan foydalanish masalasi ko‘plab xorijiy va mahalliy olimlar tomonidan keng o‘rganilgan.

Shuningdek, Michael Jordan tomonidan ishlab chiqilgan mashinaviy o‘rganish algoritmlari qishloq xo‘jaligida prognozlash tizimlarini yaratishda keng qo‘llanilmoqda. U sun’iy intellekt yordamida katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash orqali aniq qarorlar qabul qilish mumkinligini ilmiy asoslab bergan.

David Lobell tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari asosida hosildorlikni baholash va iqlim o‘zgarishining qishloq xo‘jaligiga ta’siri tahlil qilingan. Uning ishlari yer monitoringi tizimlarini rivojlantirishda muhim ahamiyatga ega.

Respublikamizda joriy etilgan yer monitoringi tizimi va uni yuritish orqali yer resurslarini boshqarish va uning tarkibidagi yer fondi toifalarining mavjud holati to‘g‘risida, uning sifatini baholash, o‘z vaqtida sifat va miqdor o‘zgarishlarini aniqlash, yerdan foydalanishda ro‘y

berishi mumkin bo‘lgan salbiy oqibatlarni bartaraf etish maqsadida chora-tadbirlar majmuasi ishlab chiqiladi.

Yer monitoringi bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar olib borgan prof. R.A.Turaev ta’kidlaganidek, yer monitoringi– tabiiy muhit monitoringining asosiy qismlaridan biridir. U yerlarning holati va ulardan foydalanish, yer zahiralarini qidirish va yerlarni muhofaza qilish yo‘nalishlari tahlilini amalga oshirish uchun asos hisoblanadi [1, *S.59*].

M.Xamidov, Sh.Botirov, A.Hamidovlar bergan ma’lumotlariga asosan Jahon qishloq xo‘jaligi yiliga 2,8 ming km^3 chuchuk suv ishlatadi. Bu jahon bo‘yicha chuchuk suv iste’molining 70 % yoki jahon sanoati ishlatadigan suvdan 7 marta ko‘pdir. Bu suvning deyarli hammasi ekinlarni sug‘orishga ishlatiladi. Jahonda oziq-ovqat mahsulotlarining 40 % va boshoqli donning 60% sug‘oriladigan yerlardan olinadi. Sug‘oriladigan yerlarning samaradorligining yuqoriligi, butun jahonda ularning maydonlarini oshirish stimulini beradi. So‘nggi 20 yilda ekinlarning hosildorligi 40 % oshgan bo‘lsada, bir gektar maydonga sarflanadigan suv miqdori so‘nggi 100 yilda deyarli katta o‘zgarmay kelmoqda. Irrigatsiya va drenaj bo‘yicha xalqaro komissiyaning ma’lumotlari bo‘yicha jahonda sug‘oriladigan yerlar 299,488 mln. ga tashkil etadi [2, *S.59]*.

Umuman olganda, mavjud adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, xorijiy tajribada sun’iy intellekt va Big Data texnologiyalari keng qo‘llanilayotgan bo‘lsa-da, mahalliy amaliyotda bu yo‘nalish hali rivojlanish bosqichida.

Tadqiqot metodologiyasi. Mazkur tadqiqot ishida qishloq xo‘jaligida yer resurslarini barqaror boshqarish jarayonlarini chuqur o‘rganish hamda zamonaviy axborot texnologiyalarining ushbu jarayondagi o‘rnini aniqlash maqsadida kompleks ilmiy yondashuvdan foydalanildi. Tadqiqot metodologiyasi nazariy va amaliy usullar uyg‘unligiga asoslangan bo‘lib, u bir nechta o‘zaro bog‘liq bosqichlarni o‘z ichiga oladi [4, *S.65]*.

Tadqiqot davomida statistik tahlil usullaridan ham keng foydalanildi. Bu usul yordamida mavjud agroiqtisodiy va ekologik ma’lumotlar qayta ishlanib, umumlashtirildi. Xususan, yer unumdorligi, hosildorlik ko‘rsatkichlari, suv resurslaridan foydalanish darajasi va iqlim o‘zgarishlari bilan bog‘liq statistik ma’lumotlar tahlil qilindi. Statistik tahlil natijalari asosida ma’lum qonuniyatlar va tendensiyalar aniqlanib, ular asosida ilmiy xulosalar chiqarildi.

Bundan tashqari, taqqoslash usuli yordamida an’anaviy yer boshqaruvi tizimlari bilan zamonaviy raqamli texnologiyalarga asoslangan yondashuvlar o‘rtasidagi farqlar o‘rganildi. Ushbu tahlil natijasida sun’iy intellekt, GIS va Big Data texnologiyalarining ustunliklari asoslab berildi. Ayniqsa, resurslardan foydalanish samaradorligi, vaqt tejalishi va aniqlik darajasining oshishi kabi omillar alohida e’tiborga olindi.

Tadqiqotda kuzatuv va monitoring usullaridan ham foydalanildi. Real sharoitlarda yer resurslarining holatini baholash uchun masofaviy zondlash ma’lumotlari, sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va sensor qurilmalardan olingan ma’lumotlar tahlil qilindi. Bu usul yer degradatsiyasi, sho‘rlanish va eroziya jarayonlarini aniqlashda muhim ahamiyat kasb etdi. Monitoring natijalari asosida yer resurslarining joriy holati baholanib, ularni yaxshilash bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqildi.

Tahlil va natijalar. Avvalo, sun'iy intellekt texnologiyalarining yer resurslarini boshqarishdagi o'rni tahlil qilindi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, SI asosidagi algoritmlar katta hajmdagi agrotexnik va iqlimiy ma'lumotlarni tezkor qayta ishlash orqali aniq prognozlar ishlab chiqish imkonini beradi. Masalan, tuproq tarkibi, namlik darajasi, havo harorati va yog'ingarchilik ko'rsatkichlari asosida qaysi hududda qaysi ekin turini yetishtirish maqsadga muvofiqligini aniqlash mumkin. Bunday yondashuv fermer xo'jaliklari uchun katta iqtisodiy samaradorlik keltiradi, chunki noto'g'ri ekin tanlash natijasida yuzaga keladigan yo'qotishlar sezilarli darajada kamayadi.

Shuningdek, SI texnologiyalari yordamida hosildorlikni prognozlash tizimlari ishlab chiqildi. Ushbu tizimlar tarixiy ma'lumotlar va real vaqt rejimidagi kuzatuvlar asosida kelajakdagi hosil miqdorini aniqlash imkonini beradi. Natijada fermerlar oldindan rejalashtirish imkoniyatiga ega bo'ladi, bu esa resurslardan yanada samarali foydalanishga olib keladi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, sun'iy intellekt asosida prognozlash tizimlarini joriy etish hosildorlikni o'rtacha 20–30 foizga oshirish imkonini beradi[6, *S.33]*.

Keyingi muhim yo'nalish sifatida katta hajmdagi ma'lumotlar tahlili (Big Data) texnologiyalari o'rganildi. Qishloq xo'jaligida turli manbalardan – sun'iy yo'ldoshlar, meteorologik stansiyalar, sensor qurilmalar va agrotexnik kuzatuvlardan katta hajmdagi ma'lumotlar yig'iladi. Ushbu ma'lumotlarni an'anaviy usullar bilan tahlil qilish qiyin bo'lsa-da, Big Data texnologiyalari yordamida ularni tez va samarali qayta ishlash mumkin. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, katta ma'lumotlar tahlili orqali yer resurslarining holatini aniq baholash, muammoli hududlarni aniqlash va optimal boshqaruv qarorlarini qabul qilish imkoniyati yaratiladi.

Geoinformatsion tizimlar (GIS) yer resurslarini boshqarishda muhim vositalardan biri sifatida alohida o'rganildi. GIS texnologiyalari yordamida yer xaritalari tuziladi, tuproq turlari, namlik darajasi va boshqa muhim ko'rsatkichlar vizual tarzda aks ettiriladi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, GIS texnologiyalaridan foydalanish yer resurslarini boshqarish jarayonida aniqlik darajasini sezilarli darajada oshiradi. Masalan, sho'rlanishga uchragan hududlarni aniqlash va ularni rekultivatsiya qilish bo'yicha aniq choralar ishlab chiqish mumkin[7, *S.69]*.

Masofaviy zondlash texnologiyalari ham yer resurslarini monitoring qilishda muhim rol o'ynaydi. Sun'iy yo'ldosh tasvirlari yordamida katta hududlarni qisqa vaqt ichida tahlil qilish imkoniyati mavjud. Tadqiqot davomida olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, masofaviy zondlash texnologiyalari yordamida tuproq degradatsiyasi, eroziya va vegetatsiya holatini aniqlash mumkin. Bu esa ekologik muammolarni erta bosqichda aniqlash va ularni bartaraf etish imkonini beradi.

Sug'orish tizimlarini avtomatlashtirish ham tadqiqotning muhim yo'nalishlaridan biri bo'ldi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, sensorlar va sun'iy intellekt asosida ishlovchi sug'orish tizimlari suv resurslaridan foydalanishni optimallashtiradi. An'anaviy sug'orish usullarida suvning katta qismi isrof bo'lsa, avtomatlashtirilgan tizimlarda suv faqat zarur bo'lgan miqdorda beriladi. Natijada suv sarfi 30 - 40 foizga kamayadi, bu esa ayniqsa suv tanqisligi mavjud hududlar uchun muhim ahamiyatga ega.

Tadqiqotda iqtisodiy samaradorlik ham tahlil qilindi. Zamonaviy texnologiyalarni joriy etish dastlab katta investitsiyalarni talab qilsada, uzoq muddatda ular yuqori iqtisodiy foyda keltiradi. Masalan, hosildorlikning oshishi, resurslarning tejalishi va ishlab chiqarish xarajatlarining kamayishi umumiy iqtisodiy samaradorlikni oshiradi. Hisob-kitoblarga koʻra, raqamli texnologiyalarni joriy etish orqali fermer xoʻjaliklarining daromadi oʻrtacha 15 - 25 foizga oshadi.

Ekologik jihatdan ham muhim natijalar kuzatildi. Zamonaviy texnologiyalar yordamida kimyoviy oʻgʻitlar va pestitsidlarni aniq meʼyorda qoʻllash mumkin boʻlib, bu atrof-muhitga salbiy taʼsirni kamaytiradi. Bundan tashqari, tuproq degradatsiyasining oldini olish orqali yer resurslarining uzoq muddatli barqarorligi taʼminlanadi.

Hududiy tahlillar shuni koʻrsatdiki, texnologiyalarni joriy etish samaradorligi hududning tabiiy-iqlim sharoitlariga bogʻliq. Masalan, sugʻoriladigan hududlarda avtomatlashtirilgan sugʻorish tizimlari yuqori samaradorlik koʻrsatgan boʻlsa, qurgʻoqchil hududlarda esa suvni tejash texnologiyalari muhim rol oʻynagan.

Shuningdek, ijtimoiy omillar ham muhim ahamiyatga ega ekanligi aniqlandi. Fermerlarning bilim va koʻnikmalari, texnologiyalardan foydalanish darajasi natijalarga bevosita taʼsir koʻrsatadi. Shu sababli raqamli savodxonlikni oshirish muhim vazifa hisoblanadi.

Umuman olganda, olib borilgan tahlillar shuni koʻrsatadiki, sunʼiy intellekt, Big Data, GIS va masofaviy zondlash texnologiyalarini kompleks tarzda qoʻllash yer resurslarini boshqarishda yuqori samaradorlikni taʼminlaydi. Ushbu texnologiyalar yordamida nafaqat hosildorlik oshadi, balki resurslardan oqilona foydalanish va ekologik barqarorlikni taʼminlash imkoniyati yaratiladi.

Yakuniy natijalar shuni koʻrsatadiki, zamonaviy axborot texnologiyalarini qishloq xoʻjaligiga keng joriy etish orqali hosildorlikni 25 - 30 foizga oshirish, suv resurslarini 30 - 40 foizgacha tejash va ishlab chiqarish xarajatlarini sezilarli darajada kamaytirish mumkin. Bu esa agrar sektorni barqaror rivojlantirishda muhim omil hisoblanadi[8, *S.28-35]*.

Xulosa va takliflar. Mazkur tadqiqot natijalariga asoslanib shuni taʼkidlash mumkinki, qishloq xoʻjaligida yer resurslarini boshqarish tizimini takomillashtirish hozirgi davrning eng dolzarb vazifalaridan biri hisoblanadi. Yer resurslari agrar ishlab chiqarishning asosiy omili boʻlib, ularning samarali va oqilona boshqarilishi nafaqat iqtisodiy samaradorlikni oshiradi, balki ekologik barqarorlikni taʼminlashda ham muhim rol oʻynaydi. Shu nuqtai nazardan, zamonaviy axborot texnologiyalari, xususan sunʼiy intellekt, katta hajmdagi maʼlumotlar tahlili, geoinformatsion tizimlar va masofaviy zondlash texnologiyalarini qishloq xoʻjaligiga joriy etish muhim strategik yoʻnalish sifatida namoyon boʻlmoqda.

Shuningdek, katta hajmdagi maʼlumotlar tahlili yer resurslarining holatini chuqur oʻrganish imkonini beradi. Turli manbalardan olingan maʼlumotlarni integratsiya qilish orqali yerning unumdorligi, namlik darajasi, shoʻrlanish va degradatsiya jarayonlari haqida toʻliq tasavvur hosil qilish mumkin. Bu esa muammolarni erta aniqlash va ularni bartaraf etish boʻyicha samarali choralar koʻrish imkonini beradi.

Geoinformatsion tizimlar (GIS) yer resurslarini boshqarishda vizual va analitik imkoniyatlarni kengaytiradi. GIS yordamida yer resurslarini hududiy jihatdan tahlil qilish, muammoli hududlarni aniqlash va ularni boshqarish bo‘yicha aniq strategiyalar ishlab chiqish mumkin. Bu esa yer resurslaridan foydalanish samaradorligini sezilarli darajada oshiradi.

Masofaviy zondlash texnologiyalari esa katta hududlarni qisqa vaqt ichida tahlil qilish imkonini beradi. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari yordamida yer resurslarining holatini real vaqt rejimida kuzatish mumkin. Bu esa ayniqsa katta maydonlarga ega bo‘lgan qishloq xo‘jaligi hududlari uchun muhim ahamiyatga ega.

Kelajakda ushbu yo‘nalishda olib boriladigan ilmiy tadqiqotlar yanada kengaytirilishi, yangi texnologiyalar ishlab chiqilishi va ularni amaliyotga joriy etish bo‘yicha aniq mexanizmlar ishlab chiqilishi zarur. Shu bilan birga, xalqaro tajribani o‘rganish va uni mahalliy sharoitga moslashtirish muhim ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1.Turayev R.A. Yer monitoringi / O‘quv qo‘llanma. - Toshkent, 2022. – 161 b.

2.Muxtorov O‘.B., Inamov A.N., Islomov O‘.P. Geoaxborot tizim va texnologiyalar. - Toshkent 2019. 259-b.

3.Avezbayev S., Volkov S.N Yer tuzishni loyihalash / darslik. - Toshkent, 2006. -451 b.

4.Avezbaev S.A., Sultanov M.Q. Qishloq xo‘jaligi tarmoqlaridagi o‘zgarishlarni aerosuratlardan foydalanib, geografik axborot tizimlari asosida monitoringini yuritish va kartalashtirish. // O‘zbekiston Geografiya jamiyati axboroti. - Toshkent, 2011. 38-jild.181-183-b.

5.Bobojonov A.R., Raxmonov Q.R., G‘ofirov A.J. Yer kadastri - Toshkent, 2014. 204-b.

6.Bobomurodov Sh.M. Tuproqshunoslikda zamonaviy geoaxborot texnologiyalarini (GAT) qo‘llash samaradorligining ilmiy-amaliy asoslari: B.f.d. (Dsc) diss. avtorefarati. - Toshkent, TAITI, 2019. 57-b.

7. Abduraxmonov S.N. Geoaxborot texnologiyalari va kartografik metodlar asosida mintaqaviy demografik jarayonlarni tadqiq qilish. Dissertatsiya ishi. - Toshkent, 2020. 98-117-b.

8. Avezbaev S. Yer tuzishni loyihalashning avtomatlashgan tizimlari. - Toshkent, TIMI, 2008. 135-b.

UDK: 004.8:528.8:631.4

SUN’IY INTELLEKT VA GEOFAZOVIY TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA QISHLOQ XO‘JALIGI YERLARIDAN SAMARALI FOYDALANISHNI OPTIMALLASHTIRISH

Xakimova K.R. *- Farg‘ona davlat texnika universiteti, dotsent*
Ilxomjonov M.I. *- Farg‘ona davlat texnika universiteti, magistrant*
Soliyev A.I *- SDAQU, tayanch doktorant*

Annotatsiya*. Mazkur maqolada sun’iy intellekt va geofazoviy texnologiyalar asosida qishloq xo‘jaligi yerlaridan samarali foydalanishni optimallashtirish masalalari yoritilgan. Tadqiqot davomida geoaxborot tizimlari, masofadan zondlash ma’lumotlari va sun’iy intellekt algoritmlaridan foydalanish orqali yer resurslarining holatini monitoring qilish, tuproq unumdorligini baholash hamda*

hosildorlikni prognozlash imkoniyatlari tahlil qilingan. Shuningdek, resurslardan oqilona foydalanish, agrotexnologik jarayonlarni avtomatlashtirish va raqamli qishloq xo‘jaligini rivojlantirish istiqbollari ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: *sun’iy intellekt, geofazoviy texnologiyalar, geoaxborot tizimi, masofadan zondlash, qishloq xo‘jaligi, yer resurslari, raqamli texnologiyalar, monitoring, optimallashtirish, hosildorlik.*

Аннотация. *В данной статье рассмотрены вопросы оптимизации эффективного использования сельскохозяйственных земель на основе технологий искусственного интеллекта и геопространственных технологий. В ходе исследования проанализированы возможности мониторинга состояния земельных ресурсов, оценки плодородия почв и прогнозирования урожайности с использованием геоинформационных систем, данных дистанционного зондирования Земли и алгоритмов искусственного интеллекта. Также рассмотрены перспективы рационального использования ресурсов, автоматизации агротехнологических процессов и развития цифрового сельского хозяйства.*

Ключевые слова: искусственный интеллект, геопространственные технологии, геоинформационная система, дистанционное зондирование Земли, сельское хозяйство, земельные ресурсы, цифровые технологии, мониторинг, оптимизация, урожайность.

Abstract. *This article examines the issues of optimizing the efficient use of agricultural lands based on artificial intelligence and geospatial technologies. The study analyzes the possibilities of monitoring the condition of land resources, assessing soil fertility, and forecasting crop yields through the application of geographic information systems, remote sensing data, and artificial intelligence algorithms. In addition, the prospects for rational resource utilization, automation of agrotechnological processes, and the development of digital agriculture are considered.*

Keywords: *artificial intelligence, geospatial technologies, geographic information system (GIS), remote sensing, agriculture, land resources, digital technologies, monitoring, optimization, crop yield forecasting.*

Kirish. Bugungi kunda dunyo miqyosida oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash, qishloq xo‘jaligi mahsulotlari ishlab chiqarish hajmini oshirish va yer resurslaridan oqilona foydalanish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortib borishi, qishloq xo‘jaligi yerlarining qisqarishi hamda global iqlim o‘zgarishlari mavjud yer resurslaridan maksimal samaradorlik bilan foydalanishni talab etmoqda. Shu sababli zamonaviy raqamli texnologiyalar, xususan sun’iy intellekt va geofazoviy texnologiyalarni qishloq xo‘jaligiga joriy etish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etmoqda. Hozirgi davrda geoaxborot tizimlari (GAT), masofadan zondlash texnologiyalari, sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari va sun’iy intellekt algoritmlari yordamida yer resurslarining holatini tezkor monitoring qilish, tuproq unumdorligini baholash, ekinlar rivojlanishini kuzatish hamda

hosildorlikni prognozlash imkoniyatlari kengaymoqda. Ushbu texnologiyalar qishloq xo‘jaligida resurs tejamkor yondashuvlarni joriy etish, suv va mineral o‘g‘itlardan samarali foydalanish hamda ekologik xavfsizlikni ta’minlashga xizmat qiladi. Birlashgan Millatlar Tashkilotining oziq-ovqat va qishloq xo‘jaligi tashkiloti (FAO) ma’lumotlariga ko‘ra, 2050-yilga borib dunyo aholisi soni 9 milliarddan oshishi prognoz qilinmoqda. Bu esa oziq-ovqat mahsulotlariga bo‘lgan talabning keskin ortishiga olib keladi. Mazkur vaziyatda qishloq xo‘jaligini raqamlashtirish, aqlli boshqaruv tizimlarini joriy etish hamda yer resurslaridan samarali foydalanishni optimallashtirish global ahamiyat kasb etadi. Rivojlangan davlatlarda sun’iy intellekt asosida ishlovchi “aqlli qishloq xo‘jaligi” tizimlari keng qo‘llanilib, ular orqali hosildorlikni oshirish, suv tanqisligini kamaytirish va ishlab chiqarish xarajatlarini qisqartirishga erishilmoqda. O‘zbekiston Respublikasida ham qishloq xo‘jaligini modernizatsiya qilish, yer resurslarini raqamli boshqarish va geofazoviy texnologiyalarni keng joriy etish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri sifatida belgilangan. Jumladan, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi PF–6079-son Farmonida “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi tasdiqlanib, iqtisodiyotning barcha tarmoqlariga zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini joriy etish, katta ma’lumotlar bazasi va sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanishni kengaytirish vazifalari belgilangan. Mazkur strategiyada qishloq xo‘jaligi va yer resurslarini boshqarish tizimini raqamlashtirish muhim yo‘nalish sifatida qayd etilgan. Shuningdek, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF–60-son Farmoni bilan tasdiqlangan “Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi”da qishloq xo‘jaligida hosildorlikni oshirish, suv va yer resurslaridan samarali foydalanish, geoinformatsion tizimlarni keng joriy etish hamda ekologik barqarorlikni ta’minlash ustuvor vazifalar qatoriga kiritilgan. Ushbu strategiyada qishloq xo‘jaligida innovatsion texnologiyalar, masofadan monitoring qilish tizimlari va sun’iy intellekt elementlaridan foydalanishni rivojlantirish muhim omil sifatida ko‘rsatib o‘tilgan.

Bundan tashqari, Vazirlar Mahkamasining qator qarorlarida davlat kadastrlari tizimini takomillashtirish, geofazoviy ma’lumotlar infratuzilmasini rivojlantirish va yer monitoringini raqamlashtirish bo‘yicha chora-tadbirlar belgilangan. Xususan, yer resurslarini masofadan zondlash asosida monitoring qilish, elektron kadastr tizimlarini yaratish hamda sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlaridan foydalanish orqali qishloq xo‘jaligi yerlarini nazorat qilish bo‘yicha tizimli ishlar amalga oshirilmoqda.

Sun’iy intellekt texnologiyalarining qishloq xo‘jaligida qo‘llanilishi yer maydonlarining holatini avtomatik tahlil qilish, kasallik va zararkunandalarni erta aniqlash, hosildorlik prognozini shakllantirish hamda agrotexnik tadbirlarni optimallashtirish imkonini beradi. Mashinaviy o‘qitish algoritmlari yordamida tuproq tarkibi, namlik darajasi, meteorologik ko‘rsatkichlar va vegetatsiya indekslari asosida ekinlarning rivojlanish holatini aniqlash mumkin bo‘lmoqda. Bu esa inson omilini kamaytirish bilan birga, tezkor va aniq qarorlar qabul qilish imkonini yaratadi. Geofazoviy texnologiyalar, ayniqsa GIS va

masofadan zondlash tizimlari yordamida yer resurslari holatini xaritalash va monitoring qilish samaradorligi ortmoqda. Sun'iy yo'ldosh tasvirlari asosida NDVI, SAVI, EVI kabi vegetatsiya indekslarini aniqlash orqali ekinlarning rivojlanish darajasi, tuproq namligi va degradatsiya holati baholanadi. Natijada suv resurslaridan samarali foydalanish, agrotexnik tadbirlarni o'z vaqtida amalga oshirish hamda hosildorlikni oshirish imkoniyati yuzaga keladi.

Mavzuning dolzarbligi shundaki, O'zbekiston sharoitida sug'oriladigan yerlarning sho'rlanishi, suv tanqisligi, tuproq degradatsiyasi va hosildorlikning pasayishi kabi muammolar mavjud bo'lib, ularni bartaraf etishda sun'iy intellekt va geofazoviy texnologiyalar asosida boshqaruv tizimlarini joriy etish muhim ahamiyat kasb etadi. Mazkur texnologiyalar yordamida yer resurslarini kompleks baholash, ekin maydonlarini monitoring qilish va qishloq xo'jaligida raqamli boshqaruvni rivojlantirish imkoniyati yaratiladi. Shu munosabat bilan "Sun'iy intellekt va geofazoviy texnologiyalar asosida qishloq xo'jaligi yerlaridan samarali foydalanishni optimallashtirish" mavzusidagi ushbu maqola zamonaviy raqamli texnologiyalar yordamida yer resurslarini boshqarish samaradorligini oshirish, agrotexnik jarayonlarni avtomatlashtirish hamda qishloq xo'jaligida innovatsion yondashuvlarni rivojlantirish masalalariga bag'ishlangan bo'lib, ilmiy va amaliy jihatdan muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Material va metodlar. Mazkur tadqiqotda qishloq xo'jaligi yerlaridan samarali foydalanishni optimallashtirish maqsadida geoaxborot tizimlari (GAT), masofadan zondlash texnologiyalari, sun'iy intellekt algoritmlari hamda statistik va matematik tahlil usullaridan kompleks tarzda foydalanildi. Tadqiqot ishlari davomida hududiy monitoring, fazoviy tahlil, raqamli xaritalash va prognozlash usullari qo'llanildi. Tadqiqotning asosiy ma'lumot manbalari sifatida sun'iy yo'ldosh tasvirlari, raqamli topografik xaritalar, meteorologik kuzatuv ma'lumotlari, tuproq tahlili natijalari hamda qishloq xo'jaligi statistik ko'rsatkichlaridan foydalanildi. Masofadan zondlash ma'lumotlari asosida yer resurslarining holati, ekin maydonlari dinamikasi, vegetatsiya jarayonlari va tuproq namligi ko'rsatkichlari tahlil qilindi. Hududiy monitoring jarayonida Sentinel-2, Landsat va MODIS sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari asosida vegetatsiya indekslari hisoblandi. Jumladan, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) va EVI (Enhanced Vegetation Index) indekslari yordamida ekinlarning rivojlanish darajasi, biomassa miqdori va tuproq unumdorligi baholandi. Vegetatsiya indekslarini hisoblashda quyidagi formulalardan foydalanildi:

$$NDVI=NIR-RED/NIR+RED$$

Bu yerda:

NIR - yaqin infraqizil diapazon;

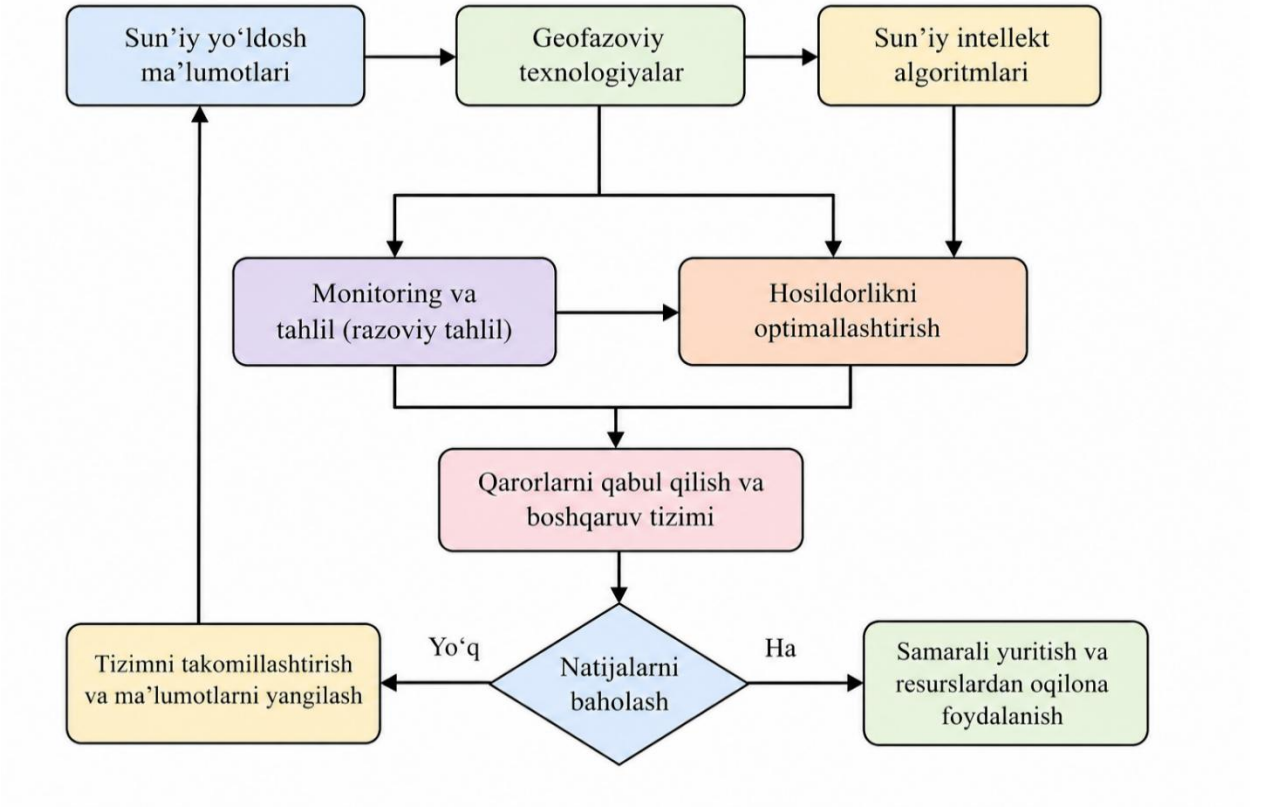
RED - qizil diapazon ko'rsatkichlari.

Sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish orqali quyidagi vazifalar amalga oshirildi:

1. tuproq unumdorligini baholash;
2. namlik darajasini aniqlash;
3. hosildorlik prognozini ishlab chiqish;
4. agrotexnologik jarayonlarni optimallashtirish;
5. suv va mineral o'g'itlardan foydalanish samaradorligini baholash;

6. degradatsiyaga uchragan yer maydonlarini aniqlash.

Tadqiqot davomida mashinaviy o‘qitish (Machine Learning) algoritmlaridan foydalanilib, katta hajmdagi geofazoviy ma’lumotlar qayta ishlandi. Xususan, regressiya tahlili, klasterlash va klassifikatsiya usullari yordamida yer resurslarining agroekologik holati baholandi.

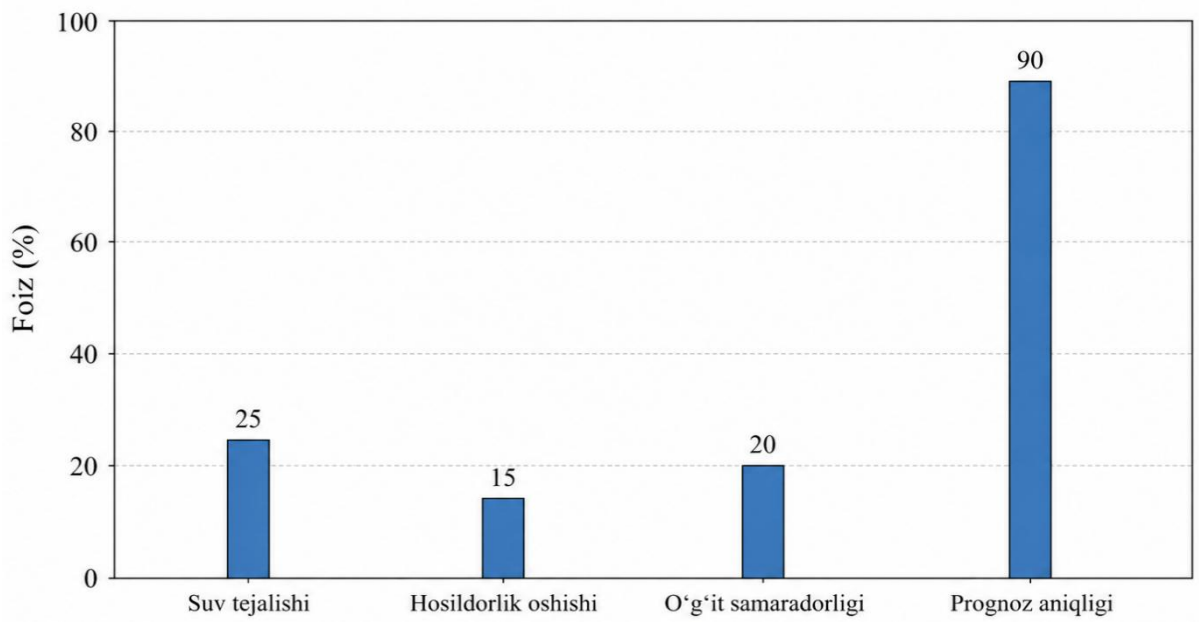


1-rasm Yer resurslarining agroekologik holati baholash sxemasi

Sun’iy intellekt algoritmlari meteorologik omillar, tuproq namligi, vegetatsiya indekslari va hosildorlik ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlashda qo‘llanildi. Geoaxborot tizimlari asosida tadqiqot hududining elektron xaritalari yaratildi hamda yer maydonlarining fazoviy tahlili amalga oshirildi. ArcGIS, QGIS va Google Earth Engine platformalari yordamida yer resurslarining holati xaritalashtirildi, agroekologik zonalar ajratildi va muammoli hududlar aniqlashtirildi. Shuningdek, statistik tahlil usullari yordamida olingan ma’lumotlarning aniqligi va ishonchliligi baholandi. Tadqiqot natijalarini umumlashtirishda grafik, diagramma va jadval usullaridan foydalanildi. Olingan natijalar asosida qishloq xo‘jaligi yerlaridan samarali foydalanishni optimallashtirish bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi.

Natijalar va ularning tahlili. Tadqiqot natijalari sun’iy intellekt va geofazoviy texnologiyalarni qishloq xo‘jaligida qo‘llash yer resurslaridan foydalanish samaradorligini sezilarli darajada oshirishini ko‘rsatdi. Masofadan zondlash texnologiyalari yordamida tuproq degradatsiyasi, sho‘rlanish, namlik darajasi va ekinlarning vegetatsion holatini tezkor hamda yuqori aniqlikda aniqlash imkoniyati yaratildi. Sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari asosida olib borilgan monitoring natijalariga ko‘ra, ayrim hududlarda tuproq sho‘rlanish darajasi yuqori bo‘lgan maydonlarni oldindan aniqlash orqali agrotexnik choralarni o‘z vaqtida amalga oshirish mumkinligi

aniqlandi. Geoaxborot tizimlari asosida yaratilgan elektron xaritalar qishloq xo‘jaligi yerlarini hududiy jihatdan kompleks tahlil qilish, yer fondini raqamlashtirish hamda agrotexnologik tadbirlarni ilmiy asosda rejalashtirish imkonini berdi. Fazoviy tahlillar natijasida sug‘orish tizimlari holati, ekin maydonlari tarkibi, tuproq unumdorligi va namlik taqsimoti bo‘yicha aniq ma’lumotlar olindi. Bu esa resurslarni hududlar kesimida optimal boshqarish imkoniyatini yaratdi. Sun’iy intellekt algoritmlari asosida hosildorlik prognozlari ishlab chiqildi va meteorologik omillar, tuproq namligi hamda vegetatsiya indekslari o‘rtasidagi bog‘liqlik tahlil qilindi. Mashinaviy o‘qitish modellari yordamida hosildorlik prognozi aniqligi 85–90 % gacha oshirilgani kuzatildi. Bu esa mineral o‘g‘itlar va suv resurslarini optimal taqsimlash imkonini yaratib, ortiqcha xarajatlarni kamaytirishga xizmat qildi.



2-rasm. Sun’iy intellekt va GATning samaradorlik ko‘rsatkichlari

Vegetatsiya indekslari asosida olib borilgan tahlillar natijasida ekinlarning rivojlanish holatini real vaqt rejimida kuzatish imkoniyati yaratildi. NDVI ko‘rsatkichlarining yuqori bo‘lishi ekinlarning sog‘lom rivojlanayotganini, past ko‘rsatkichlar esa namlik yetishmasligi yoki tuproq degradatsiyasi mavjudligini ko‘rsatdi.

$$NDVI=NIR-RED/NIR+RED$$

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, raqamli texnologiyalarni qishloq xo‘jaligiga joriy etish quyidagi ijobiy natijalarni beradi. Suv sarfini o‘rtacha 20–25 % gacha kamaytirish, mineral o‘g‘itlardan foydalanish samaradorligini 15–20 % oshirish, hosildorlik prognozlash aniqligini sezilarli yaxshilash, hosildorlikni 10–15 % gacha oshirish, ekologik yuklamani kamaytirish, ishlab chiqarish xarajatlarini qisqartirish, yer resurslari monitoringini avtomatlashtirish imkoniyatini yaratish. Masofadan zondlash va sun’iy intellekt asosidagi monitoring tizimlari yordamida suv tanqisligi kuzatiladigan hududlarda sug‘orish rejimlarini optimallashtirish imkoniyati yaratildi. Natijada suv resurslaridan foydalanish samaradorligi oshib, ortiqcha suv sarfi kamaytirildi. Ayniqsa, tomchilatib sug‘orish tizimlari bilan integratsiyalashgan aqlli monitoring tizimlari suv tejashda yuqori samaradorlik ko‘rsatdi.

Tadqiqot davomida sun’iy intellekt asosidagi avtomatlashtirilgan monitoring tizimlari qishloq xo‘jaligida tezkor boshqaruv qarorlarini қабул qilishda muhim vosita ekanligi aniqlandi. Ushbu tizimlar yordamida zararkunandalar, kasalliklar va agroekologik xavf omillarini erta aniqlash imkoniyati yuzaga kelib, hosil yo‘qotishlarini kamaytirishga erishildi. Shuningdek, geoaxborot tizimlari va sun’iy intellekt texnologiyalarining integratsiyalashuvi yer resurslarini boshqarishda inson omilini kamaytirish, ma’lumotlarni qayta ishlash tezligini oshirish va boshqaruv samaradorligini yaxshilashga xizmat qilishi aniqlandi. Tadqiqot natijalari qishloq xo‘jaligida “aqlli boshqaruv” tizimlarini joriy etish iqtisodiy, ekologik va ijtimoiy jihatdan yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatdi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, sun’iy intellekt va geofazoviy texnologiyalar qishloq xo‘jaligi yer resurslarini boshqarishda yuqori samaradorlikka ega zamonaviy vositalardan biri hisoblanadi. Geoaxborot tizimlari, masofadan zondlash texnologiyalari va sun’iy intellekt algoritmlaridan foydalanish yer resurslarining holatini real vaqt rejimida monitoring qilish, tuproq unumdorligini baholash, sho‘rlanish va degradatsiya jarayonlarini aniqlash hamda agrotexnologik tadbirlarni optimallashtirish imkonini berdi. Tadqiqot davomida sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari va vegetatsiya indekslari asosida ekinlarning rivojlanish holatini tezkor baholash mumkinligi aniqlandi. Mashinaviy o‘qitish algoritmlaridan foydalanish hosildorlik prognozlarini yuqori aniqlikda shakllantirishga xizmat qilib, suv va mineral o‘g‘itlardan foydalanishni optimallashtirish imkonini yaratdi. Natijada resurs sarfi kamayishi, ishlab chiqarish xarajatlari qisqarishi hamda hosildorlik oshishi kuzatildi. Shuningdek, geoaxborot tizimlari asosida yaratilgan elektron xaritalar yer fondini raqamlashtirish, hududlarning agroekologik holatini baholash va muammoli maydonlarni aniqlashda muhim ahamiyat kasb etdi. Bu esa qishloq xo‘jaligida ilmiy asoslangan boshqaruv qarorlarini qabul qilish imkoniyatini kengaytirdi. Tahlillar natijasida raqamli texnologiyalarni qishloq xo‘jaligiga joriy etish orqali suv resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirish, mineral o‘g‘itlar sarfini kamaytirish, hosildorlik prognozining aniqligini yaxshilash, ekologik yuklamani kamaytirish, yer degradatsiyasining oldini olish, ishlab chiqarish xarajatlarini qisqartirish mumkinligi aniqlandi.

Xulosalar. Tadqiqot natijalari sun’iy intellekt va geofazoviy texnologiyalar asosida “aqlli qishloq xo‘jaligi” tizimlarini rivojlantirish O‘zbekiston qishloq xo‘jaligida resurs tejamkor va ekologik barqaror boshqaruvni shakllantirishda muhim omil ekanligini ko‘rsatdi. Ayniqsa, suv tanqisligi va iqlim o‘zgarishlari sharoitida ushbu texnologiyalar oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash va yer resurslaridan oqilona foydalanishda strategik ahamiyatga ega. Shu sababli geoaxborot tizimlari, masofadan zondlash va sun’iy intellekt asosidagi texnologiyalarni yanada rivojlantirish, ularni amaliyotga keng joriy etish hamda qishloq xo‘jaligini to‘liq raqamlashtirish istiqbolli va dolzarb yo‘nalishlardan biri hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Mirziyoyev Sh.M. Qishloq xo‘jaligida raqamli texnologiyalarni rivojlantirish bo‘yicha nutqlari va qarorlari. – Toshkent, 2024.

2. Boltanov Sh., Rasulov A. Geoaxborot tizimlari va masofadan

zondlash asoslari. – Toshkent: Fan, 2022.
3. Burrough P.A., McDonnell R.A. Principles of Geographical Information Systems. – Oxford University Press, 2019.
4. Lillesand T., Kiefer R. Remote Sensing and Image Interpretation. – Wiley, 2020.
5. Goodfellow I., Bengio Y. Deep Learning. – MIT Press, 2018.
6. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining raqamli iqtisodiyot va “aqlli qishloq xo‘jaligi”ni rivojlantirishga oid farmon va qarorlari.

UDK: 528.92:004(575.1)

SUV ANIQLASH ALGORITMI INTEGRATSIYASI ASOSIDA IRRIGATSIYA TARMOQLARI HOLATINI TAHLIL QILISH VA “AQUA MONITORING” WEB-PLATFORMASINI ISHLAB CHIQISH

Mamanazarova D.B. *- TIQXMMI” MTU, tayanch doktorant*
Xakimova K. R. *- Farg‘ona davlat texnika universiteti, dotsent*

Annotatsiya *Ishlab chiqilgan ko‘p mezonli suv aniqlash modeli o‘zining metodologik tuzilishi va amaliy natijalari bilan suv resurslarini masofadan zondlash asosida monitoring qilish sohasida muhim ilmiy ahamiyat kasb etadi. Avvalo, model kichik magistral kanallar, drenaj tarmoqlari va tor daryo segmentlarida suv mavjudligini aniqlash uchun fazoviy optimallashtirilgan yondashuvni taklif etadi. An’anaviy yirik suv havzalari uchun ishlab chiqilgan indekslar ko‘pincha tor va chiziqli suv obyektlarida yetarli aniqlik bermaydi. Mazkur tadqiqotda esa suv liniyalari atrofida bufer asosida cheklangan fazoviy model ishlab chiqilib, aynan irrigatsion infratuzilma segmentlariga yo‘naltirilgan monitoring mexanizmi shakllantirildi.*

Kalit so‘zlar: *Irrigatsiya tarmoqlari, suv resurslari, masofadan zondlash ma’lumotlari, suv aniqlash, monitoring, google earth egine, optimallshtirish*

Kirish. Barchaga ma’lumki, Yer yuzida suv tanqisligi yildan-yilga global tus olib bormoqda. Bu kabi muammolar bugungi kunda butun dunyo davlatlarining diqqat markazidagi dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. O‘rganishlarga asosan, jahon meteorologiya tashkilotlari hisobotiga ko‘ra, 2050-yilga borib Yer yuzidagi 5 milliarddan ortiq inson u yoki bu darajada suv tanqisligiga uchraydi. Mamlakatimizda esa, 2030-yilda suvga bo‘lgan talab 7 milliard kub metrga yetishi mumkinligi to‘g‘risida olimlar tomonidan bashorat qilinmoqda. Butun jahon davlatlari singari suv masalasi O‘zbekiston uchun ham dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Bunga asosiy sabablardan biri mamlakatimizga suv resurslarining 80 foizi boshqa qo‘shni davlatlardan oqib keladi. Malakatimizda bor-yo‘g‘i 20 foizi suv o‘z hududida hosil bo‘ladi.

Olimlar va mutaxassislarning hisob-kitoblariga ko‘ra, 2050-yilgacha suv resurslari Sirdaryo havzasida 5 foizgacha, Amudaryo havzasida 15 foizgacha kamayishi kutilmoqda. Bu esa, aholi sonining o‘sishi hisobiga O‘zbekistonda 2030-yilga borib, suvga bo‘lgan talab 7 milliard kub metrga yetishi, 2050-yilga borib esa bu ko‘rsatkichlar ikki barobarga ortishi

mumkinligi aytiladi.

Respublikamizda 2025-yil suv zaxirasi transchegaraviy suv omborlari bilan hisoblaganda, o‘tgan yilning shu davriga nisbatan 6,5 milliard kubometrga kam. Ichki suv omborlarimizda esa 2,7 milliard kubometr kam suv yig‘ilganligi qayd etildi. Suv xo‘jaligi vaziri bergan ma’lumotlariga ko‘ra so‘nggi 5 yilda suv xo‘jaligi tizimini tubdan isloh qilish, mavjud suv zaxiralaridan tejamkorlik asosida foydalanishga 60 trillion so‘m budjet mablag‘lari hamda 622 million dollar xorijiy investitsiyalar yo‘naltirildi.

“O‘zbekiston Respublikasida suv resurslarini boshqarish va irrigatsiya sektorini rivojlantirishning 2025-2028-yillarga mo‘ljallangan dasturini tasdiqlash to‘g‘risida”gi Prezident qarori (PQ–250-son, 15.08.2025-y.) qabul qilindi [1]. Qarorga ko‘ra, O‘zbekiston Respublikasida suv resurslarini boshqarish va irrigatsiya sektorini rivojlantirishning 2025–2028-yillarga mo‘ljallangan dasturini amalga oshirishning asosiy maqsadli ko‘rsatkichlari etib quyidagilar belgilandi, jumladan:

a) irrigatsiya tarmoqlarining 2551 km qismini rekonstruksiya qilish, ushbu maqsadlar uchun har yili Davlat byudjetidan kamida 1,3 trln so‘m ajratish va xalqaro moliya institutlari mablag‘laridan 300 mln AQSH dollarini o‘zlashtirish;

b) suv ta’minoti darajasi past bo‘lgan sug‘oriladigan maydonlar hajmini 424 ming gektardan 276 ming gektargacha qisqartirish.

Qabul qilingan qarorga muvofiq suv resurslarini oqilona boshqarish, ulardan samarali foydalanish va muhofaza qilish ishlarini muvofiqlashtirish bo‘yicha respublika suv kengashi tarkibi tasdiqlandi. Suv hisobini yuritishda inson omilini kamaytirish maqsadida 12 mingta meliorativ kuzatuv qudug‘ida hamda 1 ming 750 ta nasosda zamonaviy monitoring yo‘lga qo‘yilishi belgilab olindi. Respublika miqqiyosida 12 ta yirik suv xo‘jaligi inshooti raqamli texnologiyalar asosida avtomatlashtirilgan boshqaruvga o‘tkazilishi rejalashtirildi. Bundan tashqari suv xo‘jaligini raqamlashtirish masalasiga alohida to‘xtalib o‘tildi. Sohaga daxldor idoralardagi 11 ta dasturni integratsiya qilib, yagona platforma ishlab chiqish, IT-markaz va Vaziyatlar markazi tashkil etish bo‘yicha topshiriq berildi. Bunda “O‘zbekkosmos” imkoniyatlaridan keng foydalanish ko‘zda tutildi. [10]Yurtimizda har bir sohada olib borilayotgan islohotlar sohani rivojlantirish bilan birgalikda tabiiy resurslardan oqilona va samarali foydalanishni nazarda tutadi.

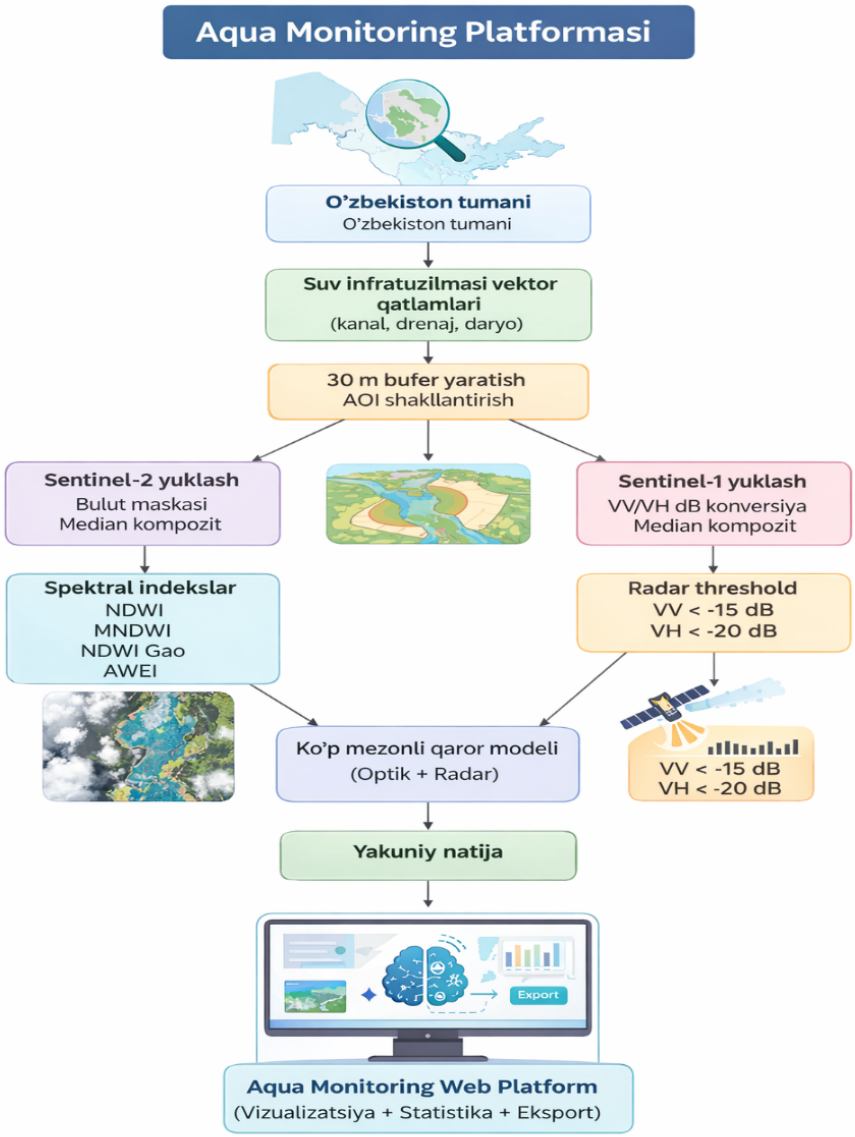
Yuqoridagilarga asosan mamlakatimizda suv resurslaridan oqilona foydalanish masalalariga ustuvor ahamiyat qaratilmoqda. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 10-iyuldagi PF-6024-son “O‘zbekiston Respublikasi suv xo‘jaligini rivojlantirishning 2020-2030-yillarga mo‘ljallangan konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi Farmonida O‘zbekiston Respublikasi suv xo‘jaligini 2030-yilgacha rivojlantirish bo‘yicha ustuvor yo‘nalishlar va kompleks chora-tadbirlari belgilab olingan [2].

Hozirgi vaqtda irrigatsiya tarmoqlarini xaritaga olishda zamonaviy geoaxborot tizim va

[10] (https://kun.uz/news/2025/08/12/suv-resurslarini-boshqarish)

texnologiyalaridan foydalanib, ma'lumotlarni to'plash, saqlash, tahlil qilish, qayta ishlash, baholash hamda geoma'lumotlar bazasini yaratish asosida ma'lumotlarni vizuallashtirish hamda raqamli xaritalarni tuzishning samarali uslublarini ishlab chiqishga yo'naltirilgan maqsadli ilmiy tadqiqot ishlarini olib borish alohida ahamiyat kasb etadi

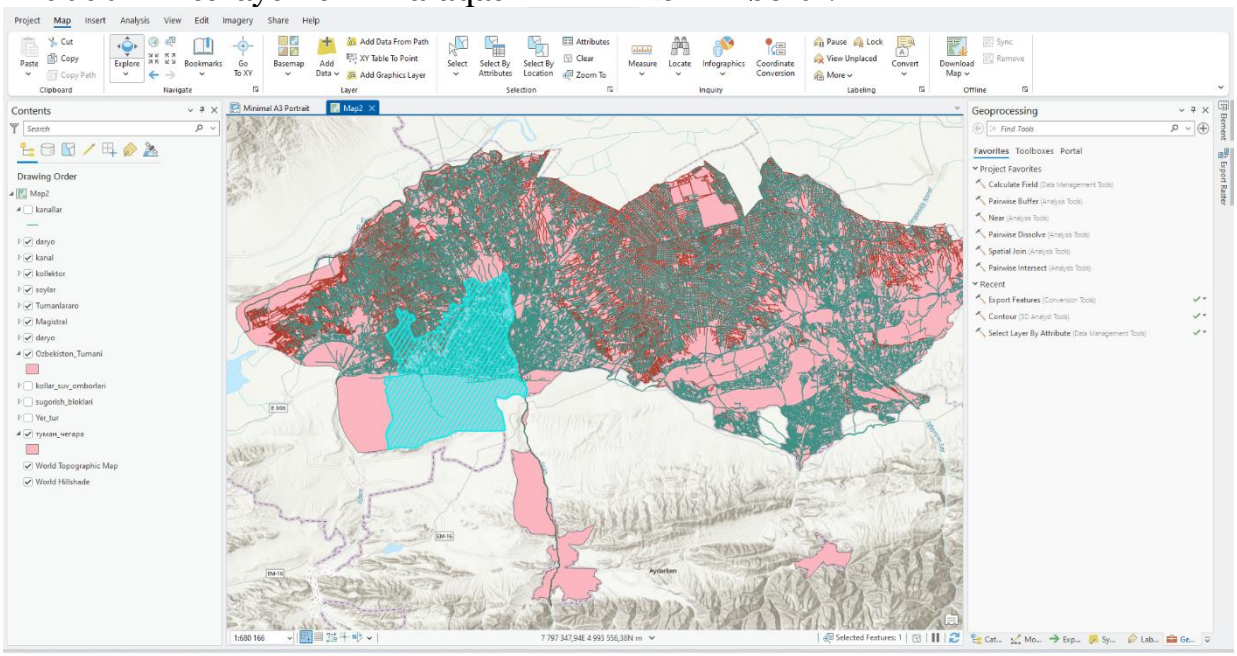
Material va metodlar. Mazkur tadqiqotning dastlabki bosqichida suv resurslarini monitoring qilish uchun fazoviy jihatdan optimal va hisoblash nuqtai nazaridan barqaror tahlil hududini shakllantirish masalasi hal etildi. Dastlabki rejalashtirishda Farg'ona viloyati to'liq hudud sifatida ko'rib chiqilgan bo'lsa-da, Google Earth Engine muhitida katta maydonli, yuqori aniqlikdagi (10 m) ko'p manbali ma'lumotlarni qayta ishlash jarayonida hisoblash yuklamasining sezilarli darajada ortishi va xotira cheklovlari yuzaga kelishi kuzatildi [9]. Shu sababli metodologik jihatdan asoslangan fazoviy optimallashtirish yondashuvi ishlab chiqildi.



1-rasm. Tadqiqotning metodologik sxemasi

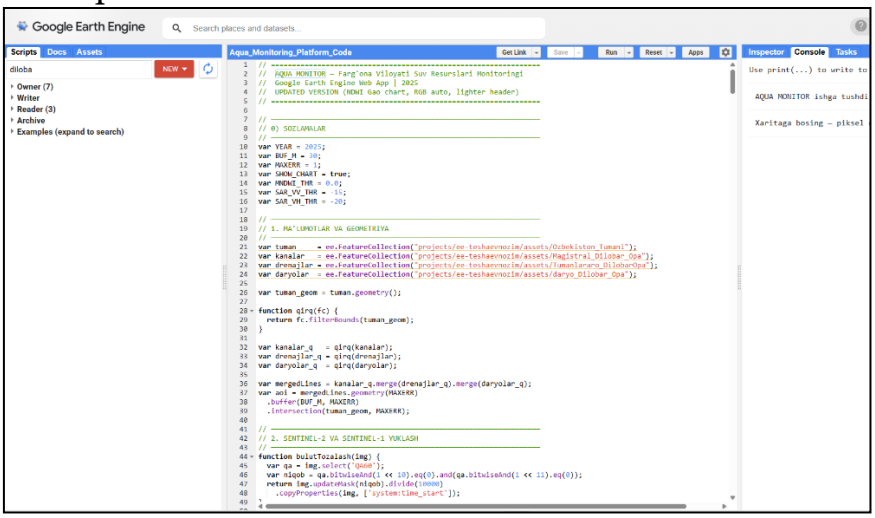
Tadqiqot hududi sifatida Farg'ona viloyati tarkibidagi O'zbekiston tumani tanlab olindi. Ushbu hudud irrigatsion tizimlar, magistral kanallar, tumanlararo kanallar va tabiiy suv oqimlari bilan

yaxshi rivojlangan bo‘lib, suv monitoringi uchun reprezentativ model hudud sifatida xizmat qiladi [12]. Hududni toraytirish nafaqat texnik jihatdan barqaror ishlashni ta’minladi, balki suv obyektlarini yanada yuqori aniqlikda tahlil qilish imkonini berdi.



2-rasm. Farg‘ona viloyati O‘zbekiston tumanida joylashgan Magistral sug‘orish kanallar, tumanlararo kanallarni ajratib olish jarayoni.

Suv monitoringi butun tuman maydonida emas, balki suv obyektlari bilan bevosita bog‘liq fazoviy hududlarda amalga oshirildi. Tadqiqotda mavjud magistral kanallar, drenaj tarmoqlari hamda daryo tizimlari vektor qatlamlari asosida maqsadli tahlil modeli shakllantirildi [15]. Bu yondashuv umumiy fazoviy qamrovdan ko‘ra, funksional suv infratuzilmasi atrofida konsentratsiyalangan monitoringni nazarda tutadi.



3-rasm. Google Eart Engine platformasida tadqiqot hududidagi obyektlarni yuklash jarayoni

Kichik kanallar va drenaj tarmoqlarini aniqlashda ortiqcha hududlarni tahlil qilish natijalarning barqarorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi

mumkin. Shu bois suv liniyalari atrofida 30 metrli bufer zona yaratildi. Ushbu bufer zonaning shakllantirilishi quyidagi ilmiy asosga ega: Sentinel-2 tasvirlarining 10 metr fazoviy aniqligi hisobga olinganda, 30 metrli zona suv liniyasining kamida uch piksel kenglikdagi tasviriy qamrovini ta'minlaydi [3]. Bu esa suv signali bilan bog'liq spektral xususiyatlarni aniq ajratishga imkon beradi.

Matematik jihatdan tahlil hududi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$AOI = (L \oplus B_r) \cap A \quad (2.3.1)$$

bunda:

L— suv liniyalari geometriyasi,

B_r— radiusi $r = 30$m bo'lgan bufer operatori,

A— O'zbekiston tumani ma'muriy chegarasi,

$\oplus$— buferlash amali,

$\cap$— kesishma operatori.

Natijada yakuniy tahlil hududi suv tarmoqlari atrofidagi fazoviy jihatdan cheklangan, ammo funksional jihatdan to'liq qamrovni ta'minlovchi zona sifatida shakllantirildi. Ushbu optimallashtirilgan yondashuv quyidagi ustunliklarni ta'minladi: hisoblash yuklamasining sezilarli kamayishi, Google Earth Engine xotira cheklovlarining oldini olish, shovqin (noise) piksellar ulushining kamayishi hamda kichik suv obyektlarini aniqlash aniqligining ortishi [4]. Shu tariqa, tadqiqot hududi miqyosini maqsadli fazoviy cheklash suv monitoringi modelining muhim metodologik bosqichi bo'lib, keyingi spektral indekslar va radar integratsiyasi asosidagi tahlil jarayonlari uchun mustahkam asos yaratdi.

Natijalar va ularning tahlili. Zamonaviy suv resurslari monitoringi nafaqat masofadan zondlash asosidagi hisoblash algoritmlarini ishlab chiqishni, balki ularni amaliy boshqaruv tizimlariga integratsiyalashni ham talab etadi [13]. Shu maqsadda mazkur tadqiqot doirasida Google Earth Engine (Google Earth Engine) bulutli geoaxborot platformasi asosida "Aqua Monitoring" nomli interaktiv web-ilova ishlab chiqildi.

Platforma quyidagi manzilda joylashtirilgan:

https://aminjonova-fhi-geoseluz.projects.earthengine.app/view/aquamonitoring

Mazkur web-ilova kichik kanal, drenaj va daryo tizimlarida suv mavjudligini real vaqt rejimiga yaqin tarzda kuzatish, vizual tahlil qilish va natijalarni eksport qilish imkonini beruvchi integratsiyalangan geoaxborot tizimi sifatida shakllantirildi.

"Aqua Monitoring" platformasi quyidagi konseptual tamoyillarga asoslangan:

a) Ko'p manbali ma'lumotlarni birlashtirish (Sentinel-1 + Sentinel-2) [5;6]

b) Fazoviy optimallashtirilgan hisoblash modeli

c) Interaktiv vizual monitoring

d) Minimal texnik bilim bilan foydalanish imkoniyati

e) Operativ qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlash

Platforma ilmiy algoritmni amaliy boshqaruv interfeysiga aylantirish vazifasini bajaradi. Ya'ni, ishlab chiqilgan ko'p mezonli suv aniqlash modeli foydalanuvchi uchun qulay vizual vosita ko'rinishida taqdim etildi.

Web-platforma quyidagi asosiy modullardan tashkil topgan:

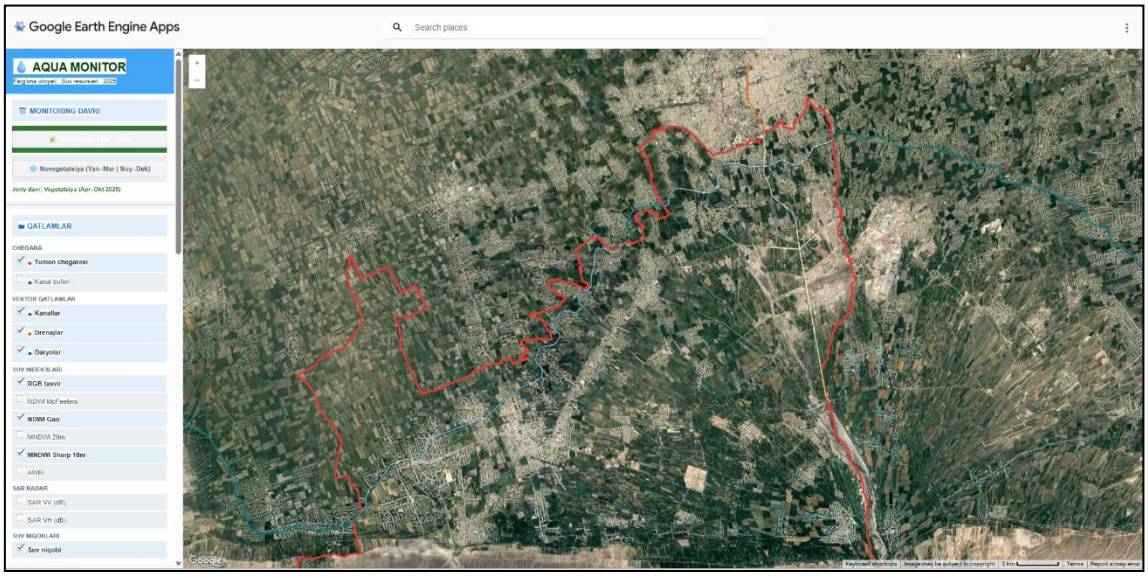
1. Ma'lumotlar qatlamini boshqarish moduli

Bu modul orqali foydalanuvchi quyidagi qatlamlarni yoqish yoki o'chirish imkoniyatiga ega:

1. Tuman ma'muriy chegarasi
2. Magistral kanallar

3. Drenaj tarmoqlari
4. Daryolar
5. RGB tasvir
6. NDWI, MNDWI, NDWI Gao, AWEI
7. SAR VV va VH
8. Yakuniy suv niqobi

Ushbu modul suv aniqlash jarayonini vizual jihatdan tekshirish va indekslar o‘rtasidagi farqlarni tahlil qilish imkonini beradi.



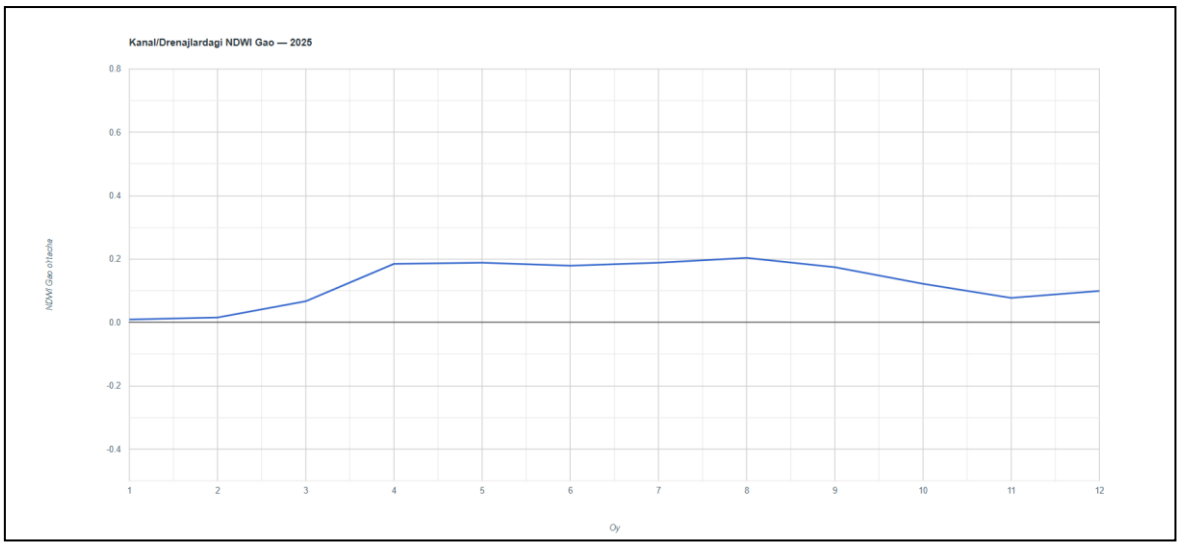
4-rasm. Aqua Monitoring veb platformasining interfeys korinishi

2. Monitoring davrini tanlash moduli

Platformada monitoring ikki asosiy davr bo‘yicha tashkil etilgan:

- Vegetatsiya davri (aprel–oktyabr)
- Novegetatsiya davri (yanvar–mart va noyabr–dekabr)

Bu yondashuv mavsumiy suv dinamikasini tahlil qilish imkonini beradi hamda sug‘orish intensivligi bilan bog‘liq o‘zgarishlarni aniqlashga xizmat qiladi.



5-rasm. Yil davomida yer usti suv resurslarining o’rtacha qiymati o’zgarish dinamikasi. (platforma asosida shakllantirilgan)

3. Spektral va radar indekslar moduli

Platformada spectral va radar indekslar moduli hisoblash jarayonida NDWI [11], NDWI [8], MNDWI,

MNDWI Sharp (10 m) [7], AWEI, SAR VV va VH indekslar real vaqt rejimida hisoblanadi va vizualizatsiya qilinadi. Har bir indeks alohida rang shkalasi bilan taqdim etilib, suv signali intensivligi ko‘rsatiladi (3.2.5-rasm).



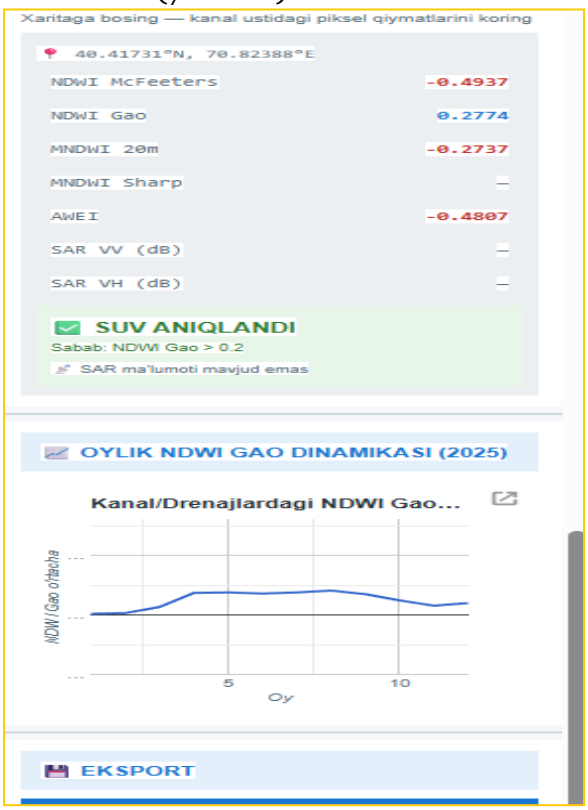
6-rasm. Veb platformada mavjud qatlamlar.

4. Ko‘p mezonli suv niqobi moduli

Bu modul platformaning asosiy yadrosi hisoblanadi. Spektral indekslar va radar mezonlari asosida shakllangan suv niqobi foydalanuvchiga aniq suv zonalarini ko‘rsatadi. Suv aniqlash modulida spektral indekslar musbat qiymatlari, radar backscatter pastligi va fazoviy bufer cheklovi kabi omillar hisobga olinadi. Natijada suv obyektlari yuqori aniqlik bilan ajratiladi.

5. Piksel asosidagi inspeksiya (diagnostik) moduli

Platformaning muhim funksiyalaridan biri xaritada tanlangan nuqta bo‘yicha piksel qiymatlarini ko‘rsatishdir. Foydalanuvchi istalgan kanal segmentini bosganda NDWI, MNDWI, AWEI SAR VV va VH qiymatlari hamda yakuniy suv aniqlash natijasi ma’lumotlari olinadi. Bundan tashqari, tizim avtomatik ravishda “Suv aniqlandi” yoki “Suv yo‘q” degan xulosani chiqaradi va qaysi mezon asosida qaror qabul qilinganini ko‘rsatadi (7-rasm).



7-rasm Yakuniy suv aniqlash natijasi

Bu modul modelning shaffofligini (transparency) va interpretatsion imkoniyatini oshiradi.

6. Statistik tahlil moduli

Platformada AOI doirasida statisrtik tahlillarni amalga oshirishda o‘rtacha indeks qiymatlari, suv maydoni (gektarda) va oylik NDWI dinamikasi ko‘rsatkichlarini hisob-kitoblari bajariladi. Ushbu modul suv resurslarining miqdoriy bahosini olish imkonini beradi.

7. Eksport moduli

Platformada natijalarni GeoTIFF (rastr qatlamlar) va SHP (vektor suv niqobi) formatlarida eksport qilish imkoniyati mavjud. Bu funksional imkoniyat platformani amaliy

boshqaruv organlari uchun qulay vositaga aylantiradi.

“Aqua Monitoring” web-ilovasi Google Earth Engine JavaScript API va UI modullari asosida ishlab chiqilgan. Hisoblash jarayonlari bulutli muhitda bajariladi, foydalanuvchi qurilmasida esa faqat vizual interfeys yuklanadi. Ishlab chiqilgan arxitektura mahalliy kompyuter resurslariga yuklamasining kamligi va hajmi katta ma’lumotlar bilan ishlashda tez ishlash imkoniyati bilan avfzallikka ega hisoblanadi. Bundan tashqari web ilova ma’lumotlari ochiq bo‘lib, undan istalgan foydalanuvchi foydalanishi hamda real vaqtga yaqin monitoring qilish imkoniyati mavjud. “Aqua Monitoring” platformasi ilmiy algoritmni amaliy monitoring vositasiga aylantirgan holda suv resurslarini boshqarish jarayonida qo‘llash imkonini yaratadi. Ushbu platforma irrigatsiya tarmoqlarini operativ nazorat qilish, drenaj tizimlarida suv oqimini kuzatish, suv taqsimotini baholash va qurg‘oqchilik yoki ortiqcha suv holatlarini aniqlash kabi vazifalarni bajarishga xizmat qiladi. Shuningdek, platforma ilmiy-tadqiqot jarayonida ishlab chiqilgan ko‘p mezonli suv aniqlash modelining amaliy samaradorligini namoyish etadi. Shunday qilib, “Aqua Monitoring” web-platformasi ishlab chiqilgan ko‘p mezonli suv aniqlash algoritmini interaktiv va operativ monitoring tizimiga aylantirdi. Platforma fazoviy optimallashtirilgan hisoblash modeli, spektral va radar integratsiyasi, diagnostik modul hamda eksport imkoniyatlari orqali suv resurslarini zamonaviy geoaxborot texnologiyalari asosida boshqarish uchun mustahkam texnologik asos yaratadi [10]. Mazkur tizim nafaqat ilmiy izlanish natijasi, balki amaliy qo‘llashga tayyor bo‘lgan raqamli monitoring vositasi sifatida tavsiflanadi.

Xulosalar. Modelning ustunliklari quyidagilarda namoyon bo‘ladi: u katta hududlarda hisoblash jihatidan barqaror ishlaydi, fazoviy bufer asosidagi optimallashtirish orqali xotira cheklovlari muammosini kamaytiradi, bulut va yoritilish sharoitidan nisbatan mustaqil hisoblanadi hamda kichik suv obyektlarini aniqlashda yuqori aniqlik ko‘rsatadi. Bundan tashqari, ishlab chiqilgan algoritm interaktiv web-platforma bilan to‘liq integratsiyalashgan bo‘lib, vizual monitoring, statistik baholash va eksport funksiyalarini birlashtiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining PQ–250-son, 15.08.2025-yildagi suv resurslarini boshqarish va irrigatsiya sektorini rivojlantirishning 2025-2028-yillarga mo‘ljallangan dasturini tasdiqlash to‘g‘risida”gi qarori

2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 10-iyuldagi PF-6024-son “O‘zbekiston Respublikasi suv xo‘jaligini rivojlantirishning 2020-2030-yillarga mo‘ljallangan konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi Farmoni

3. Acharya, T. D., Subedi, A., & Lee, D. H. (2018). Water body mapping using Sentinel-2 imagery with NDWI and MNDWI. *Water, 10*(9), 1141. https://doi.org/10.3390/w10091141

4. Donchyts, G., Schellekens, J., Winsemius, H., Eisemann, E., & van de Giesen, N. (2016). Earth Engine-based global-scale surface water detection. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, III-7*, 37–42. https://doi.org/10.5194/isprs-annals-III-7-37-2016

5. European Space Agency. (2015). *Sentinel-1 User Guide*. Retrieved from https://sentinel.esa.int
6. European Space Agency. (2015). *Sentinel-2 User Handbook*. Retrieved from https://sentinel.esa.int
7. Feyisa, G. L., Meilby, H., Fensholt, R., & Proud, S. R. (2014). Automated Water Extraction Index (AWEI): A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment, 140*, 23–35. https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.029
8. Gao, B. C. (1996). NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment, 58*(3), 257–266. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3
9. Google. (2024). *Google Earth Engine Documentation*. Retrieved from https://developers.google.com/earth-engine
10. Jensen, J. R. (2015). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective* (4th ed.). Pearson Education.
11. McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing, 17*(7), 1425–1432. https://doi.org/10.1080/01431169608948714
12. Pekel, J. F., Cottam, A., Gorelick, N., & Belward, A. S. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature, 540*, 418–422. https://doi.org/10.1038/nature20584
13. Pham-Duc, B., Prigent, C., & Aires, F. (2017). Surface water monitoring from satellite observations: A review of methods. *Remote Sensing, 9*(12), 1200. https://doi.org/10.3390/rs9121200
14. Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing, 27*(14), 3025–3033. https://doi.org/10.1080/01431160600589179
7. Zou, Z., Xiao, X., Dong, J., Qin, Y., Doughty, R. B., Zhang, G., & Wang, J. (2018). A review of water body extraction methods from remote sensing imagery. *Remote Sensing, 10*(11), 1651. https://doi.org/10.3390/rs10111651.

UDK: 628.4:528.9:519.816

GAT VA AHP USULLARI ASOSIDA MAISHIY CHIQINDILAR POLIGONINI JOYLASHTIRISHNING OPTIMAL MODELINI ISHLAB CHIQISH

Akbar Nosirov *- Buxoro davlat texnika universiteti, "Yer resurslarni boshqarish va foydalanish" ta'lim yo'nalishi magistranti.* hajdarruzimurodov@gmail.com
F.Sh.Xudoyberdiyev *- Buxoro davlat texnika universiteti "Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari" kafedrasi professori, t.f.f.d., (PhD).*

Annotatsiya. *Mazkur maqolada maishiy chiqindilar poligonini joylashtirishda geografik axborot tizimlari va Analitik ierarxiya jarayoni - AHP usuli asosida optimal hududni aniqlashning ilmiy-metodik modeli yoritilgan. Tadqiqotda chiqindi poligonini joylashtirish oddiy*

yer maydonini tanlash jarayoni emas, balki ekologik xavfsizlik, sanitariya talablariga rioya qilish, yer resurslaridan oqilona foydalanish, infratuzilmaviy qulaylik va hududiy rejalashtirish omillarini birgalikda baholashga asoslangan ko‘p mezonli fazoviy qaror qabul qilish jarayoni sifatida qaraladi. Maqolada Buxoro tumani misolida suv obyektlari, aholi punktlari, qurilish obyektlari, qishloq xo‘jaligi yerlari, transport yo‘llari, relyef, nishablik va raqamli relyef modeli kabi fazoviy qatlamlardan foydalanish asoslari ko‘rib chiqildi. AHP usuli yordamida mezonlar ustuvorligini aniqlash, qatlamlarni standartlashtirish, vaznli ustma-ust qo‘yish orqali integral moslik indeksini hisoblash va hududlarni mos, shartli mos hamda nomaqbul zonalarga ajratish metodikasi ishlab chiqildi. Natijada GAT va AHP integratsiyasi poligon joylashtirishda subyektiv qarorlarni kamaytirish, ekologik xavflarni oldindan baholash va ilmiy asoslangan optimal hududni tanlash imkonini berishi asoslandi.

Kalit so‘zlar: *maishiy chiqindilar, chiqindi poligoni, GAT, AHP, moslik indeksi, ko‘p mezonli baholash, Weighted Overlay, ArcGIS Pro, Buxoro tumani, ekologik xavfsizlik, optimal hudud.*

Аннотация. *В данной статье освещена научно-методическая модель определения оптимальной территории для размещения полигона твердых бытовых отходов на основе географических информационных систем и метода аналитической иерархии - AHP. В исследовании размещение полигона отходов рассматривается не как простой процесс выбора земельного участка, а как многокритериальный пространственный процесс принятия решений, основанный на комплексной оценке экологической безопасности, соблюдения санитарных требований, рационального использования земельных ресурсов, инфраструктурной обеспеченности и факторов территориального планирования. В статье на примере Бухарского района рассмотрены основы использования пространственных слоев, таких как водные объекты, населенные пункты, строительные объекты, сельскохозяйственные земли, транспортные дороги, рельеф, уклон местности и цифровая модель рельефа. Разработана методика определения приоритетности критериев с использованием метода AHP, стандартизации слоев, расчета интегрального индекса пригодности посредством взвешенного наложения и классификации территорий на пригодные, условно пригодные и непригодные зоны. В результате обосновано, что интеграция ГИС и AHP позволяет снизить субъективность решений при размещении полигона, заранее оценить экологические риски и выбрать научно обоснованную оптимальную территорию.*

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, полигон отходов, ГИС, AHP, индекс пригодности, многокритериальная оценка, Weighted Overlay, ArcGIS Pro, Бухарский район, экологическая безопасность, оптимальная территория.

Abstract*. This article presents a scientific and methodological model for identifying the optimal area for municipal solid waste landfill siting based on geographic information*

systems and the Analytic Hierarchy Process - AHP. In the study, landfill siting is considered not as a simple process of selecting a land plot, but as a multi-criteria spatial decision-making process based on the integrated assessment of environmental safety, compliance with sanitary requirements, rational use of land resources, infrastructural convenience and territorial planning factors. Using Bukhara district as a case study, the article examines the use of spatial layers such as water bodies, settlements, construction objects, agricultural lands, transport roads, relief, slope and a digital elevation model. A methodology was developed for determining the priority of criteria using the AHP method, standardizing spatial layers, calculating an integral suitability index through weighted overlay, and classifying areas into suitable, conditionally suitable and unsuitable zones. As a result, it is substantiated that the integration of GIS and AHP makes it possible to reduce subjectivity in landfill siting decisions, assess environmental risks in advance and select a scientifically justified optimal area.

***Keywords**: municipal solid waste, waste landfill, GIS, AHP, suitability index, multi-criteria assessment, Weighted Overlay, ArcGIS Pro, Bukhara district, environmental safety, optimal area.*

Kirish. Maishiy chiqindilar poligonini joylashtirish hududiy rejalashtirish va ekologik xavfsizlikning eng muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Bunday obyektlar uzoq muddat davomida tuproq, grunt suvlari, atmosfera havosi, aholi yashash muhiti va yer resurslaridan foydalanish tizimiga ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli poligon joylashuvi faqat bo‘sh yer maydoni mavjudligi yoki transport qulayligi asosida tanlanmasligi kerak. Aksincha, u ekologik, sanitariya, tabiiy-iqlim, infratuzilmaviy va kadastr-hududiy mezonlarning kompleks tahlili asosida aniqlanishi zarur [1; 2; 7].

An’anaviy yondashuvlarda chiqindi poligonlari ko‘pincha mavjud yer maydoni, aholi punktlaridan nisbatan uzoqlik yoki transport imkoniyatlari asosida tanlangan. Biroq bunday yondashuv grunt suvlari sathi, shamol yo‘nalishi, suv obyektlariga yaqinlik, relyef nishabligi, yer toifasi va ekologik cheklovlarni yetarli darajada hisobga olmaydi. Natijada noto‘g‘ri tanlangan poligon suv resurslari ifloslanishi, tuproq degradatsiyasi, atmosfera havosining zararlanishi va aholi salomatligiga salbiy ta’sir kabi oqibatlarga olib kelishi mumkin [3; 8; 9].

Zamonaviy sharoitda geografik axborot tizimlari va ko‘p mezonli baholash usullari poligon joylashtirish masalasini ilmiy asosda hal etish imkonini beradi. GAT texnologiyalari suv obyektlari, aholi punktlari, yo‘llar, relyef, yer toifalari, qishloq xo‘jaligi yerlari va muhandislik tarmoqlari kabi fazoviy ma’lumotlarni yagona tizimga birlashtiradi [10; 11]. AHP usuli esa har bir mezonning nisbiy ustuvorligini aniqlash va ularni yakuniy baholash modeliga kiritish imkonini beradi [12].

Buxoro tumani sharoitida bu yondashuv alohida ahamiyatga ega. Hududning quruq kontinental iqlimi, yozgi yuqori harorat, shamol faolligi, ayrim joylarda grunt suvlari sathining nisbatan yaqinligi va qishloq xo‘jaligi yerlari bilan bog‘liq hududiy cheklovlar poligon joylashtirish qarorini yanada puxta fazoviy asoslashni talab qiladi. Shu sababli mazkur maqolada GAT va AHP usullari asosida maishiy chiqindilar poligonini joylashtirishning optimal modelini ishlab chiqish masalasi yoritiladi.

Tadqiqotning maqsadi va vazifalari. Tadqiqotning maqsadi Buxoro tumani hududida maishiy chiqindilar poligonini joylashtirish uchun GAT va AHP usullari asosida optimal hududni aniqlashga qaratilgan ko‘p mezonli fazoviy baholash modelini ishlab chiqishdan iborat.

Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

1. Poligon joylashtirishga ta’sir etuvchi asosiy ekologik, sanitariya, tabiiy-iqlim, infratuzilmaviy va kadastr-hududiy mezonlarni shakllantirish.
2. Mezonlarning nisbiy ahamiyatini AHP usuli yordamida aniqlash.
3. GAT muhitida suv obyektlari, aholi punktlari, yo‘llar, qurilish obyektlari, ekin yerlar, relyef, nishablik va DEM qatlamlarini tayyorlash.
4. Fazoviy qatlamlarni standartlashtirish va qayta tasniflash.
5. Vaznli ustma-ust qo‘yish asosida integral moslik indeksini hisoblash.
6. Buxoro tumani hududida poligon joylashtirish uchun mos, shartli mos va nomaqbul zonalarni aniqlash.
7. Aniqlangan optimal hudud asosida namunaviy loyiha yechimlarini ilmiy-amaliy jihatdan asoslash.

Materiallar va metodlar. Tadqiqot metodikasi GAT, AHP, ko‘p mezonli baholash, kartografik tahlil va vaznli ustma-ust qo‘yish usullarining integratsiyasiga asoslandi. Ushbu yondashuv poligon joylashtirishga ta’sir etuvchi ko‘plab omillarni yagona fazoviy modelga birlashtirish imkonini beradi [10; 13; 14].

1-jadval

Tadqiqotda asosiy fazoviy qatlamlar sifatida quyidagilar tanlandi

№	Fazoviy qatlam	Baholashdagi vazifasi	Poligon joylashtirishdagi ahamiyati
1	Suv obyektlari	suv muhofaza zonalarini aniqlash	filtrat orqali suv ifloslanishi xavfini kamaytiradi
2	Aholi punktlari	sanitariya-himoya zonasini belgilash	aholi salomatligini himoya qiladi
3	Qurilish obyektlari	mavjud urbanizatsiyalashgan hududlarni ajratish	hududiy ziddiyatlarning oldini oladi
4	Ekin yerlar	qishloq xo‘jaligi qiymatini baholash	unumdor yerlarni muhofaza qiladi
5	Yo‘l tarmoqlari	transport qulayligini aniqlash	tashish xarajatlari va logistika samaradorligini belgilaydi
6	Relyef va DEM	balandlik va geomorfologik sharoitni baholash	qurilish va drenaj imkoniyatlarini ko‘rsatadi
7	Nishablik	yuzaki oqim va eroziya xavfini aniqlash	filtrat va ifloslangan oqimlar harakatini baholaydi
8	Grunt suvlari	gidrogeologik xavfni baholash	suv qatlamlari ifloslanishi ehtimolini kamaytiradi

Mazkur qatlamlarning har biri poligon joylashtirishga bevosita yoki bilvosita ta’sir ko‘rsatadi. Masalan, suv obyektlariga yaqin hududlar ekologik xavfli, aholi punktlariga yaqin maydonlar sanitariya jihatidan cheklangan, qishloq xo‘jaligi yerlari esa kadastr va iqtisodiy nuqtai nazardan ehtiyotkorlik bilan baholanishi kerak [1; 4; 5].

Mezonlar tizimini shakllantirish. Poligon joylashtirishda mezonlar tizimini shakllantirish tadqiqotning eng muhim bosqichlaridan biridir. Chunki yakuniy moslik xaritasi aynan qaysi mezonlar tanlangani va ular qanday baholangani bilan belgilanadi. Tadqiqotda mezonlar beshta asosiy guruhga ajratildi: ekologik, ijtimoiy-sanitariya, tabiiy-iqlim va gidrogeologik, infratuzilmaviy hamda hududiy-rejalashtirish mezonlari.

Ekologik mezonlar suv obyektlari, grunt suvlari, tuproq filtratsiyasi va landshaft sezgirligi bilan bog‘liq. Ushbu mezonlar filtratning suv qatlamlariga o‘tishi, tuproqning ifloslanishi va tabiiy landshaftga ta’sir darajasini aniqlashga xizmat qiladi [8; 9; 15].

Ijtimoiy-sanitariya mezonlari aholi punktlariga nisbatan masofa, sanitariya-himoya zonasi, chang, hid, gazlar va transport harakatining aholi yashash muhitiga ta’sirini baholaydi. Poligon aholi punktlariga juda yaqin joylashsa, bu sanitariya-epidemiologik xavflarni kuchaytiradi [3; 6].

Tabiiy-iqlim va gidrogeologik mezonlar shamol yo‘nalishi, shamol tezligi, harorat, relyef nishabligi, grunt suvlari sathi va tuproq qatlamlari bilan bog‘liq. Buxoro tumani sharoitida ushbu mezonlar ayniqsa muhim, chunki yuqori harorat chiqindilar parchalanishini tezlashtiradi, shamol esa hid va gazlarning tarqalish radiusini kengaytirishi mumkin [7; 16].

Infratuzilmaviy mezonlar yo‘l tarmoqlari, muhandislik kommunikatsiyalari va chiqindilarni tashish logistikasiga bog‘liq. Yo‘lga juda uzoq hududlarda tashish xarajatlari oshadi, yo‘lga haddan tashqari yaqin hududlarda esa sanitariya va vizual ifloslanish xavfi kuchayadi [11; 14].

Hududiy-rejalashtirish mezonlari yer toifasi, yer uchastkasining huquqiy maqomi, mavjud cheklovlar, qishloq xo‘jaligi yerlari va istiqboldagi rivojlanish zonalarini o‘z ichiga oladi. Bu mezonlar poligon joylashuvi yer resurslaridan oqilona foydalanish tamoyillariga mos bo‘lishini ta’minlaydi [1; 5].

AHP usuli asosida mezonlar ustuvorligini aniqlash. AHP usuli murakkab qaror qabul qilish jarayonida mezonlarni juftlab solishtirish orqali ularning nisbiy ustuvorligini aniqlashga imkon beradi. T. Saaty tomonidan ishlab chiqilgan ushbu usul ekologik, texnik, iqtisodiy va ijtimoiy omillar birgalikda ishtirok etadigan masalalarda keng qo‘llaniladi [12].

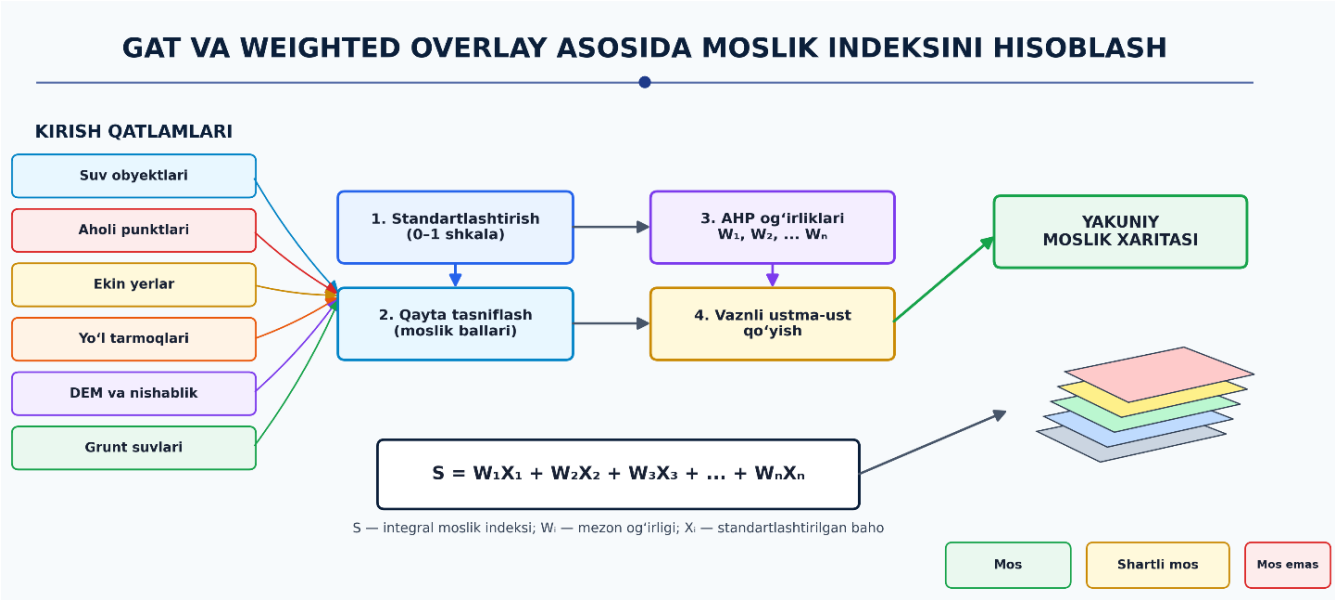
AHP jarayonida birinchi navbatda maqsad belgilanadi: Buxoro tumani hududida chiqindi poligonini joylashtirish uchun eng mos hududni aniqlash. Keyin mezonlar ierarxiyasi tuziladi. Yuqori darajada umumiy maqsad, o‘rta darajada mezonlar guruhlari, pastki darajada esa aniq fazoviy qatlamlar joylashadi. AHP metodikasining asosiy bosqichlari quyidagi 2-jadval keltirilgan:

2-jadval

Bosqich	Mazmuni	Natija
1	Maqsadni aniqlash	optimal poligon hududini tanlash vazifasi belgilanadi
2	Mezonlarni guruhlash	ekologik, sanitariya, infratuzilmaviy va kadastr mezonlari shakllanadi
3	Juftlab taqqoslash	mezonlar o‘zaro solishtiriladi
4	Og‘irliklarni hisoblash	har bir mezonning nisbiy ahamiyati aniqlanadi

5	Moslikni tekshirish	baholashdagi izchillik darajasi aniqlanadi
6	GAT modeliga kiritish	og‘irliklar fazoviy qatlamlarga qo‘llanadi

AHP usulida mezonlar 1 dan 9 gacha bo‘lgan nisbiy ustuvorlik shkalasi asosida solishtiriladi. Masalan, grunt suvlari mezoni transport qulayligiga nisbatan ekologik xavfsizlik nuqtai nazaridan ustuvorroq bo‘lishi mumkin. Aholi punktlariga masofa esa sanitariya xavfsizligi sababli ko‘plab mezonlardan yuqori baholanishi mumkin. Poligon joylashtirish uchun optimal hududni aniqlashda GAT texnologiyalari fazoviy ma’lumotlarni yagona tizimda tahlil qilish imkonini beradi. Bunda har bir mezon alohida qatlam sifatida tayyorlanadi va yagona baholash shkalasiga keltiriladi. Keyin AHP asosida aniqlangan og‘irlik koeffitsientlari ushbu qatlamlarga qo‘llanib, vaznli ustma-ust qo‘yish orqali yakuniy moslik indeksi hisoblanadi. Mazkur yondashuv hudud tanlash jarayonini subyektiv qarordan ilmiy asoslangan fazoviy baholash bosqichiga o‘tkazadi.



1-rasm. GAT qatlamlarini standartlashtirish, AHP og‘irliklarini qo‘llash va moslik indeksini hisoblash mexanizmi

1-rasmda GAT va Weighted Overlay asosida moslik indeksini hisoblash mexanizmi ko‘rsatilgan. Dastlab suv obyektlari, aholi punktlari, ekin yerlar, yo‘l tarmoqlari, DEM va nishablik hamda grunt suvlari bo‘yicha kirish qatlamlari tayyorlanadi. Keyingi bosqichda ushbu qatlamlar standartlashtiriladi va qayta tasniflanadi. Standartlashtirish jarayoni turli birliklarda ifodalangan ma’lumotlarni yagona baholash shkalasiga keltirishga xizmat qiladi. So‘ngra AHP orqali aniqlangan og‘irlik koeffitsientlari qo‘llanadi va vaznli ustma-ust qo‘yish asosida integral moslik indeksi hisoblanadi. Natijada hududlar mos, shartli mos va mos emas zonalarga ajratiladi.

Moslik indeksini hisoblash natijasida olingan xarita poligon joylashtirish uchun eng maqbul hududlarni aniqlashga xizmat qiladi. Biroq optimal hududni tanlash faqat xaritada yuqori baholangan maydonni ajratish bilan tugamaydi. Tanlangan hudud keyingi bosqichda muhandislik, ekologik va ekspluatatsion talablar asosida namunaviy loyiha shakliga keltirilishi kerak. Shu bois moslik

indeksiga asoslangan hududda poligonning ichki funksional zonalarini rejalashtirish alohida ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

AHP asosida aniqlangan og‘irliklar keyingi bosqichda GAT muhitida fazoviy qatlamlarga qo‘llanadi. Natijada har bir qatlam yakuniy moslik indeksiga o‘z ahamiyat darajasi bo‘yicha ta’sir ko‘rsatadi. Bu yondashuv barcha mezonlarni teng deb qabul qilish xatosining oldini oladi.

GAT muhitida fazoviy qatlamlarni tayyorlash. GAT muhitida poligon joylashtirish modeli fazoviy qatlamlarni tayyorlashdan boshlanadi. Har bir qatlam ma’lum bir mezonni aks ettiradi. Masalan, suv obyektlari qatlami gidroekologik xavfni, aholi punktlari qatlami sanitariya xavfini, yo‘l tarmoqlari qatlami logistika imkoniyatini, DEM va nishablik qatlami esa geomorfologik barqarorlikni ko‘rsatadi [10; 11].

Dissertatsiyada Buxoro tumani bo‘yicha suv obyektlari, qurilish obyektlari, ekin yerlar, nishablik va raqamli relyef modeli asosida fazoviy qatlamlar ArcGIS Pro muhitida tayyorlanishi vazifa sifatida belgilangan . Ushbu qatlamlar keyinchalik yagona koordinata tizimiga keltiriladi, topologik xatolar bartaraf etiladi va tahlil uchun tayyor holatga keltiriladi.

Fazoviy qatlamlarni tayyorlashda quyidagi amallar bajariladi:

- ma’lumotlarni yagona koordinata tizimiga keltirish;
- qatlamlar chegaralarini aniqlashtirish;
- atribut ma’lumotlarini tekshirish;
- bufer zonalarini shakllantirish;
- nomaqbul hududlarni istisno qilish;
- raster qatlamlarni yagona o‘lcham va rezolyutsiyaga keltirish.

Masalan, aholi punktlari atrofida sanitariya-himoya zonalari ajratiladi. Suv obyektlari atrofida muhofaza zonalari belgilanadi. Ekin yerlar va faol foydalanilayotgan xo‘jalik hududlari cheklangan maydon sifatida qaraladi. Nishabligi yuqori hududlar esa yuzaki oqim va eroziya xavfi sababli past baholanadi.

Moslik indeksini hisoblash. Poligon joylashtirish uchun yakuniy moslik indeksi barcha mezonlarning standartlashtirilgan qiymatlari va AHP asosida aniqlangan og‘irlik koeffitsientlari asosida hisoblanadi. Umumiy ko‘rinishda moslik indeksi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$S = W_1X_1 + W_2X_2 + W_3X_3 + \ldots + W_nX_n \quad (1)$$

Bu yerda:

S - integral moslik indeksi;

W_i - i-mezonning og‘irlik koeffitsienti;

X_i - i-mezon bo‘yicha standartlashtirilgan baho;

n - mezonlar soni.

Mazkur formula har bir hududiy piksel yoki maydon birligi uchun umumiy moslik darajasini hisoblash imkonini beradi. Agar hudud suv obyektlaridan uzoq, aholi punktlaridan xavfsiz masofada, nishabligi past, grunt suvlari chuqur va yo‘l tarmog‘iga optimal masofada joylashgan bo‘lsa, uning moslik indeksi yuqori bo‘ladi. Aksincha, aholi punktlariga yaqin, suv obyektlari bilan kesishgan yoki qishloq xo‘jaligi yerlarida joylashgan hududlar past baholanadi.

Dissertatsiyada barcha qatlamlar standartlashtirilib, AHP usuli yordamida aniqlangan og‘irlik koeffitsientlari asosida vaznli ustma-ust qo‘yish jarayoni amalga oshirilgani, natijada Buxoro tumani hududi poligon joylashtirishga nisbatan mos va nomaqbul zonalarga ajratilgani qayd etilgan .

Moslik indeksini hisoblash natijalari odatda quyidagi toifalarga ajratiladi (3-jadval):

3-jadval

Moslik toifasi	Indeks darajasi	Mazmuni
Mos hudud	yuqori qiymat	poligon joylashtirish uchun ustuvor hudud
Shartli mos hudud	o‘rtacha qiymat	qo‘shimcha muhandislik yoki ekologik tadbirlar talab qilinadi
Nomaqbul hudud	past qiymat	ekologik, sanitariya yoki kadastr cheklovlari yuqori
Istisno hudud	baholashdan chiqariladi	suv muhofaza zonasi, aholi punkti, faol qishloq xo‘jaligi yeri va boshqa cheklovlar

Bu tasnif qaror qabul qiluvchi tashkilotlar uchun aniq kartografik asos yaratadi. Natijada hudud tanlash jarayoni subyektiv qarordan ilmiy asoslangan fazoviy baholashga o‘tadi.

Natijalar va muhokama.GAT va AHP asosida ishlab chiqilgan model Buxoro tumani hududida maishiy chiqindilar poligonini joylashtirish uchun mos hududlarni aniqlashda tizimli yondashuvni ta’minlaydi. Tahlil natijalariga ko‘ra, ekologik va ijtimoiy cheklovlari kam, suv obyektlaridan uzoq, aholi punktlariga nisbatan xavfsiz masofada, qishloq xo‘jaligi faoliyati past va transport jihatidan nisbatan qulay hududlar poligon joylashtirish uchun ustuvor hisoblanadi.

Aksincha, aholi punktlariga, suv obyektlariga, faol foydalanilayotgan qishloq xo‘jaligi yerlariga va ekologik sezgir zonalarga yaqin maydonlar nomaqbul hududlar sifatida baholanadi. Bu holat poligon joylashtirishda faqat iqtisodiy yoki transport qulayligi emas, balki ekologik xavfsizlik va sanitariya talablarining ustuvor bo‘lishi kerakligini ko‘rsatadi [6; 7; 15].

Modelning asosiy afzalligi shundaki, u har bir mezonni alohida emas, balki o‘zaro bog‘liq holda tahlil qiladi. Masalan, yo‘lga yaqin hudud logistika jihatidan qulay bo‘lishi mumkin, biroq u aholi punktiga yaqin yoki suv obyektlari bilan kesishgan bo‘lsa, yakuniy moslik indeksi pasayadi. Shuningdek, ekologik jihatdan xavfsiz hudud transport infratuzilmasidan haddan tashqari uzoq bo‘lsa, uning iqtisodiy samaradorligi kamayadi.

Shu sababli optimal hudud - bu bitta mezon bo‘yicha eng yuqori baholangan maydon emas, balki barcha mezonlar bo‘yicha nisbatan muvozanatli natija ko‘rsatgan hududdir. Bu yondashuv GAT va AHP integratsiyasining amaliy ahamiyatini ko‘rsatadi.

Namunaviy loyiha asoslash. Moslik indeksi asosida aniqlangan hudud keyingi bosqichda namunaviy loyiha uchun asos bo‘lib xizmat qiladi. Dissertatsiyada 3.3-bo‘lim fazoviy tahlil natijalarini aniq loyiha taklifiga aylantirishi, texnik-iqtisodiy va ekologik asoslash orqali optimal hududni amaliy rejalashtirish mezonlari asosida baholash imkonini berishi qayd etilgan .

Namunaviy poligon loyihasi quyidagi funksional zonalardan tashkil topishi mumkin (4-jadval):

4-jadval

Funksional zona	Vazifasi
Qabul va nazorat punkti	chiqindi transportini ro‘yxatga olish, tortish va nazorat qilish
Saralash maydoni	qayta ishlanishi mumkin bo‘lgan chiqindilarni ajratish
Asosiy joylashtirish kartalari	qayta ishlanmaydigan chiqindilarni xavfsiz joylashtirish
Filtrat yig‘ish tizimi	suyuq ifloslantiruvchi oqimlarni nazorat qilish

Poligon gazi nazorati	metan va boshqa gazlar ajralishini boshqarish
Sanitariya-himoya zonasi	aholi yashash hududlariga ta’sirni cheklash
Ichki yo‘llar	transport harakatini tartibga solish
Yashil himoya polosasi	chang va hid tarqalishini kamaytirish
Monitoring quduqlari	grunt suvlari holatini doimiy kuzatish

Bunday funksional zonalashtirish poligonni faqat chiqindilarni joylashtirish maydoni sifatida emas, balki ekologik nazorat, qayta ishlash, saralash, filtrat va gazlarni boshqarish hamda monitoring tizimiga ega kompleks obyekt sifatida tashkil etishga imkon beradi [2; 8; 9].

Texnik-iqtisodiy jihatdan loyiha transport masofasi, mavjud yo‘llarga ulanish, muhandislik tarmoqlaridan foydalanish imkoniyati, yer maydonining kadastr maqomi va rekultivatsiya xarajatlarini hisobga olishi kerak. Ekologik jihatdan esa filtratni yig‘ish, gidroizolyatsiya, gazlarni nazorat qilish, yashil himoya zonasi va muntazam monitoring ishlari ustuvor ahamiyatga ega.

Xulosa. GAT va AHP usullari asosida maishiy chiqindilar poligonini joylashtirishning optimal modelini ishlab chiqish poligon joylashuvi bo‘yicha qarorlarni ilmiy asoslashga xizmat qiladi. Mazkur yondashuv ekologik, sanitariya, tabiiy-iqlim, infratuzilmaviy va kadastr-hududiy mezonlarni yagona fazoviy baholash tizimida birlashtiradi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, poligon uchun optimal hududni tanlashda suv obyektlari, aholi punktlari, qishloq xo‘jaligi yerlari, relyef nishabligi, grunt suvlari, yo‘l tarmoqlari va yer toifalari birgalikda baholanishi zarur. AHP usuli mezonlarning nisbiy ustuvorligini aniqlashga, GAT esa ushbu mezonlarni fazoviy qatlamlar ko‘rinishida tahlil qilishga imkon beradi.

Integral moslik indeksi hududlarni mos, shartli mos va nomaqbul zonalarga ajratish uchun samarali vosita hisoblanadi. Bu esa poligon joylashtirish qarorini subyektiv yondashuvdan chiqarib, kartografik dalillar, ko‘p mezonli baholash va ilmiy asoslangan modelga tayantiradi.

Buxoro tumani sharoitida mazkur model ekologik xavflarni kamaytirish, sanitariya xavfsizligini ta’minlash, logistika xarajatlarini optimallashtirish va yer resurslaridan oqilona foydalanishga xizmat qiladi. Aniqlangan mos hudud asosida ishlab chiqiladigan namunaviy loyiha esa chiqindilarni joylashtirish, saralash, filtratni boshqarish, gazlarni nazorat qilish va ekologik monitoring tizimini kompleks tashkil etish imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasining Yer kodeksi. 1998-yil 30-aprel.
2. O‘zbekiston Respublikasining “Chiqindilar to‘g‘risida”gi Qonuni. 2002-yil 5-aprel, 362-II-son.
3. O‘zbekiston Respublikasining “Tabiatni muhofaza qilish to‘g‘risida”gi Qonuni. 1992-yil 9-dekabr, 754-XII-son.
4. O‘zbekiston Respublikasining “Aholining sanitariya-epidemiologik osoyishtaligi to‘g‘risida”gi Qonuni. 2015-yil 26-avgust, O‘RQ-393-son.
5. O‘zbekiston Respublikasining “Davlat yer kadastri to‘g‘risida”gi Qonuni. 1998-yil 28-avgust, 666-I-son.
6. O‘zbekiston Respublikasida yer monitoringi to‘g‘risidagi nizom.
7. Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste. Official Journal of the European Communities.

8. Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S.A. Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues. New York: McGraw-Hill, 1993.
9. IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste. Chapter 3: Solid Waste Disposal. IGES, Japan, 2006.
10. Malczewski J. GIS and Multicriteria Decision Analysis. New York: John Wiley & Sons, 1999.
11. Burrough P.A., McDonnell R.A. Principles of Geographical Information Systems. Oxford: Oxford University Press, 1998.
12. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. New York: McGraw-Hill, 1980.
13. Malczewski J. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature // International Journal of Geographical Information Science. 2006. Vol. 20(7). P. 703–726.
14. Kontos T.D., Komilis D.P., Halvadakis C.P. Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology // Waste Management. 2005. Vol. 25(8). P. 818–832.
15. Sumathi V.R., Natesan U., Sarkar C. GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill // Waste Management. 2008. Vol. 28(11). P. 2146–2160.
16. Şener Ş., Şener E., Nas B., Karagüzel R. Combining AHP with GIS for landfill site selection: a case study in the Lake Beyşehir catchment area // Waste Management. 2010. Vol. 30(11). P. 2037–2046.
17. Geneletti D. Combining stakeholder analysis and spatial multicriteria evaluation to select and rank inert landfill sites // Waste Management. 2010. Vol. 30(2). P. 328–337.
18. Siddiqui M.Z., Everett J.W., Vieux B.E. Landfill siting using geographic information systems: a demonstration // Journal of Environmental Engineering. 1996. Vol. 122(6). P. 515–523.
19. Chang N.B., Parvathinathan G., Breeden J.B. Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region // Journal of Environmental Management. 2008. Vol. 87(1). P. 139–153.
20. Fetter C.W. Applied Hydrogeology. 4th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001.

UDK: 628.4:504.06:911.2:528.9

BUXORO TUMANI HUDUDIDA MAISHIY CHIQINDILAR POLIGONINI JOYLASHTIRISHGA TA'SIR ETUVCHI TABIIY-IQLIM VA INFRATUZILMAVIY OMILLARNI FAZOVIY BAHOLASH

Akbar Nosirov *- Buxoro davlat texnika universiteti, "Yer resurslarni boshqarish va foydalanish" ta'lim yo'nalishi magistranti.* hajdarruzimurodov@gmail.com

F.Sh.Xudoyberdiyev *- Buxoro davlat texnika universiteti "Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari" kafedrasi professori, t.f.f.d., (PhD).*

Annotatsiya. *Mazkur maqolada Buxoro tumani hududida maishiy chiqindilar poligonini joylashtirishga ta'sir etuvchi tabiiy-iqlim va infratuzilmaviy omillarni fazoviy baholash masalasi yoritilgan. Chiqindi poligonlarini joylashtirishda hududning faqat bo'sh yer maydoniga egaligi yetarli mezon bo'la olmaydi, chunki bunday obyektlar uzoq muddat*

davomida tuproq, grunt suvlari, atmosfera havosi, aholi yashash muhiti va yer resurslaridan foydalanish tizimiga ta'sir ko'rsatadi. Tadqiqotda Buxoro tumani sharoitida relyef, nishablik, shamol yo'nalishi va tezligi, harorat rejimi, grunt suvlari, tuproq xususiyatlari, suv obyektlari, transport yo'llari, aholi punktlari va muhandislik kommunikatsiyalari poligon joylashtirishning asosiy baholash mezonlari sifatida qaraldi. Maqolada ushbu omillarni geografik axborot tizimlari asosida qatlamlar ko'rinishida tahlil qilish, ekologik xavf va infratuzilmaviy qulaylik o'rtasidagi nisbatni aniqlash hamda poligon joylashtirish uchun mos va nomaqbul hududlarni ajratishning metodologik asoslari ishlab chiqildi. Natijada Buxoro tumani misolida chiqindi poligonini joylashtirishda tabiiy-iqlim va infratuzilmaviy omillarni kompleks baholash zarurligi asoslandi.

Kalit so'zlar: *Buxoro tumani, maishiy chiqindilar, chiqindi poligoni, tabiiy-iqlim omillari, infratuzilma, relyef, grunt suvlari, shamol, GAT, fazoviy baholash, sanitariya-himoya zonasi.*

Аннотация*. В данной статье освещается вопрос пространственной оценки природно-климатических и инфраструктурных факторов, влияющих на размещение полигона твердых бытовых отходов на территории Бухарского района. При выборе места размещения полигонов отходов наличие только свободного земельного участка не может считаться достаточным критерием, поскольку такие объекты в течение длительного периода оказывают влияние на почву, грунтовые воды, атмосферный воздух, среду проживания населения и систему использования земельных ресурсов. В исследовании в качестве основных оценочных критериев размещения полигона в условиях Бухарского района рассмотрены рельеф, уклон местности, направление и скорость ветра, температурный режим, уровень грунтовых вод, свойства почв, водные объекты, транспортные дороги, населенные пункты и инженерные коммуникации. В статье разработаны методологические основы анализа указанных факторов в виде пространственных слоев на базе географических информационных систем, определения соотношения между экологическим риском и инфраструктурной удобностью, а также выделения пригодных и непригодных территорий для размещения полигона. В результате на примере Бухарского района обоснована необходимость комплексной оценки природно-климатических и инфраструктурных факторов при размещении полигона отходов.*

Ключевые слова: *Бухарский район, твердые бытовые отходы, полигон отходов, природно-климатические факторы, инфраструктура, рельеф, грунтовые воды, ветер, ГИС, пространственная оценка, санитарно-защитная зона.*

Abstract. *This article addresses the issue of spatial assessment of natural-climatic and infrastructural factors influencing the siting of a municipal solid waste landfill in Bukhara district. When selecting a landfill site, the mere availability of vacant land cannot be considered a sufficient criterion, since such facilities have a long-term impact on soil, groundwater, atmospheric air, the residential environment and the*

system of land resource use. In the study, relief, slope, wind direction and speed, temperature regime, groundwater level, soil properties, water bodies, transport roads, settlements and engineering communications were considered as the main assessment criteria for landfill siting under the conditions of Bukhara district. The article develops methodological foundations for analyzing these factors as spatial layers using geographic information systems, determining the relationship between environmental risk and infrastructural convenience, and distinguishing suitable and unsuitable areas for landfill placement. As a result, using Bukhara district as a case study, the necessity of a comprehensive assessment of natural-climatic and infrastructural factors in landfill siting is substantiated.

Keywords: *Bukhara district, municipal solid waste, waste landfill, natural-climatic factors, infrastructure, relief, groundwater, wind, GIS, spatial assessment, sanitary protection zone.*

Kirish. Maishiy chiqindilarni boshqarish tizimini takomillashtirish bugungi kunda hududiy rivojlanish, ekologik xavfsizlik va aholi salomatligini ta’minlash bilan bevosita bog‘liq dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ko‘payishi, urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi va iste’mol hajmining ortishi natijasida maishiy chiqindilar miqdori yildan-yilga ortib bormoqda. Jahon banki ma’lumotlariga ko‘ra, chiqindilar hajmining ortishi, ayniqsa, shaharlar va ularga tutash hududlarda chiqindilarni joylashtirish infratuzilmasiga bo‘lgan talabni kuchaytiradi [8]. Shu sababli chiqindilarni yig‘ish, tashish, saralash, qayta ishlash va xavfsiz joylashtirish tizimini hududiy sharoitlar bilan bog‘liq holda rejalashtirish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Maishiy chiqindilar poligonini joylashtirish masalasi faqat muhandislik yoki kommunal xizmatlar doirasidagi vazifa emas. Poligon joylashuvi hududning tabiiy-iqlim sharoiti, yer fondining kadastr tavsifi, suv obyektlari, transport tarmoqlari, aholi punktlari va muhandislik kommunikatsiyalari bilan bevosita bog‘liqdir. Noto‘g‘ri tanlangan poligon hududi grunt suvlari ifloslanishi, tuproq degradatsiyasi, atmosfera havosiga zararli gazlar ajralishi, sanitariya xavfi va ijtimoiy norozilik kabi oqibatlarga olib kelishi mumkin [2; 3; 7].

Buxoro tumani sharoitida mazkur masala yanada dolzarbdir. Hudud quruq kontinental iqlim, yuqori yozgi harorat, shamol faolligi va ayrim zonalarda grunt suvlari sathining nisbatan yaqin joylashuvi bilan tavsiflanadi. Bunday sharoitda poligon joylashtirish jarayonida faqat transport qulayligi yoki mavjud bo‘sh yer maydoni emas, balki ekologik xavfsizlik, sanitariya masofasi, relyef barqarorligi, tuproqning filtratsion xususiyati va muhandislik infratuzilmasiga nisbatan masofa birgalikda baholanishi zarur [15; 19].

Shu nuqtai nazardan, mazkur maqolaning asosiy maqsadi Buxoro tumani hududida maishiy chiqindilar poligonini joylashtirishga ta’sir etuvchi tabiiy-iqlim va infratuzilmaviy omillarni fazoviy baholash, ularning o‘zaro bog‘liqligini ochib berish hamda GAT asosida mos hududlarni aniqlash uchun metodologik yondashuvni asoslashdan iborat.

Tadqiqot obyekti va metodologiyasi. Tadqiqot obyekti sifatida Buxoro tumani hududida maishiy chiqindilar poligonini joylashtirish uchun baholanishi mumkin bo‘lgan yer maydonlari,

ularning tabiiy-iqlim, ekologik, infratuzilmaviy va hududiy-rejalashtirish xususiyatlari qaraldi.

Tadqiqot metodologiyasi tizimli tahlil, fazoviy tahlil, GAT asosida qatlamli baholash, ko‘p mezonli yondashuv, kartografik umumlashtirish va qiyosiy tahlil usullariga tayandi. Geografik axborot tizimlari hududning turli omillarini - relyef, suv obyektlari, aholi punktlari, yo‘llar, qishloq xo‘jaligi yerlari, muhandislik tarmoqlari va ekologik cheklovlarni yagona fazoviy muhitda baholash imkonini beradi [10; 20]. Ko‘p mezonli baholash esa turli omillarni ahamiyat darajasiga ko‘ra solishtirish, mos va nomaqbul hududlarni ajratish imkonini yaratadi [10; 11].

1-jadval.

Tadqiqotda quyidagi omillar asosiy mezonlar sifatida tanlandi (1jadval):

Mezonlar guruhi	Baholanadigan ko‘rsatkichlar	Poligon joylashtirishdagi ahamiyati
Tabiiy-iqlim omillari	iqlim, harorat, shamol, yog‘in, bug‘lanish	gaz, hid, chang va filtrat xavfini belgilaydi
Geomorfologik omillar	relyef, nishablik, pastqam joylar	qurilish barqarorligi va oqim yo‘nalishiga ta’sir qiladi
Gidrogeologik omillar	grunt suvlari sathi, suv oqimi, filtratsiya	suv resurslari ifloslanishi xavfini aniqlaydi
Tuproq omillari	mexanik tarkib, suv o‘tkazuvchanlik, sho‘rlanish	filtrat migratsiyasi va rekultivatsiya imkoniyatiga ta’sir qiladi
Infratuzilmaviy omillar	yo‘llar, aholi punktlari, elektr, suv, gaz tarmoqlari	logistika, sanitariya xavfsizligi va ekspluatatsiya xarajatini belgilaydi
Kadastr-hududiy omillar	yer toifasi, foydalanish turi, cheklovlar	huquqiy moslik va yer resurslaridan oqilona foydalanishni belgilaydi

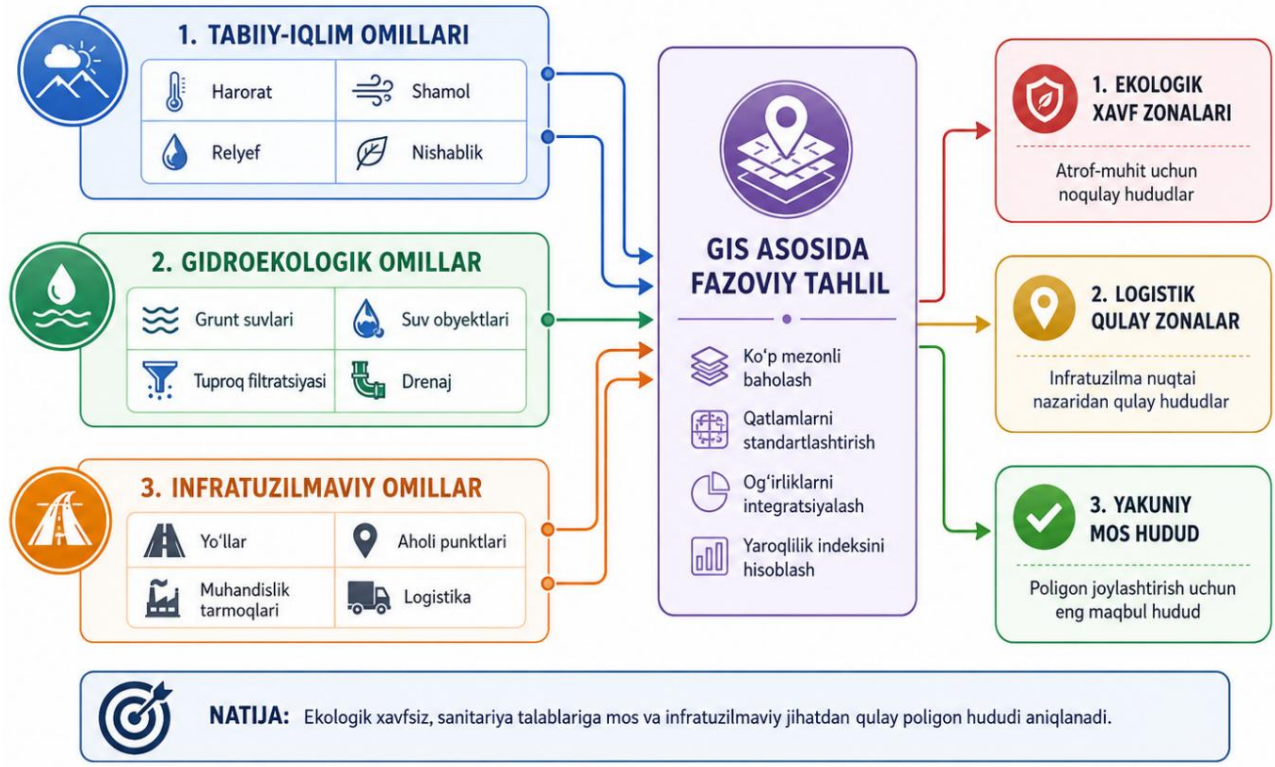
Ushbu mezonlar birgalikda qaralganda poligon joylashtirish uchun hududning real moslik darajasini aniqlash imkonini beradi. Chunki bitta mezonning qulayligi boshqa mezonlar bo‘yicha mavjud xavfni bartaraf eta olmaydi. Masalan, yo‘lga yaqin hudud logistika jihatidan qulay bo‘lishi mumkin, lekin u aholi punktiga yaqin yoki grunt suvlari sathi yuqori zonada joylashgan bo‘lsa, ekologik va sanitariya nuqtai nazaridan nomaqbul hisoblanadi.

Buxoro tumani yer fondi va hududiy cheklovlarning ahamiyati. Buxoro tumani yer fondi qishloq xo‘jaligi, aholi yashash joylari, infratuzilma obyektlari, suv xo‘jaligi tarmoqlari va boshqa funksional hududlardan tashkil topgan murakkab hududiy tizim sifatida qaraladi. Maishiy chiqindilar poligonini joylashtirishda yer uchastkasining faqat maydoni emas, balki uning yer toifasi, maqsadli foydalanish turi, mavjud kadastr cheklovlari va hududiy rejalashtirish hujjatlari bilan mosligi ham baholanishi zarur [1; 5].

Yer kodeksi talablariga ko‘ra, yer resurslaridan oqilona foydalanish, ularni muhofaza qilish va maqsadli foydalanish tartibiga rioya qilish asosiy huquqiy tamoyillardan biri hisoblanadi [1]. Shu sababli poligon uchun tanlanadigan hudud qishloq xo‘jaligi yerlariga, suv muhofaza zonalariga,

aholi punktlarining istiqboldagi kengayish hududlariga yoki muhim infratuzilma obyektlariga zid kelmasligi kerak. “Davlat yer kadastri to‘g‘risida”gi Qonun esa yer uchastkalarining huquqiy, tabiiy va xo‘jalik holati to‘g‘risidagi axborotlarni qaror qabul qilishda asosiy manba sifatida belgilaydi [5].

Buxoro tumani hududida maishiy chiqindilar poligonini joylashtirishga ta’sir etuvchi omillar ikki yirik guruhga ajratiladi: tabiiy-iqlim omillari va infratuzilmaviy omillar. Tabiiy-iqlim omillari hududning ekologik xavfsizligini belgilaydi. Jumladan, harorat rejimi, shamol yo‘nalishi, relyef nishabligi, grunt suvlari sathi, tuproqning filtratsion xususiyati va suv obyektlariga yaqinlik poligonning atrof-muhitga ehtimoliy ta’sirini aniqlaydi. Infratuzilmaviy omillar esa poligonning ekspluatatsion qulayligi, chiqindilarni tashish xarajatlari, logistika samaradorligi va sanitariya xavfsizligini belgilaydi. Shu sababli mazkur ikki omil guruhi birgalikda baholangandagina poligon uchun mos hududni ilmiy asosda tanlash mumkin (1-rasm).



1-rasm. Buxoro tumani hududida poligon joylashtirishga ta’sir etuvchi tabiiy-iqlim va infratuzilmaviy omillar tizimi

1-rasmda poligon joylashtirishga ta’sir etuvchi asosiy omillar ikki blokda ifodalangan. Birinchi blok tabiiy-iqlim va ekologik xavfsizlik bilan bog‘liq bo‘lib, unda shamol, harorat, relyef, grunt suvlari, tuproq filtratsiyasi va suv obyektlari asosiy mezon sifatida ko‘rsatilgan. Ikkinchi blok infratuzilmaviy sharoitlarni aks ettiradi. Unda yo‘l tarmoqlari, aholi punktlari, muhandislik kommunikatsiyalari, logistika masofasi va hududiy rejalashtirish omillari keltirilgan. Ushbu sxema poligon joylashuvi qarori bir tomonlama emas, balki ekologik xavfsizlik, logistika qulayligi va kadastr-hududiy moslikning uyg‘unligiga asoslanishi kerakligini ko‘rsatadi.

Omillar tizimini aniqlash poligon joylashtirishning dastlabki bosqichi hisoblanadi. Biroq har bir omilni

amaliy baholash uchun ular fazoviy ko‘rinishga keltirilishi lozim. Shu sababli keyingi bosqichda aholi punktlari, suv obyektlari, yo‘llar va qishloq xo‘jaligi yerlari atrofida cheklov hamda bufer zonalarini shakllantirish zarur bo‘ladi.

Buxoro tumani misolida yer fondini baholashda quyidagi hududlar poligon joylashtirish uchun cheklovchi omil sifatida qaraladi:

1. aholi punktlari va ularning sanitariya-himoya zonalari;
2. suv obyektlari, kanallar, kollektor-drenaj tarmoqlari va suv muhofaza zonalari;
3. sug‘oriladigan qishloq xo‘jaligi yerlari;
4. muhandislik kommunikatsiyalari va magistral tarmoqlar;
5. yuqori ekologik sezgirlikka ega pastqam yoki grunt suvlari yaqin joylashgan hududlar;
6. kelajakdagi hududiy rivojlanish va qurilish zonalari.

Ushbu cheklovlar poligon joylashuvini tanlashda dastlabki “istisno zonalari” sifatida ajratilishi kerak. Chunki ekologik yoki huquqiy jihatdan nomaqbul hudud keyingi iqtisodiy hisob-kitoblarda qulay ko‘rinsa ham, barqaror loyiha hududi sifatida qabul qilinmaydi.

Tabiiy-iqlim omillarining poligon joylashtirishga ta’siri. Tabiiy-iqlim omillari poligon joylashtirishda ekologik xavfsizlikning asosiy poydevorini tashkil etadi. Buxoro tumani quruq va issiq iqlim sharoiti bilan tavsiflanadi. Bunday hududlarda yoz oylarida yuqori harorat organik chiqindilarning parchalanish jarayonini tezlashtiradi, natijada metan, karbonat angidrid va boshqa gazlarning ajralish ehtimoli ortadi. IPCC metodikasida qattiq maishiy chiqindilar joylashtiriladigan maydonlar metan emissiyasi manbalaridan biri sifatida qaraladi [18]. Demak, harorat rejimi poligonning faqat ekspluatatsion ko‘rsatkichi emas, balki ekologik xavf intensivligini belgilovchi muhim mezondir.

Shamol omili Buxoro tumani sharoitida alohida ahamiyatga ega. Shamol tezligi va yo‘nalishi poligondan ajraladigan hid, chang va gazlarning tarqalish radiusini belgilaydi. Agar poligon ustuvor shamol yo‘nalishi bo‘yicha aholi punktlariga nisbatan noqulay joylashsa, sanitariya-himoya zonasi yetarli bo‘lmasligi mumkin. Shu sababli shamol yo‘nalishi va aholi punktlariga nisbatan masofa birgalikda baholanishi lozim [4; 7].

Relyef va nishablik ham poligon joylashtirishda muhim tabiiy omil hisoblanadi. Nisbatan tekis hududlar qurilish va ekspluatatsiya jihatidan qulay bo‘lishi mumkin, biroq tabiiy drenaj imkoniyati cheklangan tekis maydonlarda filtratning tuproq qatlamlariga singish xavfi ortadi. Aksincha, nishabligi yuqori hududlarda yog‘in suvlari orqali ifloslangan oqimlar pastki hududlarga siljishi mumkin. Shu bois poligon uchun relyefning mutlaq tekisligi emas, balki drenaj nazorati, suv oqimi yo‘nalishi va texnik muhofaza choralarini tashkil etish imkoniyati baholanishi kerak [15; 19].

Grunt suvlari sathi ekologik xavf darajasini belgilovchi eng muhim mezonlardan biridir. Agar grunt suvlari yer yuzasiga yaqin joylashgan bo‘lsa, poligon filtrati suv qatlamlariga o‘tishi mumkin. Bu holat ichimlik va sug‘orish suvlarining ifloslanishiga olib keladi. Shu sababli xalqaro amaliyotda poligon joylashtirishda gidrogeologik sharoit, tuproqning filtratsion xususiyati va suv obyektlariga nisbatan masofa asosiy cheklovchi mezonlar sifatida qaraladi [7; 15; 16].

Tuproq va gidrogeologik sharoitlarni baholash. Tuproq qoplami poligon joylashtirishda tabiiy filtr vazifasini bajaradi. Tuproqning mexanik tarkibi, suv o‘tkazuvchanligi, zichligi, sho‘rlanish darajasi va organik moddalar bilan ta’minlanganligi filtratning harakatlanish tezligiga ta’sir qiladi. Qumli va yengil mexanik tarkibli tuproqlar ifloslantiruvchi moddalarning pastki qatlamlarga tezroq o‘tishiga sabab bo‘lishi mumkin. Loyli va kam suv o‘tkazuvchi qatlamlar esa tabiiy to‘siq vazifasini bajaradi, biroq ularning ham muhandislik talablariga mosligi alohida o‘rganilishi lozim [19].

Buxoro tumani sharoitida tuproq va grunt suvlari omillarini alohida emas, balki birgalikda baholash zarur. Chunki filtrat xavfi tuproqning suv o‘tkazuvchanligi, grunt suvlarining chuqurligi va relyefning drenaj sharoitiga bog‘liq. Agar pastqam relyef, yuqori grunt suvi va yuqori filtratsion xususiyatga ega tuproq bir hududda uchrasa, bunday maydon poligon joylashtirish uchun yuqori xavfli zona sifatida qaraladi.

Bu jarayonda yer monitoringi ma’lumotlari muhim ahamiyatga ega. Yer monitoringi yer resurslarining sifat holatini kuzatish, degradatsiya jarayonlarini aniqlash va salbiy o‘zgarishlarni oldindan baholash imkonini beradi [6]. Shuning uchun poligon joylashtirishdan oldin tanlanayotgan hududning tuproq holati, sho‘rlanish darajasi, eroziya xavfi, yer osti suvlari sathi va antropogen yuklamasi monitoring ma’lumotlari asosida tahlil qilinishi kerak.

Infratuzilmaviy omillarni fazoviy baholash. Infratuzilmaviy omillar poligon joylashtirishda ekologik omillar qatori muhim ahamiyatga ega. Agar tabiiy-iqlim omillari hududning ekologik xavfsizligini belgilasa, infratuzilma omillari poligonning iqtisodiy samaradorligi, logistika qulayligi, texnik ekspluatatsiyasi va sanitariya xavfsizligini aniqlaydi.

Transport infratuzilmasi poligon faoliyatining iqtisodiy samaradorligiga bevosita ta’sir qiladi. Yo‘l tarmoqlaridan juda uzoq joylashgan hududlarda chiqindilarni tashish xarajatlari ortadi, maxsus transport vositalarining yoqilg‘i sarfi ko‘payadi va logistika tizimining samaradorligi pasayadi. Biroq asosiy yo‘llarga haddan tashqari yaqin joylashuv ham maqbul emas, chunki bu vizual ifloslanish, chang, hid va sanitariya xavfini kuchaytirishi mumkin [13,15].

Aholi punktlariga nisbatan masofa sanitariya va ijtimoiy xavfsizlik mezoni sifatida alohida baholanadi. Poligon aholi yashash hududlariga yaqin joylashsa, hid, gaz, chang, transport shovqini va vizual landshaft buzilishi aholi salomatligi va yashash sifati uchun salbiy oqibatlar keltirib chiqarishi mumkin [4,7]. Shu sababli aholi punktlari atrofida sanitariya-himoya zonalari shakllantiriladi va bu hududlar poligon joylashtirish uchun cheklov sifatida ajratiladi.

Muhandislik kommunikatsiyalari esa poligonning texnik faoliyatini ta’minlovchi muhim omildir. Elektr energiyasi, ichki yo‘llar, suv ta’minoti, drenaj tizimi, gaz yig‘ish va filtratni boshqarish tizimlari poligon ekspluatatsiyasining ajralmas qismi hisoblanadi [9]. Ammo mavjud magistral kommunikatsiyalarga haddan tashqari yaqin joylashish texnik xavfsizlik va qurilish cheklovlarini yuzaga keltirishi mumkin. Shu sababli muhandislik tarmoqlari “qulaylik” va “cheklov” mezonlari sifatida ikki tomonlama baholanishi lozim.

Tabiiy-iqlim va infratuzilmaviy omillarning

o‘zaro bog‘liqligi. Maishiy chiqindilar poligonini joylashtirishda tabiiy-iqlim va infratuzilmaviy omillar bir-biridan ajratilgan holda emas, balki yagona fazoviy tizimda baholanishi kerak. Chunki amaliyotda bir mezon bo‘yicha qulay hudud boshqa mezon bo‘yicha xavfli bo‘lishi mumkin. Masalan, transport yo‘liga yaqin hudud iqtisodiy jihatdan qulay bo‘lsa-da, u aholi punktlariga yaqin joylashgan bo‘lsa, sanitariya xavfi ortadi. Shuningdek, muhandislik tarmoqlariga yaqin hudud texnik jihatdan qulay bo‘lishi mumkin, ammo u suv inshootlari yoki grunt suvlari yaqin hudud bilan kesishsa, ekologik xavf kuchayadi.

Quyidagi jadvalda tabiiy-iqlim va infratuzilmaviy omillarning poligon joylashtirishdagi o‘zaro ta’siri umumlashtirilgan (2-jadval).

2-jadval.

Tabiiy-iqlim va infratuzilmaviy omillarning poligon joylashtirishdagi o‘zaro ta’siri

Omil	Ijobiy tomoni	Xavfli tomoni	Baholash yondashuvi
Yo‘llarga yaqinlik	tashish xarajatini kamaytiradi	aholi va yo‘lbo‘yi hududlariga sanitariya ta’siri ortadi	optimal masofa va bufer tahlili
Aholi punktlaridan uzoqlik	sanitariya xavfini kamaytiradi	logistika xarajatini oshirishi mumkin	sanitariya zonasi + transport tahlili
Tekis relyef	qurilish uchun qulay	drenaj sust bo‘lsa, filtrat xavfi ortadi	DEM va nishablik tahlili
Grunt suvlari chuqurligi	ekologik xavfsizlikni oshiradi	yuzaga yaqin bo‘lsa, suv ifloslanishi xavfi kuchayadi	gidrogeologik baholash
Shamol yo‘nalishi	ventilyatsiya jarayoniga ta’sir qiladi	gaz va hidni aholi punktlariga olib borishi mumkin	shamol sektori va SHZ tahlili
Elektr tarmog‘i mavjudligi	ekspluatatsiya samaradorligini oshiradi	texnik xavfsizlik masalalarini keltiradi	masofa va cheklov zonasi

Jadvaldan ko‘rinadiki, poligon joylashtirishda “qulay hudud” tushunchasi ko‘p omilli mazmunga ega. Bunda logistika jihatdan qulaylik ekologik xavfsizlikdan ustun qo‘yilmasligi kerak. Aksincha, ekologik xavfsizlik, sanitariya masofasi va texnik ekspluatatsiya imkoniyatlari o‘rtasida muvozanat ta’minlanishi zarur.

GAT asosida fazoviy baholash bosqichlari. Buxoro tumani hududida poligon joylashtirish uchun mos maydonlarni aniqlashda GAT texnologiyalaridan foydalanish samarali hisoblanadi. GAT yordamida har bir mezon alohida qatlam ko‘rinishida shakllantiriladi, so‘ngra ular yagona koordinata tizimida solishtiriladi va kompleks baholash modeli tuziladi [10; 20].

Fazoviy baholash quyidagi bosqichlarda amalga oshirilishi mumkin:

1. **Ma’lumotlarni yig‘ish:** yer kadastri, topografik xaritalar, DEM, yo‘l tarmoqlari, aholi punktlari, suv obyektlari, tuproq va gidrogeologik ma’lumotlar yig‘iladi.
2. **Qatlamlarni tayyorlash:** har bir omil GAT muhitida alohida vektor yoki raster qatlamga aylantiriladi.

3. Buffer zonalarni shakllantirish: aholi punktlari, suv obyektlari, yo‘llar va muhandislik kommunikatsiyalari atrofida masofa zonalari belgilanadi.

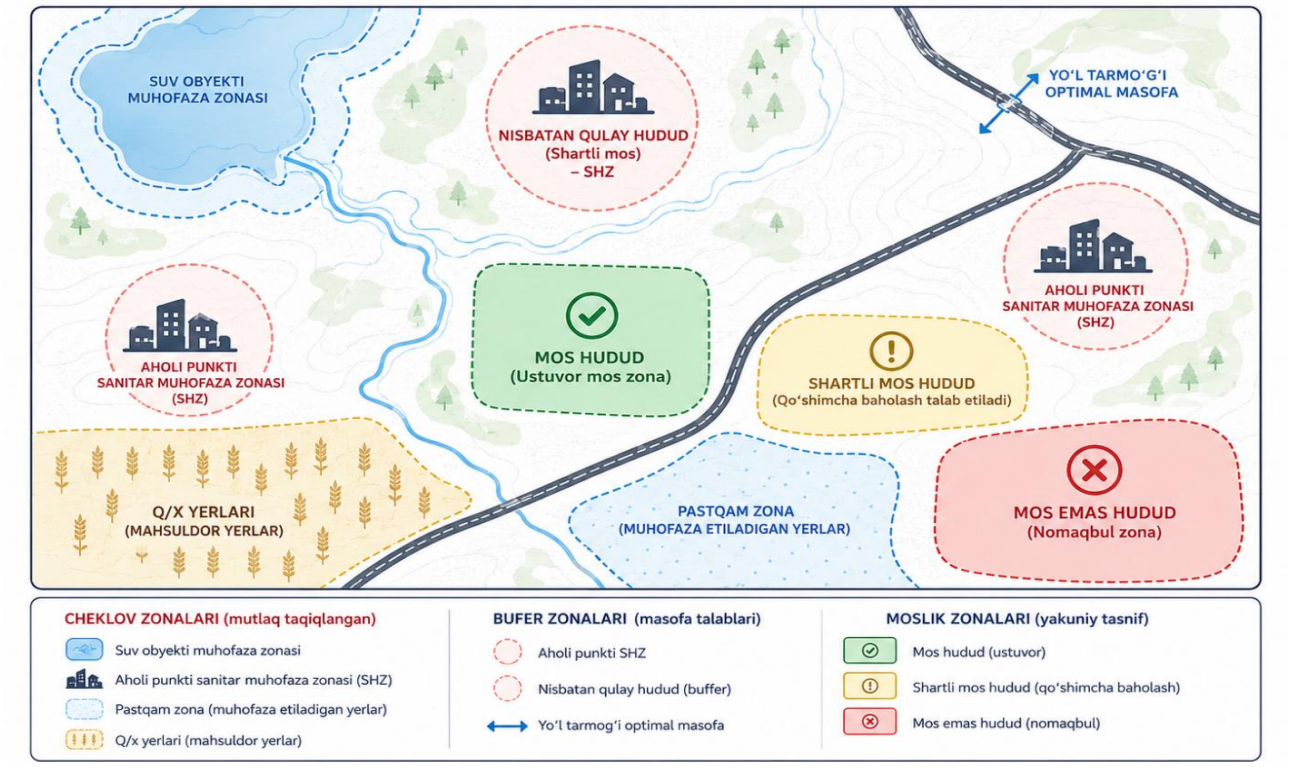
4. Cheklov hududlarini ajratish: suv muhofaza zonalari, aholi punktlariga yaqin hududlar, grunt suvlari yuzaga yaqin maydonlar va qishloq xo‘jaligi yerlari nomaqbul hudud sifatida belgilanadi.

5. Mezonlarni normalizatsiya qilish: turli birliklarda ifodalangan ko‘rsatkichlar yagona baholash shkalasiga keltiriladi.

6. Ko‘p mezonli tahlil: AHP yoki boshqa MCDA usullari yordamida mezonlarga og‘irlik koeffitsientlari beriladi [11; 12].

7. Moslik xaritasini tuzish: yakuniy baholash natijasida hududlar mos, shartli mos va nomaqbul zonalarga ajratiladi.

Poligon joylashtirishda hududiy cheklovlarni aniqlash muhim ahamiyatga ega. Chunki har qanday yer maydoni poligon qurilishi uchun mos bo‘lavermaydi. Aholi punktlariga yaqin hududlar sanitariya xavfi tufayli, suv obyektlariga yaqin maydonlar gidroekologik xavf sababli, sug‘oriladigan qishloq xo‘jaligi yerlari esa iqtisodiy va kadastr ahamiyati tufayli cheklangan hududlar sifatida baholanadi. Shu bilan birga, yo‘l tarmoqlariga nisbatan optimal masofa ham aniqlanishi kerak: juda uzoq joylashuv tashish xarajatlarini oshiradi, juda yaqin joylashuv esa sanitariya va vizual ifloslanish xavfini kuchaytiradi (2-rasm).



2-rasm. Aholi punktlari, suv obyektlari, yo‘llar va qishloq xo‘jaligi yerlari bo‘yicha cheklov-bufer modeli

2-rasmda Buxoro tumani hududi uchun shartli cheklov-bufer modeli tasvirlangan. Unda aholi punktlari atrofida sanitariya-himoya zonalari, suv obyektlari bo‘yicha muhofaza cheklovlari, yo‘l tarmog‘i bo‘yicha optimal masofa va sug‘oriladigan qishloq xo‘jaligi yerlari alohida ko‘rsatilgan. Rasmda shartli mos maydon suv obyektlaridan yetarli masofada, aholi punktlarining sanitariya zonalaridan tashqarida va

yo‘l tarmog‘iga nisbatan qulay joylashgan hudud sifatida ifodalangan. Bu yondashuv poligon uchun hudud tanlashda faqat bitta mezonga emas, balki bir nechta fazoviy cheklovlarning kesishmasiga asoslanish zarurligini ko‘rsatadi.

Cheklov-bufer modeli poligon uchun nomaqbul hududlarni dastlabki bosqichda ajratish imkonini beradi. Biroq yakuniy qaror qabul qilish uchun faqat cheklovlarni belgilash yetarli emas. Qolgan hududlar tabiiy-iqlim, gidrogeologik, infratuzilmaviy va kadastr mezonlari bo‘yicha kompleks baholanishi kerak. Bunday vazifani GAT asosidagi fazoviy baholash algoritmi orqali amalga oshirish mumkin.

Mazkur yondashuv poligon joylashtirish qarorini subyektiv tanlovdan ilmiy asoslangan fazoviy baholash jarayoniga o‘tkazadi. Ayniqsa, Buxoro tumani kabi tabiiy-iqlim sharoiti murakkab hududlarda bunday yondashuv ekologik xavflarni kamaytirish va yer resurslaridan oqilona foydalanish imkonini beradi.

Natijalar va muhokama. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, Buxoro tumani hududida maishiy chiqindilar poligonini joylashtirish uchun eng muhim omillar ekologik xavfsizlik, sanitariya masofasi, transport qulayligi va kadastr-hududiy moslik bilan bog‘liqdir. Tabiiy-iqlim omillari ichida shamol, harorat, grunt suvlari va relyef asosiy xavf manbalari sifatida namoyon bo‘ladi. Infratuzilmaviy omillar ichida esa yo‘llarga nisbatan optimal masofa, aholi punktlaridan uzoqlik va muhandislik tarmoqlariga nisbatan xavfsiz yaqinlik muhim mezon hisoblanadi.

Buxoro tumani sharoitida yuqori harorat organik chiqindilarning parchalanishini tezlashtirib, poligon gazlarining ajralish intensivligini oshiradi. Shamol esa ushbu gaz va chang zarrachalarini keng hududga tarqatishi mumkin. Shuning uchun poligon joylashuvi sanitariya-himoya zonasi, shamol yo‘nalishi va aholi punktlari joylashuvi bilan birgalikda baholanishi zarur.

Gidrogeologik jihatdan grunt suvlari sathi yuqori yoki suv obyektlariga yaqin hududlar poligon joylashtirish uchun xavfli hisoblanadi. Bunday zonalarda filtratning suv qatlamlariga o‘tish ehtimoli yuqori bo‘ladi. Shu sababli grunt suvlari chuqur joylashgan, suv obyektlaridan yetarli masofada bo‘lgan va tuproq qatlamlari nisbatan kam filtratsion xususiyatga ega hududlar ustuvor baholanishi kerak.

Infratuzilma nuqtai nazaridan poligon yo‘l tarmog‘idan juda uzoqda bo‘lmasligi kerak, chunki bu chiqindilarni tashish xarajatlarini oshiradi. Ammo asosiy yo‘llar va aholi punktlariga haddan tashqari yaqin joylashuv sanitariya va ijtimoiy xavflarni kuchaytiradi. Shu bois optimal hudud transport qulayligi va sanitariya xavfsizligi o‘rtasidagi muvozanat asosida tanlanishi lozim.

Xulosa. Buxoro tumani hududida maishiy chiqindilar poligonini joylashtirishga ta’sir etuvchi tabiiy-iqlim va infratuzilmaviy omillarni fazoviy baholash shuni ko‘rsatadiki, poligon joylashuvi ko‘p mezonli hududiy tahlil asosida aniqlanishi zarur. Hududning faqat bo‘shligi yoki yo‘lga yaqinligi poligon uchun yetarli mezon bo‘la olmaydi. Poligon joylashuvi ekologik xavfsizlik, sanitariya masofasi, gidrogeologik barqarorlik, relyef sharoiti, tuproq xususiyati, transport qulayligi va kadastr-hududiy moslik bilan birgalikda asoslanishi kerak.

Tabiiy-iqlim omillaridan shamol, yuqori harorat, relyef va grunt suvlari ekologik xavf darajasini belgilaydi. Infratuzilmaviy omillardan

yo‘l tarmoqlari, aholi punktlari va muhandislik kommunikatsiyalari esa poligonning iqtisodiy samaradorligi va sanitariya xavfsizligiga ta’sir ko‘rsatadi. Ushbu omillarni GAT muhitida qatlamlar ko‘rinishida tahlil qilish poligon joylashtirish qarorini ilmiy asoslangan, shaffof va kartografik dalillarga tayangan jarayonga aylantiradi.

Shunday qilib, Buxoro tumani sharoitida maishiy chiqindilar poligonini joylashtirish uchun tabiiy-iqlim va infratuzilmaviy omillarni kompleks baholash ekologik xavflarni kamaytirish, aholi salomatligini himoya qilish, logistika xarajatlarini optimallashtirish va yer resurslaridan oqilona foydalanishni ta’minlashning muhim ilmiy-metodologik asosi hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasining Yer kodeksi. 1998-yil 30-aprel.
2. O‘zbekiston Respublikasining “Chiqindilar to‘g‘risida”gi Qonuni. 2002-yil 5-aprel, 362-II-son.
3. O‘zbekiston Respublikasining “Tabiatni muhofaza qilish to‘g‘risida”gi Qonuni. 1992-yil 9-dekabr, 754-XII-son.
4. O‘zbekiston Respublikasining “Aholining sanitariya-epidemiologik osoyishtaligi to‘g‘risida”gi Qonuni. 2015-yil 26-avgust, O‘RQ-393-son.
5. O‘zbekiston Respublikasining “Davlat yer kadastri to‘g‘risida”gi Qonuni. 1998-yil 28-avgust, 666-I-son.
6. O‘zbekiston Respublikasida yer monitoringi to‘g‘risidagi nizom.
7. Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste. Official Journal of the European Communities.
8. Kaza S., Yao L., Bhada-Tata P., Van Woerden F. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Washington, DC: World Bank, 2018.
9. Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S.A. Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues. New York: McGraw-Hill, 1993.
10. Malczewski J. GIS and Multicriteria Decision Analysis. New York: John Wiley & Sons, 1999.
11. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. New York: McGraw-Hill, 1980.
12. Kontos T.D., Komilis D.P., Halvadakis C.P. Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology // Waste Management. 2005. Vol. 25(8). P. 818-832.
13. Sumathi V.R., Natesan U., Sarkar C. GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill // Waste Management. 2008. Vol. 28(11). P. 2146-2160.
14. Şener Ş., Şener E., Nas B., Karagüzel R. Combining AHP with GIS for landfill site selection: a case study in the Lake Beyşehir catchment area // Waste Management. 2010. Vol. 30(11). P. 2037-2046.
15. Geneletti D. Combining stakeholder analysis and spatial multicriteria evaluation to select and rank inert landfill sites // Waste Management. 2010. Vol. 30(2). P. 328-337.
16. Siddiqui M.Z., Everett J.W., Vieux B.E. Landfill siting using geographic information systems: a demonstration // Journal of Environmental Engineering. 1996. Vol. 122(6). P. 515-523.
17. Chang N.B., Parvathinathan G., Breeden J.B. Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region // Journal of Environmental Management. 2008. Vol. 87(1). P. 139–153.
18. IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

Volume 5: Waste. Chapter 3: Solid Waste Disposal. IGES, Japan, 2006.
19. Fetter C.W. Applied Hydrogeology. 4th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001.
20. Burrough P.A., McDonnell R.A. Principles of Geographical Information Systems. Oxford: Oxford University Press, 1998.

UDK: 528.9; 528.8; 556

INTEGRATED GIS-BASED TERRITORIAL ANALYSIS USING THEMATIC SPATIAL LAYERS

Zh.Z. Toleubekova *- Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan*
B.M.Uspankulov *- The Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Tashkent, Uzbekistan*
Z.N. Kurmangalieva *- Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan*
A.O.Kolmukhanov *- Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan*
N.B. Zhumagul *- Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan*
Corresponding author: Z.N. Kurmangalieva, e-mail: zabida_98@mail.ru

Abstract. *People living in arid and semi-arid regions with highly variable precipitation regimes are increasingly exposed to both droughts and floods, which directly affects the availability and sustainability of water resources. Surface runoff harvesting has long been recognized as an effective water management practice in water-scarce environments, helping to meet growing water demands, mitigate the impacts of climate change, and reduce land degradation and desertification processes. This study integrates remote sensing (RS) and geographic information systems (GIS) with the Analytic Hierarchy Process (AHP) to develop a cost-effective and reliable framework for identifying suitable locations for farm reservoirs within the steppe zone of Northern Kazakhstan.*

The assessment was based on six thematic layers: hydrogeology, slope, drainage density, land use/land cover, soil characteristics, and snow water equivalent (SWE). These factors were selected due to their strong influence on runoff generation, infiltration processes, water accumulation potential, and the availability of snowmelt and floodwater resources.

The results indicate that the most suitable areas for farm reservoir development are characterized by moderate drainage density, gentle slopes, high SWE values, and the presence of flood-prone vegetation cover. Furthermore, the study demonstrates that harvesting meltwater from approximately 30% of the study area could enable nearly one-quarter of the agricultural lands within the region to transition to deficit irrigation practices. Such an approach could reduce flood risks, improve the resilience and economic stability of farming systems during drought years, and support the cultivation of higher-value crops. Overall, the findings highlight the significant potential of farm reservoirs for seasonal meltwater

storage as an adaptive strategy for addressing both agricultural drought and spring flood hazards in Northern Kazakhstan.

Keywords. *Remote sensing, geographic information systems (GIS), thematic spatial layers, analytical hierarchy process (AHP), snowmelt, floodwaters, surface runoff harvesting*

Introduction

Northern grain-producing regions of the Republic of Kazakhstan have increasingly experienced the impacts of climate change in recent years. During the warm season, aridity intensifies, while the spring period is characterized by a growing risk of large-scale flooding [1]. As regional agriculture is predominantly based on rainfed farming and lacks reliable surface water resources, drought remains one of the principal factors limiting agricultural productivity [2]. According to international assessments, annual economic losses associated with droughts in Kazakhstan may reach hundreds of millions of euros. At the same time, excessive winter and spring precipitation contributes to destructive floods that cause substantial damage to settlements and infrastructure.

One of the most promising adaptation measures is the storage of snowmelt and floodwaters in farm reservoirs [3,4]. Similar approaches were widely implemented during the Soviet period, when thousands of agricultural ponds and small reservoirs were constructed across the steppe regions. However, following the dissolution of the USSR, many of these hydraulic structures were abandoned, resulting in infrastructure degradation, deterioration of water quality, and loss of their regulatory function. Moreover, historical water-management schemes did not account for current climatic trends, including the increasing intensity of spring floods.

Surface runoff harvesting is recognized as a well-established water management strategy that can enhance water availability for agriculture, reduce soil erosion, mitigate flood hazards, and support environmental sustainability [5]. Recent advances in remote sensing (RS) and geographic information systems (GIS), combined with multi-criteria decision-making techniques such as the Analytic Hierarchy Process (AHP), provide new opportunities for comprehensive suitability assessments of reservoir placement. Remote sensing technologies enable access to extensive spatial datasets, while AHP facilitates the quantitative evaluation of multiple environmental and hydrological factors involved in decision-making.

For the northern steppe regions of Kazakhstan, snow represents a critical component of the hydrological balance, as it forms the primary source of spring runoff. Consequently, there is a need to develop specialized methodological approaches that consider the characteristics of cold semi-arid climates.

This study evaluates the potential of the Akkayin District in the North Kazakhstan Region for snowmelt water accumulation in farm reservoirs aimed at reducing the risks of agricultural droughts and spring floods. The modeling framework incorporates six key parameters: hydrogeology, surface slope, drainage density, land use and land cover, soil types, and snow water equivalent (SWE) [6]. Particular attention is given to the development of a snow storage map based on the authors' methodology [7]. After determining factor weights using the AHP approach, a suitability map for farm reservoir placement was generated, identifying areas of low,

moderate, high, and very high suitability. The results were validated using data from existing farm reservoirs within the study area. The findings provide a scientific basis for the development of flood early-warning systems and for improving the resilience of agriculture to drought conditions in Northern Kazakhstan.

Materials and Methods

The study area (fig. 1) is located within one of the largest grain-producing districts of the North Kazakhstan Region. The territory is characterized by a sharply continental climate with pronounced annual temperature variability and insufficient moisture availability. Most of the study area lies within the West Siberian Plain, where the landscape is dominated by numerous closed depressions that host clusters of lakes and isolated lacustrine water bodies.

The distribution of atmospheric precipitation exhibits considerable interannual variability. Snow cover formation is highly uneven due to strong wind activity, which redistributes snow and causes significant snow drift from exposed surfaces. During the summer season, dry winds intensify soil moisture loss and contribute to severe desiccation of the land surface.

The soil cover of the region demonstrates distinct zonal differentiation. In the northern part of the study area, ordinary loamy chernozems predominate, gradually transitioning southward into southern chernozems with lighter texture composition. In addition to these zonal soils, the territory also contains extensive intrazonal soil complexes, including solonetz and saline soils.

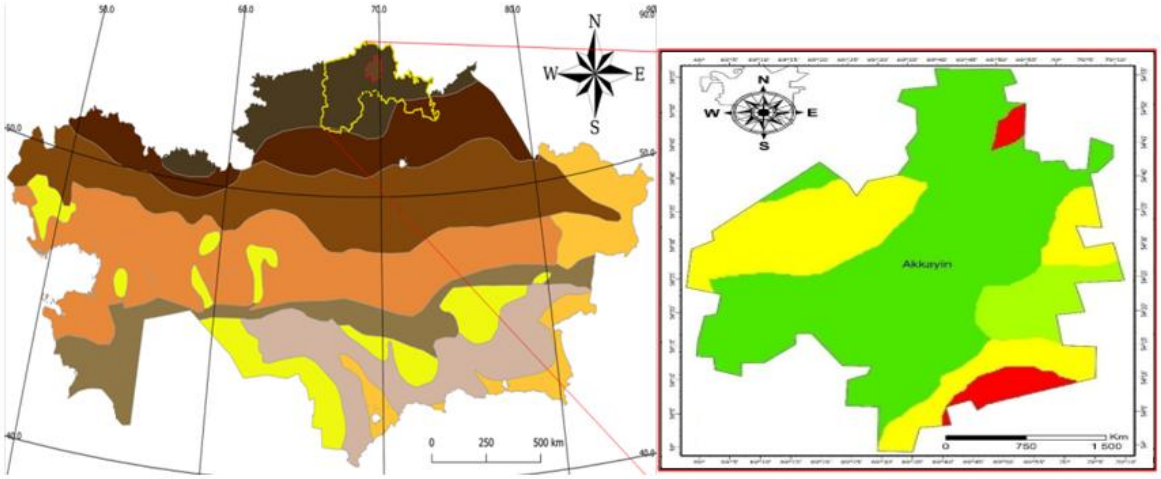


Figure 1. Soil map of the Republic of Kazakhstan and the soil map of the study area

Data Sources

Snow Survey

Field-based snow survey measurements were conducted during two observation periods: at the end of January 2023 and at the end of February 2023 (fig. 2). Snow depth was measured using a wooden snow gauge with a precision of 1 mm, while snow density was determined using a gravimetric snow sampler. The actual snow density was calculated using the following equation:

$$\rho = \frac{m}{h \times S}$$

where **ρ** is the snow density (g/cm³), **m** is the snow mass, **h** is the snow depth (cm), and **S** is the cross-sectional area of the gravimetric snow sampler (cm²) (table 1).

Table 1. Number of measured points within the study area and the dates of snow survey observations

January 2023		*February 2023*	
Snow density	Snow depth	Snow density	Snow depth
197	39	115	26



Figure 2. Snow survey sampling points within the study area in January 2023

Due to the limited accessibility of the study area during the winter season, a motorized snow vehicle was used to ensure efficient movement between survey locations. High-precision positioning of snow survey points was carried out using a portable satellite navigation receiver.

In addition, aerial surveying was conducted during the summer period using an unmanned aerial system (UAS) to generate a high-resolution digital surface model for subsequent hydrological analysis (fig. 3). The survey was performed using a fixed-wing unmanned aerial vehicle equipped with a digital camera. Flights were conducted at relatively high altitudes while maintaining substantial forward and side image overlap. As a result, an extensive image dataset covering a large portion of the study area was acquired.

Ground control points (GCPs) were not established during the survey due to the large spatial extent of the study site. Instead, post-processing of image center coordinates was performed using onboard dual-frequency GPS data in combination with observations from Stonex S900 and Stonex S10 base stations.



Figure 3. UAV-based field survey operations within the study area.

Thematic Layers and Satellite Remote Sensing Data

To evaluate the factors controlling the formation and distribution of snowmelt and floodwaters, six principal thematic layers were developed: hydrogeological conditions, terrain slope, drainage density, land use and land cover, soil characteristics, and snow water equivalent (SWE). The selection of these parameters was based on expert assessments and a review of relevant scientific literature.

Hydrogeological data were derived through the digitization of medium-scale maps produced by national hydrological agencies and were used as baseline input data for the modeling process. Surface slope and drainage density parameters were calculated from a digital elevation model (DEM). Land use and land cover mapping was performed using high-resolution satellite imagery combined with expert-based thematic classification approaches. Soil mapping relied on globally available international soil databases. SWE estimation was carried out by integrating field-based snow survey measurements with satellite imagery acquired during corresponding observation periods. The satellite datasets used in the study were obtained from cloud-based global Earth observation platforms.

Potential areas suitable for snowmelt and floodwater storage were identified through the integration of all thematic layers using the Weighted Linear Combination (WLC) method within the spatial analysis environment of ArcGIS Pro version 2.8. The relative importance of thematic layers and their subclasses was determined using the Analytic Hierarchy Process (AHP).

In addition, a vector layer of agricultural lands within the study area was used to exclude territories unsuitable for water storage development. To evaluate the practical efficiency of reservoir placement, a 1 km buffer zone was established around agricultural fields. It was assumed that collecting and transporting meltwater from distances exceeding 1 km would be economically and technically inefficient for agricultural use.

At this stage, a preliminary techno-economic assessment of snowmelt and floodwater storage potential within the study area was conducted. During the planning of water storage territories for agricultural purposes, several technical, economic, and environmental constraints were considered. From a technical perspective, storing meltwater in remote locations and transporting it over long distances through pipeline systems was regarded as impractical. Economically, such infrastructure would require substantial investment in pipelines and maintenance, resulting in high financial and labor costs for agricultural enterprises. From an environmental perspective, areas characterized by elevated concentrations of harmful metals and metalloids in water, including manganese and arsenic, were excluded due to their unsuitability for agricultural applications.

Preparation of Thematic Layers

Hydrogeology

The hydrogeological map characterizes groundwater occurrence conditions, as well as the processes governing groundwater formation and spatial distribution. Since such maps are developed through comprehensive hydrogeological investigations incorporating geological and tectonic information, particular attention in this study was given to the lithological composition of aquifers and the degree of groundwater mineralization.

The hydrogeological map of the study area was digitized using GIS-

based analytical tools within the ArcGIS Pro 2.8 environment.

Slope

Surface slope, which reflects terrain steepness, represents one of the key morphometric characteristics of the study area. Areas with moderate slope values generally possess higher infiltration potential, whereas steeper terrains are associated with increased surface runoff generation [8].

In the present study, slope was considered one of the primary criteria for identifying suitable areas for snowmelt and floodwater storage. The average slope within the study area is approximately 2%. Areas with slopes exceeding 5% were regarded as less suitable for water accumulation due to enhanced runoff processes and reduced infiltration capacity.

The slope map was generated from the digital elevation model (DEM) using spatial analysis tools in ArcGIS Pro 2.8 according to the following equation, where Srepresents the three-dimensional slope, $\frac{dZ}{dx}$ is the horizontal rate of elevation change divided by the distance between pixels, and $\frac{dZ}{dy}$ is the vertical rate of elevation change divided by the distance between pixels:

$$S = \sqrt{\left(\frac{dZ}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dZ}{dy}\right)^2} \quad (1)$$

Drainage Density

Drainage density represents one of the key factors in assessing the suitability of territories for the accumulation of snowmelt and floodwaters in farm reservoirs. Areas characterized by high drainage density generally exhibit intensive surface runoff processes, which are commonly associated with lower infiltration capacity and, consequently, reduced water storage potential [9,10].

In this study, it was assumed that the most favorable locations for farm reservoir development should be situated in the lower parts of catchment areas while remaining outside zones with extremely high drainage density values. To generate the drainage density map of the study area, a series of geoprocessing procedures was performed. Based on the digital elevation model (DEM), stream networks were ordered and classified according to stream hierarchy, taking into account the number of tributaries, and a drainage network index was subsequently created.

Drainage density was calculated using the Line Density tool in ArcGIS Pro 2.8 according to the following equation, where DD is drainage density, L is stream length, and A is the basin area:

$$DD = \frac{\sum_1^n L}{A} \quad (2)$$

Land Use and Land Cover

Land use and land cover represent important factors influencing surface runoff intensity, water consumption, and snow accumulation processes [11]. Bare lands, heavily snow-drifted areas, and urbanized territories were classified as the least suitable for snowmelt and floodwater storage. In contrast, areas occupied by floodplain vegetation, grasslands, and shrub communities were identified as the most favorable locations for farm reservoir development.

The land use and land cover (LULC) map of the study area was generated using high-resolution remote sensing data from the Sentinel-1 and Sentinel-2 satellite missions. The classification procedure was based on an expert rule-based approach, with ESRI LULC 2021 data employed as the reference dataset.

Soil cover plays a significant role in controlling surface runoff formation and infiltration intensity, thereby directly influencing the availability of snowmelt and floodwaters for subsequent storage [12]. The physical and mechanical properties of soils, including particle-size composition and pore structure, substantially affect

groundwater recharge processes [13,14]. Coarse-textured soils generally exhibit higher infiltration capacities than fine-textured soils, which may increase runoff losses during the accumulation of meltwater in farm reservoirs [15].

At the same time, under current climate warming conditions, accelerated snowmelt often occurs while the soil remains frozen to depths of approximately 1–1.5 m. As a result, during the early spring period, infiltration of meltwater is significantly restricted regardless of soil type, promoting intensive surface runoff generation and the development of flood processes.

Snow Water Equivalent

Snow water equivalent (SWE) was considered one of the key parameters of the study, as it integrates both snow depth and snow density characteristics, thereby representing the total volume of water potentially available for storage in agricultural reservoirs. This parameter enables quantitative assessment of solid precipitation reserves and improves the understanding of river and lake hydrological regime formation [7].

A 10 m spatial resolution SWE map of the study area was produced using the authors' previously developed and validated methodology for estimating snow depth and snow storage based on remote sensing data and geoinformation technologies. Data processing and calculations were carried out using the Google Earth Engine platform, which enables efficient analysis of large-scale geospatial datasets. The original computational scripts have been published in open access [16].

Results and Discussion

Six key parameters—hydrogeological conditions, surface slope, drainage density, land use and land cover, soil characteristics, and snow water equivalent (SWE)—were comprehensively analyzed to identify potential areas suitable for the placement of agricultural reservoirs. These factors exert a strong influence on surface runoff generation, infiltration processes, and the accumulation of snowmelt and floodwaters within the study area.

After assigning weighting coefficients to each factor using the Analytic Hierarchy Process (AHP), an integrated suitability map was produced, classifying the territory into zones with low, moderate, high, and very high potential for snowmelt and floodwater storage for agricultural purposes.

Hydrogeological Conditions

Hydrogeological characteristics were considered one of the fundamental criteria in evaluating land suitability for farm reservoir placement, as they reflect the combined influence of geological structure and hydrological regime. Particular attention was paid to infiltration rates, surface runoff formation, groundwater mineralization, and the lithological composition of aquifers.

Three principal aquifer types were identified within the study area: the Plio-Quaternary aquifer, the Quaternary lacustrine-alluvial aquifer, and the Neogene aquifer (Fig. 4). Their respective areas were estimated at 323.7 thousand ha (70.4%), 88.6 thousand ha (19.3%), and 47.5 thousand ha (10.3%).

The Neogene aquifer was identified as the least suitable for the development of agricultural reservoirs. This is primarily due to the widespread occurrence of saline lakes and territories with limited agricultural suitability, which substantially reduces the potential for meltwater storage and subsequent agricultural use.

The Quaternary lacustrine-alluvial aquifer was classified as having moderate suitability potential. This

aquifer is characterized by relatively low infiltration rates and enhanced surface runoff conditions. In addition, the presence of well-sorted clay deposits and carbonate inclusions may impose additional constraints on agricultural utilization.

The most favorable conditions were identified within the Plio-Quaternary aquifer, which occupies the majority of the study area. This aquifer is characterized by comparatively low groundwater mineralization and higher infiltration capacity, making these territories the most promising for the accumulation and subsequent agricultural use of snowmelt and floodwaters.

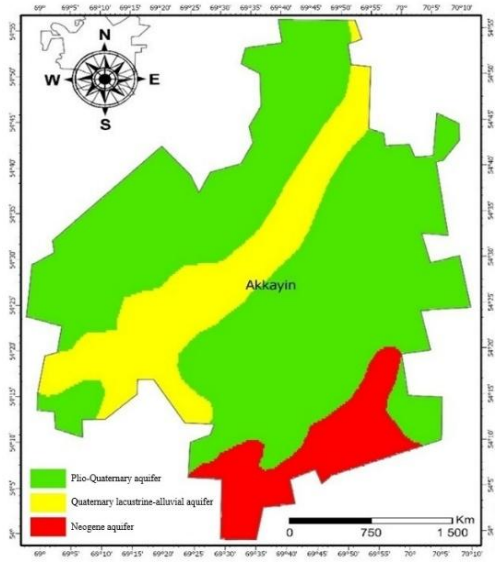


Figure 4. Types of aquifers within the study area

Surface Slope

Terrain morphology represents an important factor controlling surface runoff redistribution and the potential for snowmelt water accumulation. The average slope of the Akkayin District is approximately 2%, which generally creates favorable conditions for infiltration and localized water retention.

It is well established that increasing slope gradients accelerate surface runoff and reduce the contact time between water and soil, whereas gentle and moderate slopes promote more efficient infiltration. In this study, the slope map was classified into five suitability categories: very high potential (0–1%), high potential (1–2%), moderate potential (2–3%), low potential (3–4%), and very low potential (>4%) (fig. 5).

The topography of most of the study area was found to be favorable for the development of farm reservoirs. Approximately 42% of the territory was classified as having very high suitability potential, while an additional 40.5% was categorized as high potential. Moderate suitability accounted for 14% of the area, whereas low and very low suitability zones represented 2.6% and 0.9% of the territory, respectively.

Therefore, from a geomorphological perspective, more than 80% of the Akkayin District can be considered potentially suitable for the placement of farm water-storage reservoirs.

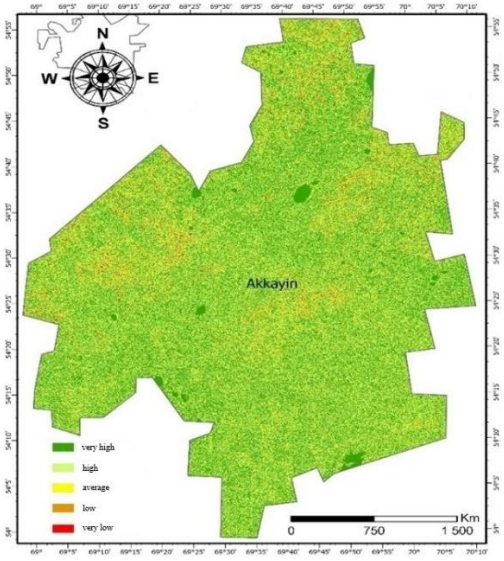


Figure 5. Surface slope classification of the study area

Drainage Density

Drainage density was identified as one of the most influential factors after snow water equivalent, as it directly reflects the intensity of surface runoff and the hydrological connectivity of the territory.

Areas characterized by high drainage density generally exhibit rapid water conveyance, which limits the potential for water retention and

accumulation. Conversely, territories with excessively low drainage density may possess insufficient catchment capacity. The most favorable conditions for farm reservoir placement are typically associated with moderate drainage density values.

For the suitability assessment, the study area was classified into five categories, analogous to the slope classification scheme (table 2). The ranking results were interpreted as follows:

Table 2. Drainage density classification and suitability assessment

Drainage density class	*Suitability potential*	*Share of territory*
Very high	Very low	1.3%
High	Low	8.5%
Moderate	High	26.7%
Low	Very high	34.5%
Very low	Moderate	29.0%

Overall, the analysis demonstrated that more than 60% of the study area possesses favorable drainage density characteristics for the development of farm water-storage reservoirs.

Land Use Structure and Land Cover Characteristics

An important stage of the suitability assessment for farm reservoir placement involved the analysis of the spatial distribution of land use and land cover types (fig. 6).

Urbanized areas, exposed soils, and lands unsuitable for agricultural use were grouped into a separate category. These territories are characterized by minimal capacity for snowmelt water accumulation and are therefore considered largely unsuitable for the construction of farm reservoirs. Their total share within the study area accounts for approximately 0.9%.

Surface water bodies were classified as areas with low suitability potential (approximately 2%). Although these territories contain existing water resources, their use for snowmelt storage is constrained by elevated mineralization levels and their spatial remoteness from agricultural lands, which reduces the practical efficiency of their integration into irrigation systems.

Forest vegetation and agricultural lands were combined into a single category with moderate suitability potential, covering approximately 59.1% of the study area. These territories are characterized by soil and vegetation cover capable of retaining moisture; however, intensive agricultural utilization limits the feasibility of reservoir placement.

Areas occupied by shrub vegetation demonstrated more favorable conditions for farm reservoir development and were classified as zones with high suitability potential (24.1%). This is associated with relatively favorable hydrological conditions and lower levels of anthropogenic disturbance.

According to expert assessment, territories covered by grassland and periodically flooded vegetation possess the highest potential for snowmelt water accumulation. Although these areas occupy a relatively limited portion of the study area (approximately 13.9%), they provide the most suitable conditions for the formation of localized reservoirs and the sustainable retention of surface runoff.

Overall, the analysis confirms that land use structure represents one of the determining factors in selecting sites for farm reservoir placement, as it directly influences infiltration processes, moisture retention capacity, and surface runoff formation.

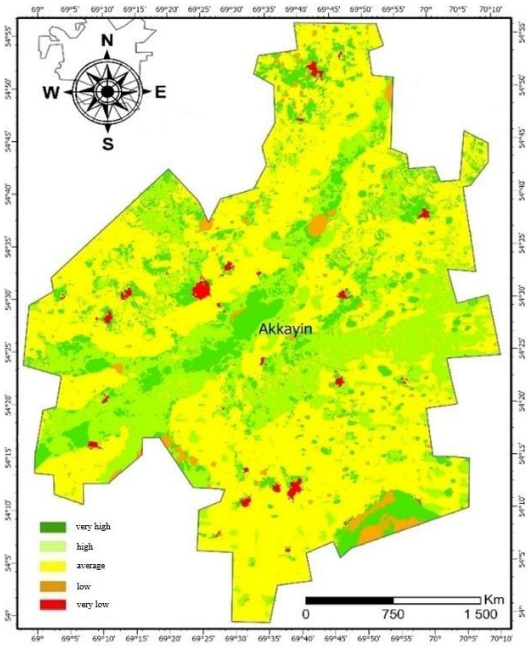


Figure 6. Classification of land use and land cover types within the study area

Soil Conditions of the Study Area

The analysis of soil cover constituted one of the key stages in assessing the suitability of the territory for farm reservoir placement, since soil properties largely determine infiltration processes, moisture retention capacity, and surface runoff formation. Four principal soil groups were identified within the study area: ordinary chernozems, ordinary carbonate chernozems, ordinary solonetzic chernozems, and solonetz soils.

Solonetz soils were identified as the least favorable for agricultural reservoir development. Their high alkalinity and unfavorable agrochemical properties restrict their suitability for agricultural production and negatively affect the quality of stored water. Consequently, these soils were classified as having very low suitability potential, occupying approximately 4% of the study area.

Ordinary solonetzic chernozems were characterized as territories with moderate suitability potential (27.2%). Although these soils possess a chernozem profile, increased mineralization and solonetzic properties deteriorate their hydrophysical characteristics and reduce the efficiency of water storage and subsequent agricultural utilization.

Ordinary carbonate chernozems demonstrated more favorable conditions for reservoir placement and were classified as high-potential areas (7.2%). These soils are characterized by relatively stable hydrophysical properties and fewer limitations for use within agricultural water-supply systems.

The most favorable conditions for snowmelt and spring water accumulation were observed within ordinary chernozems, which occupy the majority of the study area (61.6%). These soils are characterized by well-developed structure, high moisture-holding capacity, and favorable conditions for maintaining a stable hydrological regime.

It should be noted that detailed variations in infiltration capacity and moisture retention properties were not considered as independent ranking criteria. This is because the Akkayin District is dominated by soils belonging to the same genetic group—chernozems—and differences among their subtypes exert a less pronounced influence at the regional scale compared to other environmental factors.

Overall, the results confirm that soil cover plays an important yet interconnected role alongside other natural conditions in determining the optimal locations for farm water-storage reservoirs.

Snow Water Equivalent

The assessment of the spatial distribution of snow water equivalent (SWE) represented one of the central stages of the study, since the amount of moisture accumulated within the snowpack largely determines water availability during the spring snowmelt

period (fig. 7). For this purpose, a high-resolution SWE map generated using the authors' previously developed methodology was utilized.

According to the obtained results, areas classified as having very low potential occupy approximately 5.9% of the study area (SWE ≤ 10 kg/m²). Zones with low potential account for 6.9% of the territory (SWE ≤ 20 kg/m²), while areas with moderate potential comprise 8.6% (SWE ≤ 30 kg/m²). The relatively limited extent of these categories indicates that substantial snow moisture reserves are generally formed across the region during winter.

Accordingly, the majority of the territory is characterized by higher SWE values. Areas with snow moisture reserves ranging from 30 to 40 kg/m² were classified as high-potential zones and occupy approximately 19.8% of the territory. The most favorable conditions for snowmelt water accumulation were identified in areas with SWE values exceeding 50 kg/m², which were classified as very high-potential zones and cover 58.8% of the study area.

Overall, the obtained results confirm the critical role of snow cover as the primary source of water resource formation during the spring season under the climatic conditions of Northern Kazakhstan. The substantial moisture reserves accumulated within the snowpack create favorable prerequisites for the implementation of snowmelt water harvesting technologies and their subsequent use in agricultural water supply systems.

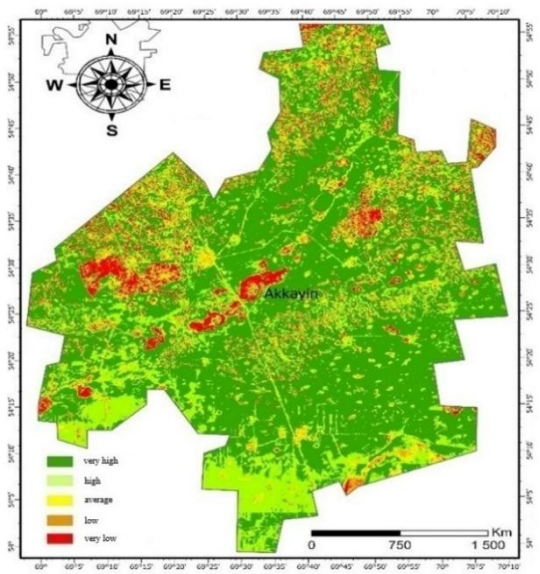


Figure 7. Classification of snow water equivalent distribution within the study area

The obtained results demonstrate that the GIS-based Analytic Hierarchy Process (AHP) approach provided reliable outcomes for identifying potential locations for agricultural reservoirs intended for snowmelt water harvesting within the study area. Overall, the Akkayin District exhibits high potential for the agricultural utilization of excess surface runoff. In comparison with similar studies, the present research incorporates a snow-related parameter, which has rarely been considered in previous assessments of this type.

Conclusion

This study identified potential locations for farm reservoirs designed for surface runoff harvesting in the Akkayin District of the North Kazakhstan Region using a GIS-based Analytic Hierarchy Process (AHP) approach combined with six input parameters: hydrogeology, surface slope, drainage density, land use/land cover, soil conditions, and snow water equivalent (SWE). These parameters exert the strongest influence on water availability, surface runoff formation, infiltration processes, and the accumulation of snowmelt and floodwaters.

The results indicate that the most suitable areas are characterized by moderate drainage density, gentle slopes, high SWE values, and the presence of floodplain vegetation and shrub communities.

In addition, the majority of cultivated agricultural lands were classified as territories with moderate suitability potential despite considerable snow moisture reserves and relatively favorable slope conditions. At the same time, less suitable zones occupy a comparatively small proportion of the territory, although a substantial part of these areas coincides with locations restricted by the 1 km buffer zone established around agricultural fields.

Through the integration of field surveys, remote sensing data, and the AHP method within a GIS environment, potential farm reservoir suitability maps were produced with an overall accuracy of 82%. Model accuracy was evaluated by comparing the predicted suitability zones with the actual spatial distribution of existing farm reservoirs.

The proposed approach may be applied to other regions of Northern Kazakhstan with similar soil and climatic conditions to address drought and spring flood challenges through the implementation of sustainable water management practices and improved agricultural water productivity.

Future research will focus on assessing the potential socio-economic benefits of sustainable water-use strategies based on the accumulation of snowmelt and floodwaters in farm reservoirs, as well as on improving irrigation water-use efficiency.

References

1. Dubovyk O., Ghazaryan G., González J., Graw V., Löw F., Schreier J. (2016). Drought hazard in Kazakhstan in 2000–2016: a remote sensing perspective. Environ Monit Assess 191, 510. https://doi.org/10.1007/s10661-019-7620-z

2. Suleimenov M., Saparov A., Akshalov K., Kaskarbayev Z. (2012). Land Degradation Issues in Kazakhstan and Measures to Address Them: Land Degrad. Pedol, 55, 373–381. https://doi.org/10.18920/pedologist.55.3_373

3. Rahman A. (2017). Recent Advances in Modelling and Implementation of Rainwater Harvesting Systems towards Sustainable Development. Water, 9, 959. https://doi.org/10.3390/w9120959

4. Al-Abadi A., Al-Shamma'a A., Aljabbari M. (2014). A GIS-Based DRASTIC Model for Assessing Intrinsic Groundwater Vulnerability in Northeastern Missan Governorate, Southern Iraq. Appl. Water Sci. https://doi.org/10.1007/s13201-014-0221-7.

5. Alwan I.A., Aziz N.A., Hamoodi M.N. (2020). Potential Water Harvesting Sites Identification Using Spatial Multi-Criteria Evaluation in Maysan Province, Iraq. ISPRS Int. J. Geo-Inf, 9, 235. https://doi.org/10.3390/ijgi9040235

6. Teleubay, Z., Yermekov, F., Tokbergenov, I., Toleubekova, Z., Assylkhanova, A., Balgabayev, N., & Kovács, Z. (2023). Identification of potential farm pond sites for spring surface runoff harvesting using an integrated analytical hierarchy process in a GIS environment in Northern Kazakhstan. Water. https://doi.org/10.3390/w15122258

7. Teleubay Z., Yermekov F., Tokbergenov I., Toleubekova Z., Igilmanov A., Yermekova Z., Assylkhanova A. (2022). Comparison of Snow Indices in Assessing Snow Cover Depth in Northern Kazakhstan.

Sustainability, 14, 9643. https://doi.org/10.3390/su14159643
8. Hagos Y.G., Andualem T.G. (2021). Geospatial and Multi-Criteria Decision Approach of Groundwater Potential Zone Identification in Cuma Sub-Basin, Southern Ethiopia. Heliyon, 7, e07963. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07963
9. Andualem T.G., Demeke G.G. (2019). Groundwater Potential Assessment Using GIS and Remote Sensing: A Case Study of Guna Tana Landscape, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. J. Hydrol. Reg. Stud, 24, 100610. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100610
10. Thomas R., Duraisamy V. (2018). Hydrogeological Delineation of Groundwater Vulnerability to Droughts in Semi-Arid Areas of Western Ahmednagar District. Egypt. J. Remote Sens. Space Sci, 21, 121–137. https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.11.008
11. Yifru B.A., Chung I.-M., Kim M.-G., Chang S.W. (2021). Assessing the Effect of Land/Use Land Cover and Climate Change on Water Yield and Groundwater Recharge in East African Rift Valley Using Integrated Model. J. Hydrol. Reg. Stud., 37, 100926. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100926
12. Etikala B., Golla V., Li P., Renati S. (2019). Deciphering Groundwater Potential Zones Using MIF Technique and GIS: A Study from Tirupati Area, Chittoor District, Andhra Pradesh, India. HydroResearch 2019, 1, 1–7, https://doi.org/10.1016/j.hydres.2019.04.001.
13. Musa J.J., Anijofor S.C., Obasa P., Avwevuruvwe J.J. (2017). Effects of Soil Physical Properties on Erodibility and Infiltration Parameters of Selected Areas in Gidan Kwano. Niger. J. Technol. Res, 12, 46–54. https://doi.org/10.4314/njtr.v12i1.8.
14. Gomboš M., Pavelková D., Kandra B., Tall A. (2019). Impact of Soil Texture and Position of Groundwater Level on Evaporation from the Soil Root Zone. In Water Resources in Slovakia: Part I: Assessment and Development;Negm, A.M., Zeleňáková, M., Eds.; The Handbook of Environmental Chemistry; Springer International Publishing: Cham, pp. 167–181. ISBN 978-3-319-92853-1.
15. Nolan B., Healy R., Taber P., Perkins K., Hitt K., Wolock D. (2006). Factors Influencing Groundwater Recharge in the Eastern United States.
16. Teleubay Z. (2023). Source Codes for Snow Depth and Snow Water Equivalent Calculation on Google Earthe Enigne Platform Using Sentinel-2 MSI Images.

UDK: 528.8.04:631.55/.58:004.4

SUN'IY YO‘LDOSH TASVIRLARI VA GAT TEXNOLOGIYALARI YORDAMIDA QISHLOQ XO‘JALIGI EKIN TURLARINI MONITORING QILISH: ZAMONAVIY DASTURIY MAJMUALARNING QIYOSIY-FUNKSIONAL TAHLILI

Teshayev Nozimjon Nusratovich *- “TIQXMMI” MTU, “Geodeziya va Geoinformatika” kafedrasi tayanch doktoranti*

Maxsudov Bobomurod Yuldoshovich *- O‘zbekiston Respublikasi Qishloq xo‘jaligi vazirligi, Agrokosmik texnologiyalarni joriy qilish bo‘limi boshlig‘i*

Mirjalalov Nuriddin To‘lqin o‘g‘li *- Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti, Geografiya va geoaxborot tizimlari fakulteti*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada qishloq xo'jaligi ekin turlarini masofadan zondlash ma'lumotlari asosida tasniflashda qo'llaniladigan yetakchi dasturiy ta'minot vositalari tizimli tahlil qilingan. GAT platformalari (ArcGIS, QGIS), ixtisoslashtirilgan masofadan zondlash dasturlari (ENVI, ERDAS Imagine), bulutli hisoblash platformalari (Google Earth Engine, Microsoft Planetary Computer) va ochiq kodli Python/R kutubxonalari ko'rib chiqildi. Har bir dastur funksional imkoniyatlari, narx siyosati, ishlash tezligi va O'zbekiston sharoitiga muvofiqligi bo'yicha baholandi. Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, O'rta Osiyo mintaqasi uchun Google Earth Engine + QGIS + Python (scikit-learn) kombinatsiyasi narx-sifat nisbati jihatidan optimal yechim hisoblanadi.*

Kalit so‘zlar: *GAT, masofadan zondlash, QGIS, ArcGIS, Google Earth Engine, ENVI, ekin tasnifi, dasturiy ta'minot.*

Аннотация. *В данной статье представлен системный анализ ведущих программных средств, применяемых для классификации видов сельскохозяйственных культур на основе данных дистанционного зондирования. Рассмотрены ГИС-платформы (ArcGIS, QGIS), специализированное программное обеспечение для ДЗЗ (ENVI, ERDAS Imagine), облачные вычислительные платформы (Google Earth Engine, Microsoft Planetary Computer) и библиотеки с открытым исходным кодом на языках Python/R. Каждое программное обеспечение оценено по его функциональным возможностям, ценовой политике, скорости обработки данных и применимости к условиям Узбекистана. Результаты анализа показали, что для региона Центральной Азии комбинация Google Earth Engine + QGIS + Python (scikit-learn) является оптимальным решением с точки зрения соотношения цены и качества.*

Ключевые слова: *ГИС, дистанционное зондирование, QGIS, ArcGIS, Google Earth Engine, ENVI, классификация культур, программное обеспечение.*

Abstract. *This article presents a systematic analysis of leading software tools utilized for classifying agricultural crop types based on remote sensing data. Geographic Information System (GIS) platforms (ArcGIS, QGIS), specialized remote sensing software (ENVI, ERDAS Imagine), cloud-based computing platforms (Google Earth Engine, Microsoft Planetary Computer), and open-source Python/R libraries are comprehensively reviewed. Each software package is evaluated based on its functional capabilities, pricing policy, processing speed, and adaptability to the agricultural conditions of Uzbekistan. The analytical results indicate that for the Central Asian region, a combined framework of Google Earth Engine + QGIS + Python (scikit-learn) represents the optimal solution in terms of cost-to-performance ratio.*

Key words: *GIS, remote sensing, QGIS, ArcGIS, Google Earth Engine, ENVI, crop classification, software.*

Kirish. Qishloq xo'jaligi monitoringida masofadan zondlash (MZ) ma'lumotlarining ahamiyati yildan-yilga ortib bormoqda. Sentinel-2, Landsat, MODIS kabi sun'iy yo'ldosh tizimlari har kuni terabaytlab ma'lumot uzatmoqda. Ushbu ma'lumotlarni samarali qayta

ishlab, ekin turlarini to'g'ri tasniflash uchun maxsus dasturiy ta'minot zarur.

Hozirda bozorda 30 dan ortiq dasturiy vosita mavjud bo'lib, ular funksionalligi, narxi va texnik talablari jihatidan keskin farqlanadi. To'g'ri dastur tanlash tadqiqot natijalari sifatiga, vaqt va moliyaviy xarajatlarga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Shu bois, O'zbekiston qishloq xo'jaligi sohasidagi mutaxassislar va tadqiqotchilar uchun dasturiy ta'minot taqqoslamasi dolzarb masala hisoblanadi.

Ushbu maqolaning maqsadi — qishloq xo'jaligi ekin turlarini tasniflashda qo'llaniladigan dasturiy ta'minot vositalarini tizimli tahlil qilish va O'zbekiston sharoiti uchun eng maqbul kombinatsiyani tavsiya etishdan iborat.

Uslub va manbalar

Ekin turlarini masofadan zondlash asosida tasniflashda ishlatiladigan dasturlar to'rtta asosiy kategoriyaga bo'linadi:

1-jadval. Dasturiy ta'minot kategoriyalari va ularning asosiy vakillari

Kategoriya	Asosiy dasturlar	Asosiy qo'llanilishi
GAT Platformalari	ArcGIS, QGIS, MapInfo	Fazoviy tahlil, vizualizatsiya, vektorlashtirish
MZ Ixtisoslashtirilgan	ENVI, ERDAS Imagine, PCI Geomatica	Spektral tahlil, tasniflash, atmosfera korreksiyasi
Bulutli Platformalar	Google Earth Engine, MS Planetary Computer	Katta hajmli ma'lumot, tezkor hisoblash
Dasturlash Kutubxonalari	Python (scikit-learn, rasterio), R (terra)	Avtomatik, takrorlanadigan jarayonlar

Natijalar

ArcGIS Pro (Esri)

ArcGIS Pro — dunyo bo'yicha eng keng tarqalgan professional GAT platformasidir. Esri kompaniyasi tomonidan ishlab chiqilgan ushbu dastur qishloq xo'jaligi sohasida keng qo'llaniladi. ArcGIS Pro — Asosiy xususiyatlar: Mosaic Dataset orqali ko'p vaqtli sun'iy yo'ldosh tasvirlarini boshqarish, Image Analyst moduli yordamida NDVI/NDWI/EVI indekslarini avtomatik hisoblash, Image Classification Wizard (Random Forest, SVM, Neyron tarmoq) bilan qulay interfeys orqali tasniflash, ArcGIS Online va Living Atlas bilan integratsiya, Model Builder orqali jarayonlarni avtomatlashtirish. Kamchiliklari: yillik litsenziya narxi O'zbekiston universitetlari va fermer xo'jaliklari uchun qimmat. Ish uchun 16 GB RAM va NVIDIA GPU tavsiya etiladi.

QGIS

QGIS — GNU GPL litsenziyasida bepul tarqatiladigan, dunyo bo'yicha 1 milliondan ortiq foydalanuvchiga ega GAT tizimi. Versiya 3.34 (2024) holati bo'yicha 900 dan ortiq plagini mavjud. Semi-Automatic Classification Plugin (SCP): Landsat, Sentinel-2, MODIS

tasvirlarini yuklab olish, atmosfera korreksiyasi va maksimal ehtimollik/SAM/Neyron tarmoq tasniflash ham mavjud. Orfeo Toolbox integratsiyasi: SVM va Random Forest yordamida katta hajmli tasvirlar tasniflash mumkin. Google Earth Engine Connector plagini: QGIS dan to'g'ridan-to'g'ri GEE ga ulanish imkonini beradi. Mos keluvchi platformalar: Windows, Linux, macOS. Afzalligi: to'liq bepul, faol jamoa tomonidan qo'llab-quvvatlanadi, O'zbek tilidagi resurslar mavjud. Kamchiligi: ba'zi murakkab tahlillar uchun qo'shimcha plaginlar o'rnatish talab etiladi.

ENVI (NV5 Geospatial)

ENVI (ENvironment for Visualizing Images) — masofadan zondlash sohasidagi eng ilg'or ixtisoslashtirilgan dasturlardan biri. 1977-yildan beri rivojlanib kelgan ushbu platforma qishloq xo'jaligi tadqiqotlarida keng qo'llaniladi.

- Hyperspectral tahlil: 200 dan ortiq spektral kanal bilan ishlash (aviatsion MZ uchun)
- ENVI Deep Learning: ResNet va U-Net arxitekturalari asosida ekin tasnifi
- Change Detection: vegetatsiya holatidagi o'zgarishlarni avtomatik aniqlash
- ArcGIS Pro bilan to'liq integratsiya (ArcGIS Image Analyst)
- Litsenziya: Ta'lim muassasalari uchun 50% chegirma

ERDAS Imagine (Hexagon)

ERDAS Imagine — katta ko'lamli aerokosmik loyihalar va milliy monitoring tizimlari uchun mo'ljallangan professional platforma. MODELER dasturlash tili yordamida murakkab tasniflash jarayonlarini avtomatlashtirish imkoni mavjud.

- ATCOR moduli: 6 ta atmosfera korreksiyasi modeli
- Objective klasifikatsiya: ob'ektga asoslangan tahlil (OBIA)
- Scalable tasniflash: millionlab gektarlik hududlarni bir seans da qayta ishlash

Google Earth Engine (GEE)

Google Earth Engine — 2010-yildan beri faoliyat yuritayotgan, 50 petabaytdan ortiq geofazoviy ma'lumotlar bazasiga ega bulut hisoblash platformasi. Tadqiqot va ta'lim maqsadlarida to'liq bepul. GEE — Qishloq xo'jaligi uchun asosiy imkoniyatlar: 1990-yildan bugungi kungacha to'liq Landsat arxivi; 2017-yildan Sentinel-1/2 to'liq kolleksiyasi. JavaScript va Python API. ee.Classifier.smileRandomForest(), ee.Classifier.libsvm() buyruqlari bilan bir necha qator kodda tasniflash. NDVI, EVI, LSWI indekslarini butun O'zbekiston uchun soniyalar ichida hisoblash. Google Colab bilan integratsiya. Yiliga 10 000 gektargacha eksport bepul (katta loyihalar uchun Google Cloud narxlari). GEE ning asosiy afzalligi — mahalliy kompyuterga katta hajmli ma'lumot yuklab olish shart emas. Internet orqali millionlab gektarni bir necha daqiqada qayta ishlash mumkin. Bu O'zbekiston kabi rivojlanayotgan mamlakatlarda texnik infratuzilma cheklovlarini bartaraf etadi.

Microsoft Planetary Computer

Microsoft tomonidan 2021-yilda ishga tushirilgan Planetary Computer platformasi Jupyter notebook muhitida Python orqali katta hajmli masofadan zondlash ma'lumotlarini qayta ishlash imkonini beradi. STAC (SpatioTemporal Asset Catalog) standartiga mos Sentinel, Landsat, MODIS, Copernicus DEM

ma'lumotlari to'liq bepul. Planetary Computer Hub orqali bepul hisoblash resurslari taqdim etiladi.

Python ekotizimi

Python qishloq xo'jaligi masofadan zondlash tadqiqotlarida eng ko'p qo'llaniladigan dasturlash tiliga aylangan. Asosiy kutubxonalar:

2-jadval. Qishloq xo'jaligi masofadan zondlashda qo'llaniladigan Python kutubxonalari

Kutubxona	Versiya	Asosiy vazifa	Litsenziya
rasterio	1.3.9	Raster ma'lumot o'qish/yozish (GeoTIFF, NetCDF)	Bepul
geopandas	0.14	Vektorli GAT ma'lumotlari bilan ishlash	Bepul
scikit-learn	1.4	RF, SVM, kNN tasniflash algoritmlari	Bepul
sentinelhub	3.9	Sentinel Hub API orqali tasvir olish	Bepul
eo-learn	1.5	Sentinel tasvirlar vaqt qatorlari tahlili	Bepul
xarray	2024.1	Ko'p o'lchamli raster massivlari	Bepul
tensorflow/keras	2.15	Chuqur o'rganish modellari (CNN, U-Net)	Bepul

Ushbu kutubxonalarning umumiy texnik-huquqiy mohiyati shundaki, ular foydalanuvchiga dasturiy kodni hech qanday moliyaviy to‘lovlarsiz yuklab olish, uni muayyan tadqiqot maqsadlariga moslashtirib o‘zgartirish, tijoriy yoki nodavlat loyihalarda cheklovsiz qo‘llash hamda yangi yopiq kodli tizimlarga integratsiya qilish huquqini beradi. Litsenziyalarning yagona va asosiy sharti — dasturning birlamchi mualliflik huquqi (copyright) to‘g‘risidagi bildirishnomani va litsenziya matnining nusxasini saqlab qolishdan iborat. Shuningdek, Apache 2.0 litsenziyasi foydalanuvchilarni qo‘shimcha ravishda patent nizolaridan huquqiy himoya qilish kafolatini ham o‘z ichiga oladi.

R tilining geofazoviy imkoniyatlari

R tili statistik tahlil uchun kuchli vosita bo'lib, terra, sf, sits kutubxonalari yordamida masofadan zondlash ma'lumotlarini qayta ishlash mumkin. SITS (Satellite Image Time Series) paketi O'rta Osiyo kabi sug'orma dehqonchilik hududlarida ko'p vaqtli tahlil uchun maxsus ishlab chiqilgan.

3-jadval. Dasturiy ta'minotning qiyosiy tahlili

Dastur	Narxi	O'rganish qiyinligi	Tezlik	O'zbekiston uchun moslik
ArcGIS Pro	To'lovli ($$$)	O'rta	Yuqori	★★★☆☆

QGIS	Bepul	O'rta	O'rta	★★★★★
ENVI	To'lovli ($$$$)	Yuqori	Juda yuqori	★★★☆☆
ERDAS Imagine	To'lovli ($$$$)	Yuqori	Juda yuqori	★★☆☆☆
Google Earth Engine	Bepul*	Yuqori (kodlash)	Juda yuqori	★★★★★
MS Planetary Computer	Bepul	Yuqori (Python)	Yuqori	★★★★☆
Python (scikit-learn)	Bepul	Yuqori	O'zgaruvchan	★★★★★
R (sits, terra)	Bepul	O'rta-yuqori	O'rta	★★★★☆

O'zbekiston uchun tavsiya etilgan kombinatsiyalar Foydalanuvchi kategoriyasiga qarab quyidagi kombinatsiyalar tavsiya etiladi:

Talabalar va magistrlar uchun: QGIS 3.34 (asosiy GAT tahlil) + Google Earth Engine (katta hajm, bepul) + Python scikit-learn (algoritm sinovi). Boshlang'ich o'rganish uchun QGIS ning SCP plagini orqali barcha jarayonni bir joydan boshqarish mumkin.

Universitetlar va tadqiqot institutlari uchun: ArcGIS Pro ta'lim litsenziyasi (Esri Education Program, 150 USD/yil) + Google Earth Engine + Python (GeoPandas, rasterio, eo-learn). ArcGIS Pro ning Image Analyst moduli va GEE integratsiyasi kuchli kombinatsiya beradi.

Davlat tashkilotlari va qishloq xo'jaligi vazirligi uchun: ArcGIS Enterprise (server litsenziya) + ENVI + Google Earth Engine. Bu kombinatsiya milliy monitoring tizimlarini yaratish, hisobotlar tayyorlash va boshqaruv qarorlarini qabul qilish uchun to'liq infratuzilma taqdim etadi.

Muhokama

Agrar sohada masofadan zondlash (MZM) va geoaxborot tizimlari (GAT) texnologiyalarini qo‘llash samaradorligi ko‘p jihatdan tanlangan dasturiy majmuaning funksional va texnik arxitekturasiga bog‘liq. Tadqiqot doirasida dasturiy ta’minotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, universal va yagona optimal platforma mavjud emas; yechimlar muayyan texnik va iqtisodiy mezonlar asosida differensiallashgan yondashuvni talab etadi.

Fazoviy ma’lumotlar hajmi va hududiy masshtab dasturiy ta’minotni tanlashning birlamchi mezoni hisoblanadi. Lokal va kichik o‘lchamli agrar maydonlarda (yalpi maydoni 10 000 gektardan kam bo‘lgan hududlar) ochiq kodli QGIS loyihasi desktop dasturiy ta’minotining hisoblash quvvati fazoviy tahlil va kartografik vizuallash uchun to‘liq yetarlidir. Biroq, hududiy yoki respublika miqyosidagi yirik qishloq xo‘jaligi massivlarini monitoring qilishda katta hajmdagi (Big Data) multispektral tasvirlarni lokal kompyuter resurslarida qayta ishlash operativ xotira va vaqt nuqtai nazaridan jiddiy cheklovlarga olib keladi. Bunday sharoitda, yuqori petabaytli bulutli ma’lumotlar omboriga ega bo‘lgan Google Earth

Engine (GEE) platformasi yoki server darajasidagi litsenziyalangan tarmoq yechimlaridan foydalanish texnik jihatdan o‘zini oqlaydi.

Foydalanuvchilarning texnik bilim darajasi va dasturlash ko‘nikmalari ham tizim integratsiyasida muhim rol o‘ynaydi. Skript yozish va kodlash tajribasiga ega bo‘lmagan soha mutaxassislari uchun foydalanuvchi grafik interfeysiga (GUI) asoslangan ArcGIS Pro yoki QGIS platformalari vizual modellashtirish operatsiyalarini bajarish imkonini beradi. Aksincha, tadqiqotchida Python yoki R dasturlash tillari bo‘yicha fundamental bilimlar mavjud bo‘lgan taqdirda, GEE platformasining Python API muhiti va maxsus kutubxonalar (masalan, scikit-learn) kombinatsiyasi eng mukammal va moslashuvchan raqamli muhitni shakllantiradi. Bu nafaqat standart algoritmlar, balki murakkab mashinali o‘qitish modellarini ham integratsiya qilish imkonini beradi.

Moliyaviy cheklovlar va byudjet siyosati loyihalarni amalga oshirishda iqtisodiy asos bo‘lib xizmat qiladi. Tijoriy maqsadlarda qo‘llaniladigan ArcGIS Pro yoki ENVI kabi dasturiy majmualar yuqori darajadagi fotogrammetrik va spektral tahlil modullarini taklif etsa-da, ularning yuqori litsenziya qiymati agrar tarmoq korxonalari uchun doimiy iqtisodiy yukni yuzaga keltiradi. Mazkur moliyaviy muammoning muqobil yechimi sifatida QGIS + GEE + Python komponentlaridan tarkib topgan mutlaqo bepul va ochiq manbali ekotizim namoyon bo‘ladi. Ushbu integratsiya iqtisodiy resurslarni tejash bilan birga, tijoriy dasturlardan qolishmaydigan tahliliy samaradorlikni ta’minlaydi.

Jarayonlarni avtomatlashtirish va hamkorlik imkoniyatlari dinamik monitoring tizimlarining barqarorligini belgilaydi. Qishloq xo‘jaligi ekinlarining vegetatsiya davridagi takrorlanuvchi va davriy monitoring jarayonlarini avtomatlashtirish Python yoki R tillaridagi skriptlar orqali amalga oshiriladi, bu esa inson omili sababli kelib chiqadigan xatoliklarni minimallashtiradi. Bundan tashqari, Google Earth Engine (GEE) bulutli infratuzilmasi ishchi kodlar, algoritmlar va oraliq natijalarni tadqiqot guruhlari va hamkor tashkilotlar (masalan, Qishloq xo‘jaligi vazirligi va Milliy universitet ilmiy jamoasi) o‘rtasida real vaqt rejimida almashish hamda hamkorlikda ishlash muhitini soddalashtiradi.

Xulosa

Ekin turlarini masofadan zondlash ma'lumotlari asosida tasniflash uchun mo'ljallangan dasturiy ta'minot bozori xilma-xil va rivojlanib borayotgan. Har bir dastur o'ziga xos kuchli tomonlarga ega bo'lib, yagona "eng yaxshi" yechim mavjud emas. To'g'ri tanlov foydalanuvchi ehtiyoji, byudjeti va texnik imkoniyatlariga bog'liq.

O'zbekiston sharoiti uchun, ayniqsa, ta'lim muassasalari va kichik tadqiqot guruhlariga Google Earth Engine + QGIS + Python kombinatsiyasi optimal hisoblanadi: to'liq bepul, zamonaviy algoritmlarni qo'llab-quvvatlaydi va xalqaro hamjamiyat bilan integratsiya imkonini beradi. Ushbu kombinatsiya bilan O'zbekistonning barcha qishloq xo'jaligi hududlarini (4,2 mln ga) yiliga bir marta to'liq qayta ishlash texnik jihatdan mumkin va moliyaviy jihatdan samarali.

Kelajakda sun'iy intellektning rivojlanishi bilan birga, zamonaviy chuqur o'rganish modellarini (U-Net, Transformer) o'zida mujassamlashtirgan yangi platforma va xizmatlar paydo bo'lishi kutilmoqda. O'zbekiston qishloq xo'jaligi sohasi mutaxassislari ushbu texnologiyalarni o'zlashtirish orqali raqamli qishloq xo'jaligi tizimiga o'tishga muhim hissa qo'shishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. ESRI (2024). ArcGIS Pro 3.3 Release Notes and Documentation. Environmental Systems Research Institute. https://pro.arcgis.com
2. QGIS Development Team (2024). QGIS 3.34 User Guide. Open Source Geospatial Foundation. https://qgis.org
3. Gorelick, N., et al. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment, 202, 18–27.
4. NV5 Geospatial (2024). ENVI 6.0 User Guide: Image Classification and Machine Learning. https://nv5geospatialsoftware.com
5. Camara, G., et al. (2023). sits: Satellite Image Time Series Analysis on Earth Observation Data Cubes. R package version 1.4.1. https://e-sensing.github.io/sitsbook
6. Rouet-Leduc, B., et al. (2021). Microsoft Planetary Computer: Cloud-native geospatial analysis platform. AGU Fall Meeting 2021.
7. Pelletier, C., et al. (2019). Temporal convolutional neural network for the classification of satellite image time series. Remote Sensing, 11(5), 523.
8. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 28-yanvardagi PF-5953 farmoni "Raqamli O'zbekiston 2030" strategiyasi to'g'risida

UDK: 502.3:528.88:004.94(575.1)

SANOAT ZONALARINING ATROF-MUHITGA TA'SIRINI ANIQLASHDA GOOGLE EARTH ENGINE (GEE) TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANISH (NAVOIY VILOYATI MISOLIDA)

Muxtorov O'zbekxon *- "TIQXMMI" MTU, "Davlat kadastri" kafedrasi PhD, Dotsent*

Tilyabova Elnora *– "TIQXMMI" MTU, "Geodeziya va Geoinformatika" kafedrasi magistranti*

Annotatsiya*. Sanoat zonalari havo ifloslanishini keltirib chiqaradigan asosiy manbalardan biridir. Ushbu tadqiqot Navoiy viloyatidagi sanoat korxonalarining atrof – muhitga ta'sirini Google Earth Engine (GEE) texnologiyalari yordamida baholashga bag'ishlangan. Tadqiqotda 2023-2025 yillar Navoiy viloyat gidrometeorologiya markazi ma'lumotlari, Sentinel-5P sun'iy yo'ldosh tasvirlari va yer usti monitoring natijalari integratsiya qilindi. Natijalarga ko'ra, Navoiy Kon-Metallurgiya Kombinati va "Navoiyazot" AJ atrofidagi chang SO_2 va NO_2 konsentratsiyasi me'yoriy ko'rsatkichlardan oshib ketgan. Google Earth Engine (GEE) GIS tahlili ifloslanishning sanoat korxonalari atrofida 5-10 km radiusda kuchayganini aniqladi. Tavsiyalar sifatida real vaqt rejimida ko'p qamrovli monitoring tizimini yaratish*

va emissiyani kamaytirish choralari taklif etiladi.

Kalit so'zlar: *Sentinel-5P, SO_2, NO_2, Navoiy viloyati, ekologik monitoring, Google Earth Engine (GEE).*

Аннотация. *Промышленные зоны являются одними из основных источников загрязнения атмосферного воздуха. Данное исследование посвящено оценке воздействия промышленных предприятий Навоийской области на окружающую среду с использованием Технологий Google Earth Engine (GEE). В исследовании были интегрированы данные Навоийского областного гидрометеорологического центра за 2023–2025 годы, спутниковые снимки Sentinel-5P и результаты наземного мониторинга. В программном обеспечении ArcGIS применялись методы буферизации, наложения слоев и интерполяции. Результаты показали, что концентрации пыли, SO_2 и NO_2 в районах вокруг Навоийского горно-металлургического комбината и АО «Навоиазот» превышают нормативные показатели. GIS-анализ Google Earth Engine выявил усиление загрязнения в радиусе 5–10 км вокруг промышленных предприятий. В качестве рекомендаций предложено создание системы комплексного мониторинга в режиме реального времени и реализация мер по снижению выбросов.*

Ключевые слова: *Sentinel-5P, SO_2, NO_2, Навоийская область, экологический мониторинг, Google Earth Engine (GEE).*

Abstract.*Industrial zones are among the main sources of air pollution. This study focuses on assessing the environmental impact of industrial enterprises in the Navoi region using Google Earth Engine (GEE) technologies. The research integrates data from the Navoi Regional Hydrometeorological Center for 2023–2025, Sentinel-5P satellite imagery, and ground-based monitoring results. Buffering, overlay, and interpolation methods were applied in ArcGIS software. The results showed that concentrations of dust, SO_2, and NO_2 around the Navoi Mining and Metallurgical Combine and "Navoiazot" JSC exceed permissible standards. GIS analysis using Google Earth Engine revealed increased pollution within a 5–10 km radius around industrial enterprises. As recommendations, the study proposes the establishment of a comprehensive real-time monitoring system and the implementation of emission reduction measures.*

Keywords: *Sentinel-5P, SO_2, NO_2, Navoi region, environmental monitoring, Google Earth Engine (GEE).*

Kirish: Bugungi kunda sanoat zonalarining atrof-muhitga ta'siri tobora ortib bormoqda. Sanoat korxonalaridan chiqayotgan zaharli gazlar va kimyoviy chiqindilar nafaqat mahalliy ekotizimga, balki global atmosferaga ham sezilarli salbiy ta'sir ko'rsatmoqda. Asosiy muammolar qatoriga aholi salomatligiga zarar yetishi, ekologik o'zgarishlar, zaharli moddalar tufayli havo va suv sifatining yomonlashuvi, tuproq degradatsiyasi hamda qishloq xo'jaligi ekinlarida turli xil kasalliklarning tarqalishi kiradi. Ushbu muammolar dunyo miqyosida dolzarb masalaga aylanmoqda. O'zbekiston Respublikasida ham sanoat rivojlanishi bilan birga havo ifloslanishi muammosi keskinlashmoqda. Ayniqsa, Navoiy viloyati respublikaning yirik sanoat markazlaridan biri sifatida alohida e'tiborga loyiq. Viloyatda Navoiy Kon-

Metallurgiya Kombinati (NKMK), “Navoiyazot” AJ, Navoiy Issiqlik Elektr Stansiyasi (IES) va boshqa yirik korxonalar faoliyat yuritadi. Ushbu korxonalar SO_2, NO_2, chang-to‘zon va ammiak kabi zararli moddalarni atmosferaga chiqaradi. Shu bilan birga, nafas yo‘llari kasalliklari va yurak-qon tomir kasalliklari sonining o‘sishi kuzatilmoqda. An’anaviy monitoring usullari (yer usti stansiyalari) fazoviy qamrov va real vaqt rejimida yetarli emas. Shu bois, Masofadan zondlash texnologiyalari (Sentinel-5P, MODIS) tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi — Navoiy viloyati sanoat zonalarning atrof-muhitga ta’sirini Google Earth Engine (GEE) texnologiyalari yordamida baholash va ekologik xavf zonalari aniqlashdan iborat.

Rossiyaning 20 ta yirik shahrida 2019–2020-yillardagi atmosfera havosi ifloslanish darajasi o‘rganilgan. Tadqiqot uchun Sentinel-5P sun’iy yo‘ldoshidagi TROPOMI asbobi orqali yig‘ilgan ma’lumotlardan foydalanilgan. Jumladan, uglerod oksidi, formaldegid, azot dioksidi, oltingugurt dioksidi va aerozol ko‘rsatkichlari o‘lchangan. Ma’lumotlar Google Earth Engine bulutli platformasi orqali olinib, bevosita tahlil qilingan. Tropomi Air Quality Index (TAQI) ushbu ko‘rsatkichlarni yagona indeksga birlashtirgan. Natijalarga ko‘ra, ko‘rib chiqilgan 20 shaharning 15 tasida ifloslanish darajasi past yoki odatdagidan yuqori ekanligi aniqlangan. Ifloslanish tarkibida formaldegid (35,7%) va azot dioksidi (26,4%) asosiy o‘rin tutgan. Oltingugurt dioksidining ulushi 16,4% ni tashkil etgan. Uglerod oksidi va aerozollar hissasi mos ravishda 10,8% va 10,6% bo‘lgan.[1]

Xitoyda 2015–2020-yillar davomida havoning ifloslanish darajasini o‘rganishda “gravity center” usuli qo‘llanilgan. Tadqiqot maqsadlari:

1. Havoning ifloslanishidagi fazoviy tendensiyalarni tahlil qilish;
2. Yuqori ifloslanish hududlarini aniqlash;
3. Ifloslanishga ta’sir qiluvchi asosiy ijtimoiy-iqtisodiy omillarni aniqlashdan iborat bo‘lgan.

Natijalarga ko‘ra, 2015–2020-yillar davomida Xitoyda havo sifati umumiy yaxshilanish tendensiyasini ko‘rsatgan va AQI ko‘rsatkichi 28,66% ga kamaygan. SO_2 miqdori 60% ga kamaygan bo‘lsa, O_3 miqdori taxminan 3% ga oshgan. Asosiy ifloslantiruvchi moddalar sifatida PM2.5, PM10 va O_3 aniqlangan.[2]

Atmosfera tarkibini real vaqtga yaqin kuzatish ma’lumotlar to‘plami (TAP) Tsinghua universiteti, Xitoy meteorologiya fanlari akademiyasi va boshqa ilmiy muassasalar tomonidan ishlab chiqilgan. Ushbu tizim yer usti kuzatuvlari, sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari, emissiya inventarlari va modellashtirish natijalarini birlashtirib, global va Xitoy bo‘yicha ko‘p masshtabli ma’lumotlar bazasini yaratadi. TAP tizimi ilmiy tadqiqotlar, sog‘liqni saqlash va ekologik boshqaruv uchun muhim ma’lumot manbai hisoblanadi.
(TAP, http://tapdata.org.cn/) [3]

Masofadan zondlash havoning ifloslanishiga qarshi kurashda muhim vosita bo‘lib xizmat qiladi. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va aerokuzatuvlar orqali atmosfera holati va ifloslantiruvchi moddalar haqida katta hajmdagi ma’lumotlar olinadi. Google Earth Engine (GEE) orqali ushbu ma’lumotlar tahlil qilinib, oltingugurt dioksidi, azot oksidlari va chang zarralari kabi moddalar taqsimoti aniqlanadi. Hindistonning Chhattisgarh hududida ushbu texnologiyalar havo ifloslanishini

baholashda samarali qo‘llanilgan.[4][5–8]

So‘nggi yillarda masofadan zondlash tasvirlari katta va chekka hududlar uchun an’anaviy monitoring usullariga nisbatan tezkor va iqtisodiy jihatdan samarali alternativaga aylandi. Tadqiqotlardan birida Karbala gubernatorligida CO, SO_2 va O_3 gazlarining fazoviy taqsimoti Sentinel-5P ma’lumotlari asosida o‘rganilgan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, CO miqdori aholi zich joylashgan markaziy hududlarda yuqori bo‘lgan. SO_2 konsentratsiyasi elektr stansiyalari va zavodlar atrofida yuqori darajada qayd etilgan. O_3 esa asosan sanoat hududlarida hosil bo‘luvchi gazlar ta’sirida ortgan.[9]

Xitoyda ishlab chiqilgan INTAC integratsiyalashgan emissiya inventari modeli turli manbalardan olingan emissiya ma’lumotlarini yagona tizimga birlashtirgan. Ushbu tizim orqali SO_2, NOx, NMVOC va PM2.5 kabi moddalar emissiyasining hududiy va tarmoq bo‘yicha taqsimoti tahlil qilingan.[10]

O‘zbekistonda ham ushbu yo‘nalishda ayrim tadqiqotlar olib borilgan, biroq sanoat zonalarining ta’sirini ko‘p omilli Google Earth Engine (GEE) tahlili asosida baholash bo‘yicha ilmiy ishlar yetarli emas. Shu sababli, ushbu tadqiqot mavjud ilmiy bo‘shliqni to‘ldirishga qaratilgan.

Masofadan zondlash asosidagi havo ifloslanishini xaritalash usullarini an’anaviy yondashuvlar bilan taqqoslovchi sxematik tasvirlar shuni ko‘rsatadiki, sun’iy yo‘ldosh tizimlari, uchuvchisiz uchish apparatlari (UAV), IoT va chuqur o‘rganish (Deep Learning) kabi zamonaviy texnologiyalar rivojlanishi bilan ushbu sohadagi tadqiqotlarni umumlashtirish zarurati ortib bormoqda.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi Google Earth Engine texnologiyalarini integratsiya qilgan holda Navoiy viloyatida sanoat ifloslanishining fazoviy-vaqtli (spatio-temporal) modelini ishlab chiqishda namoyon bo‘ladi.

Tadqiqot metodologiyasi

Tadqiqotning metodologik asosini ekologik monitoring, masofadan zondlash, Google Earth Engine (GEE) texnologiyasi hamda atmosfera ifloslanishini baholashga oid mahalliy va xalqaro ilmiy manbalar tashkil etdi.

Sentinel-5P TROPOMI ma’lumotlari (SO_2 — COPERNICUS/S5P/OFFL/L3_SO2 va NO_2 — COPERNICUS/S5P/OFFL/L3_NO2) Google Earth Engine (GEE) platformasida qayta ishlandi. Ma’lumotlar 2023–2025-yillar kesimida filtrlanib, yillik o‘rtacha qiymatlar hisoblandi hamda Navoiy viloyati hududiga moslashtirildi (clip qilindi). Ushbu natijalar ifloslanishning fazoviy taqsimoti va vaqt bo‘yicha o‘zgarish dinamikasini baholashda foydalanildi.

Ma’lumotlarni qayta ishlash jarayonida tasviriy statistika usullari qo‘llanilib, ifloslantiruvchi moddalarning o‘rtacha, minimal va maksimal qiymatlari aniqlandi. Korrelyatsion tahlil hamda grafik tahlillar Microsoft Excel dasturi yordamida amalga oshirildi. Shu asosda sanoat ishlab chiqarish hajmi va atmosfera ifloslanishi o‘rtasidagi bog‘liqlik baholandi hamda vaqt qatori bo‘yicha o‘zgarish tendensiyalari tahlil qilindi.

Navoiy shahar atmosfera havosining 2023-2025 yil davomida ifloslanishi holati to’g’risida

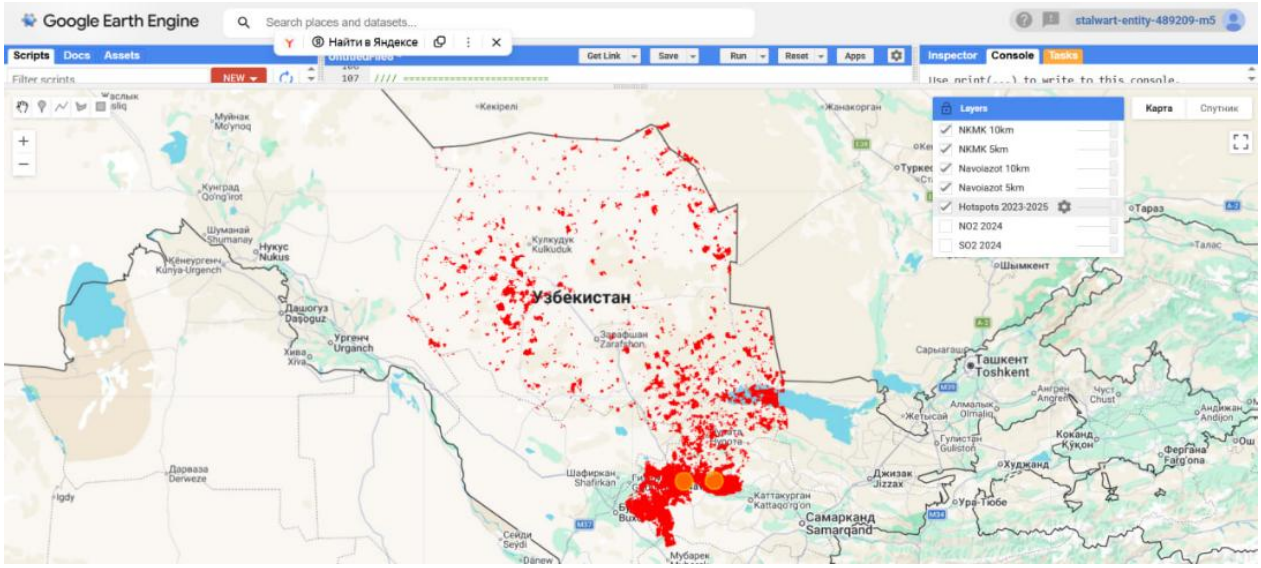
Ko‘rsatkich	**2023 yil**	**2024 yil**	**2025 yil (1-yarm)**
Chang o‘rtacha	**0.20**	0.14	**0.10**

SO_2 o‘rtacha	0.007	0.006	0.006
NO_2 o‘rtacha	0.05	0.04	0.04
CO o‘rtacha	2.0	1.3	-
NH_3 (Ammiak) o‘rtacha	0.05	0.05	0.05
Chung maksimal qiymati	**2.46**	0.94	1.34
Bir martalik me’yordan oshgan holatlar	Chung: 11 NO_2: 28	Chung: 30 NO_2: 45 SO_2: 6	Chung va NO_2 bir necha oyda yuqori
Umumiy baho	Eng yomon	O‘rtacha	Yaxshilanish bor

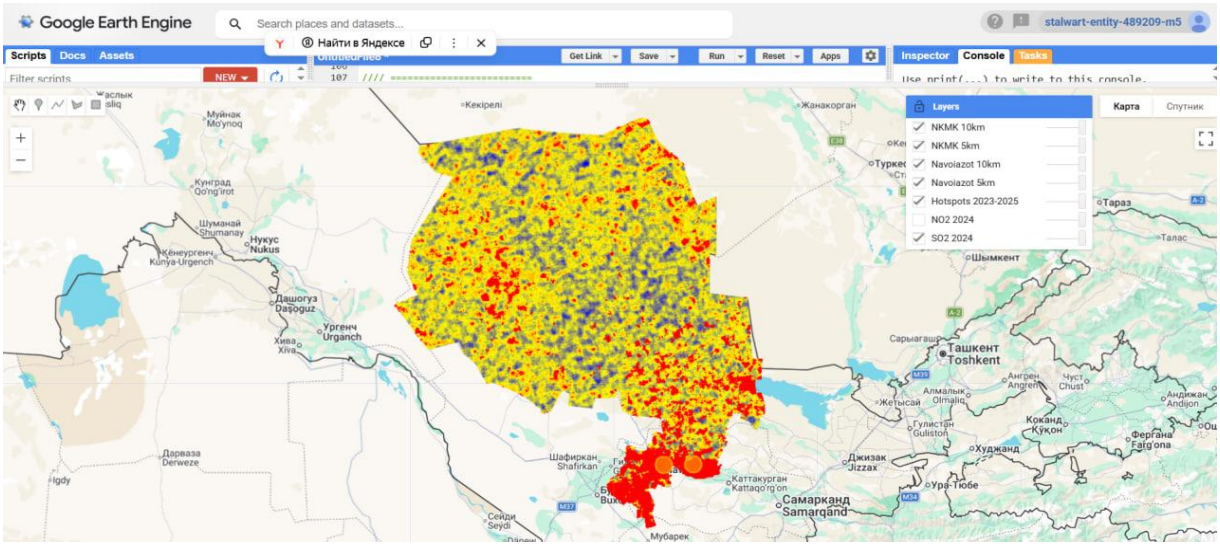
1-jadval. (Navoiy viloyat gidrometeorologiya markazi atmosfera havosining ifloslanishi holati to’g’risidagi ma’lumotnomasidan)

Natijalar. Tadqiqot natijalari Navoiy viloyatidagi sanoat korxonalari atmosfera havosi ifloslanishining asosiy antropogen manbalaridan biri ekanligini ko‘rsatdi. O‘tkazilgan tahlillar sanoat hududlari atrofida ekologik xavf darajasi yuqori ekanligini tasdiqladi. 2023–2025-yillar davomida atmosfera havosida SO_2, NO_2 va chang zarralari (PM) konsentratsiyalari ayrim hududlarda ruxsat etilgan me’yorlardan oshib ketgan.

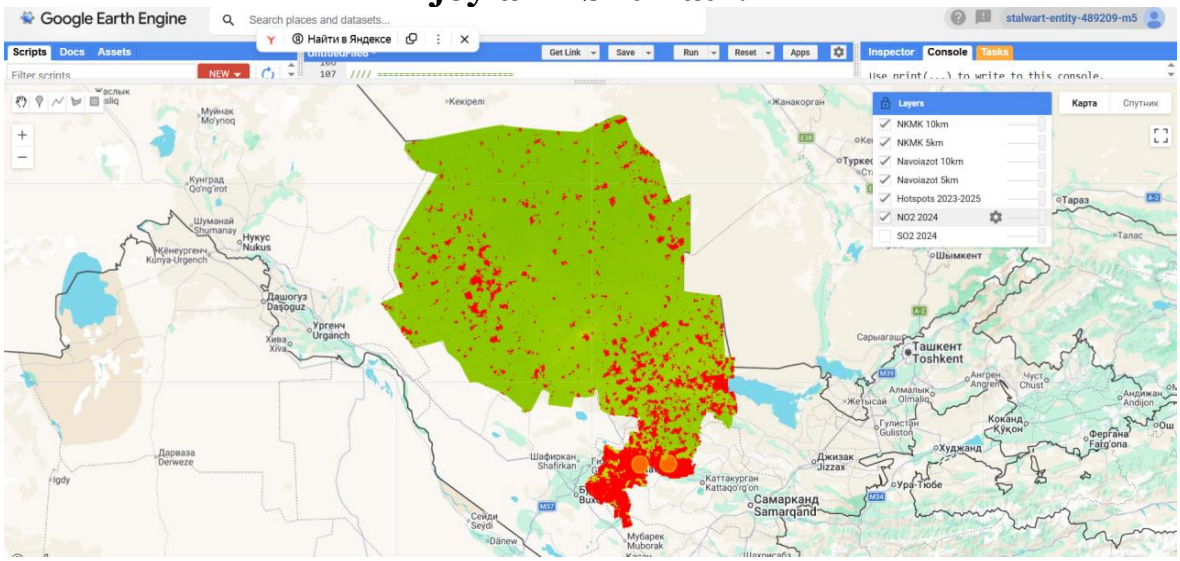
Ayniqsa, “Navoiyazot” AJ va Navoiy Kon-Metallurgiya Kombinati atrofida ifloslanish darajasi yuqori ekanligi aniqlandi. Google Earth Engine asosida olingan tahlillar SO_2 va NO_2 konsentratsiyalarining aynan ushbu sanoat hududlari atrofida yuqori darajada jamlanganini ko‘rsatdi. 2023–2025-yillar davomida ushbu hududlarda ifloslanishning barqaror yuqori darajasi saqlanib qolgan.



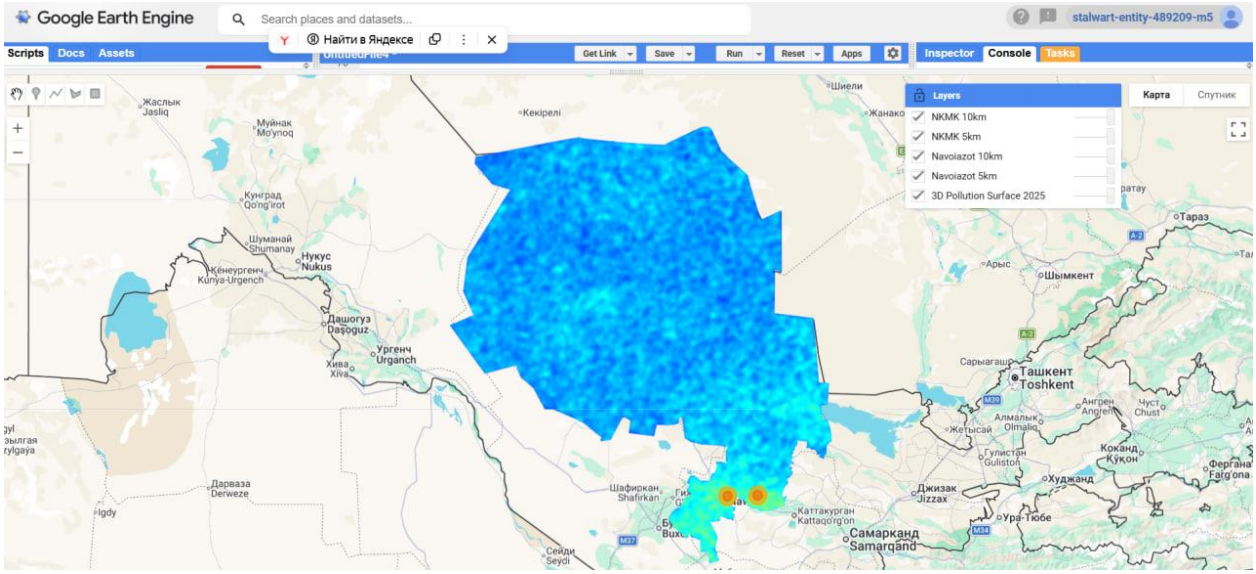
1-rasm. 2023–2025 yillar oralig‘idagi issiq nuqtalar (hotspots)



2-rasm. Navoiy viloyatidagi yashil maydon — asosiy tahlil qilinayotgan hudud, qizil nuqtalar esa bu hudud ichidagi eng muammoli joylarni bildiradi.



3-rasm. Bu karta sanoat korxonalari (ayniqsa Navoiyazot va NKMK) atrofidagi havo ifloslanishining umumiy manzarasini ko‘rsatadi.



4-rasm. Moviy gradient - 3D Pollution Surface 2025)

Fazoviy tahlil natijalariga koʻra, ifloslanish asosan sanoat korxonalari markazidan 5–10 km radius oraligʻida kuchli tarqalgan boʻlib, bu sanoat emissiyalarining lokal ta’sir zonasini ifodalaydi.

Statistik tahlillar natijasida sanoat ishlab chiqarish hajmi ortishi bilan atmosfera ifloslanishi darajasi oʻrtasida ijobiy bogʻliqlik mavjudligi aniqlandi. Vaqt qatori tahlili esa qish mavsumida zararli moddalar konsentratsiyasi yuqori boʻlishini koʻrsatdi.

Oʻtkazilgan tahlillar atmosfera ifloslanishining aholi salomatligiga salbiy ta’sirini tasdiqladi. Xususan, nafas yoʻllari va yurak-qon tomir kasalliklari sanoat hududlariga yaqin hududlarda koʻproq qayd etilgan.

Google Earth Engine asosida amalga oshirilgan tahlillar fazoviy va vaqt boʻyicha ifloslanish dinamikasini aniqlashda yuqori samaradorlikka ega ekanligini koʻrsatdi. Ushbu yondashuv an’anaviy yer usti monitoringiga nisbatan keng hududni qamrab olish va uzluksiz kuzatuv imkonini berdi.

Natijalar atmosfera ifloslanishi va sanoat faoliyati oʻrtasidagi bevosita bogʻliqlikni tasdiqlaydi hamda ekologik monitoring tizimlarini takomillashtirish zarurligini asoslaydi.

Xulosa. Ushbu tadqiqot natijalari Navoiy viloyatida sanoat korxonalari atmosfera havosi ifloslanishining asosiy antropogen manbalaridan biri ekanligini koʻrsatdi. Google Earth Engine asosida oʻtkazilgan tahlillar SO_2, NO_2 va chang zarralari (PM) konsentratsiyalari sanoat hududlari atrofida sezilarli darajada yuqori ekanligini tasdiqladi.

Fazoviy tahlillar ifloslanishning asosan “Navoiyazot” AJ va Navoiy Kon-Metallurgiya Kombinati hududlarida jamlanganini hamda uning ta’sir zonasi 5–10 km radiusgacha tarqalishini aniqladi. Bu holat sanoat emissiyalarining mahalliy ekologik muhitga kuchli va bevosita ta’sir koʻrsatishini koʻrsatadi.

Vaqt qatori tahlillari 2023–2025-yillar davomida atmosfera ifloslanish darajasida barqaror yuqori tendensiya mavjudligini, shuningdek, qish mavsumida ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasi oshishini koʻrsatdi.

Tadqiqot natijalari asosida Navoiy viloyatida real vaqt rejimida ishlaydigan ekologik monitoring tizimini joriy etish, sanoat emissiyalarini kamaytirishga qaratilgan texnologik chora-tadbirlarni kuchaytirish hamda aholi yashash hududlarini sanoat zonalaridan ekologik jihatdan xavfsiz masofada rejalashtirish zarurligi tavsiya etiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] R. V Gordeev, A.I. Pyzhev, E.A. Syrtsova, Effectiveness of the Federal ‘Clean Air’Project to Improve Air Quality in the Most Polluted Russian Cities, Urban Science 9 (2025) 18.

[2]D. Yan, M. Zhou, Y. Diao, M. Yang, Air pollution in China: Spatial patterns and spatial coupling with population and economy, Front. Environ. Sci. 10 (2022). https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1040131.

[3]G. Geng, Q. Xiao, S. Liu, X. Liu, J. Cheng, Y. Zheng, T. Xue, D. Tong, B. Zheng, Y. Peng, X. Huang, K. He, Q. Zhang, Tracking Air Pollution in China: Near Real-Time PM2.5 Retrievals from Multisource Data Fusion, Environ. Sci. Technol. 55 (2021) 12106–12115. https://doi.org/10.1021/acs.est.1c01863.

[4]M. Tikader, D. Mukhopadhyay, K. Dabhadker, Remote sensing and GIS in air pollution mitigation: a bibliometric review of Chhattisgarh, India, Int J Environ Climate Change 14 (2024) 174–193.

[5]N.K. Komilova, N.F. Latipov, FACTORS AFFECTING THE ECOLOGICAL STATUS OF

INDUSTRIALIZED CITIES AND MEASURES TO MONITOR THEM (ON THE EXAMPLE OF NAVOI REGION), Экономика и Социум (2022) 199–206. https://doi.org/10.46566/2225-1545_2022_2_93_199.

[6]L. Egamberdieva, ENVIRONMENTAL SAFETY AND INDUSTRIAL POLLUTION IN LARGE CITIES OF UZBEKISTAN, (n.d.).

[7]S. Shovdirov, Analyzing the sources and consequences of atmospheric pollution: A case study of the Navoi region, E3S Web of Conferences 587 (2024) 02016. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202458702016.

[8] N.K. Komilova, N.F. Latipov, Classification of settlements on the basis of the ecological situation in the Navoi region and the factors affecting the health of the population, Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology" 2022 (2022) 209–213. https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-15.

[9]F. Al-Maainy, K. Al-Aarajy, Using Sentinel-5 satellite technology to monitor atmospheric gas concentrations and their impact on human health, E3S Web of Conferences 670 (2025) 04001. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202567004001.

[10] N. Wu, G. Geng, R. Xu, S. Liu, X. Liu, Q. Shi, Y. Zhou, Y. Zhao, H. Liu, Y. Song, J. Zheng, Q. Zhang, K. He, Development of a high-resolution integrated emission inventory of air pollutants for China, Earth Syst. Sci. Data 16 (2024) 2893–2915. https://doi.org/10.5194/essd-16-2893-2024.

UDK: 528.9:332.3

RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF A GIS-BASED WEB MAP FOR LAND USE AND LAND MONITORING

Azamat Jumanov *- "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University, Tashkent 100000, Uzbekistan, *Correspondence: a.jumanov@tiiame.uz*

Abstract: *With the introduction of Geographic Information Systems (GIS) technologies, land use studies and land monitoring have undergone revolutionary changes. This paper presents a comprehensive analysis of the challenges and approaches associated with the use of GIS technologies to create web maps for land use and monitoring purposes. The study aims to shed light on the complexities of web map production by thoroughly evaluating the existing literature and highlighting the challenges and possible solutions based on the practical application of GIS technologies. The methods used include data collection, pre-processing, geographic analysis, and web map creation using open source GIS software. The results of the study identify a number of technical challenges related to user interface design, spatial resolution, data interoperability, and visualization methods. The discussion section discusses the implications of these findings and suggests solutions to the identified problems. In conclusion, this study highlights the importance of the proper use of GIS technologies to support the improvement of land use*

management and monitoring procedures.

Keywords: *soil erosion, impact, remote sensing*

Introduction: In recent years, geographic information system (GIS) technologies have been increasingly used in land management and monitoring methods [1, 2]. GIS provides a solid foundation for evaluating geographic data and generating valuable knowledge for land management decision-making [3, 4]. The creation of online maps, which provide interactive platforms for viewing and sharing geospatial information with stakeholders, is one of the main applications of GIS in this field. The use of GIS technologies to create web maps for land management and monitoring applications is associated with a number of challenges and obstacles. Data collection, pre-processing, geographic analysis, visualization methods, and user interface design are just some of them [5-7]. It is crucial to overcome these obstacles to ensure the accuracy, reliability, and usability of web maps in land management decision-making procedures. The aim of this study is to investigate the challenges associated with the use of GIS technologies to create web maps for land management and monitoring. This study aims to identify the main obstacles and propose possible ways to overcome them through a literature review and field experiments [8-10]. The methodology for data collection, preprocessing, spatial analysis, and online map creation using open-source GIS software is described in the Technique section. The findings of the study are presented in the Results section, which also highlights the technological challenges encountered. The Discussion section explores the implications of these findings and offers recommendations for addressing the identified challenges [11, 12].

Sustainable development, environmental protection, and resource planning depend on effective land-use management and monitoring. Geographic information system (GIS) technologies provide powerful tools for modeling land-use patterns, analyzing spatial data, and creating interactive online maps for decision-making. Stakeholders can conveniently visualize, evaluate, and interpret complex geographic information using web mapping technologies [13-15]. However, there are a number of barriers that must be overcome to create effective web maps for land-use monitoring, including issues with data accuracy, user interface design, spatial analysis, and data integration. This study addresses these issues and proposes strategies to address them, thereby enhancing the usefulness and effectiveness of GIS-based online maps for land management and surveillance [16,17].

2.Methods: Data collection is the initial step in creating online land use and monitoring maps. It involves obtaining various geographic datasets, such as socioeconomic information, aerial photographs, land use maps, and satellite imagery. The precise objectives of the study and its geographic scope determine which data sources to use. After data collection, preprocessing is performed to ensure compatibility and consistency. This may include data transformation, image correction, georeferencing, and quality assessment. Preprocessing is necessary to combine various datasets into a coherent framework for geographic analysis [18,19]. Understanding the relationships and patterns in

geospatial data requires the use of spatial analysis.

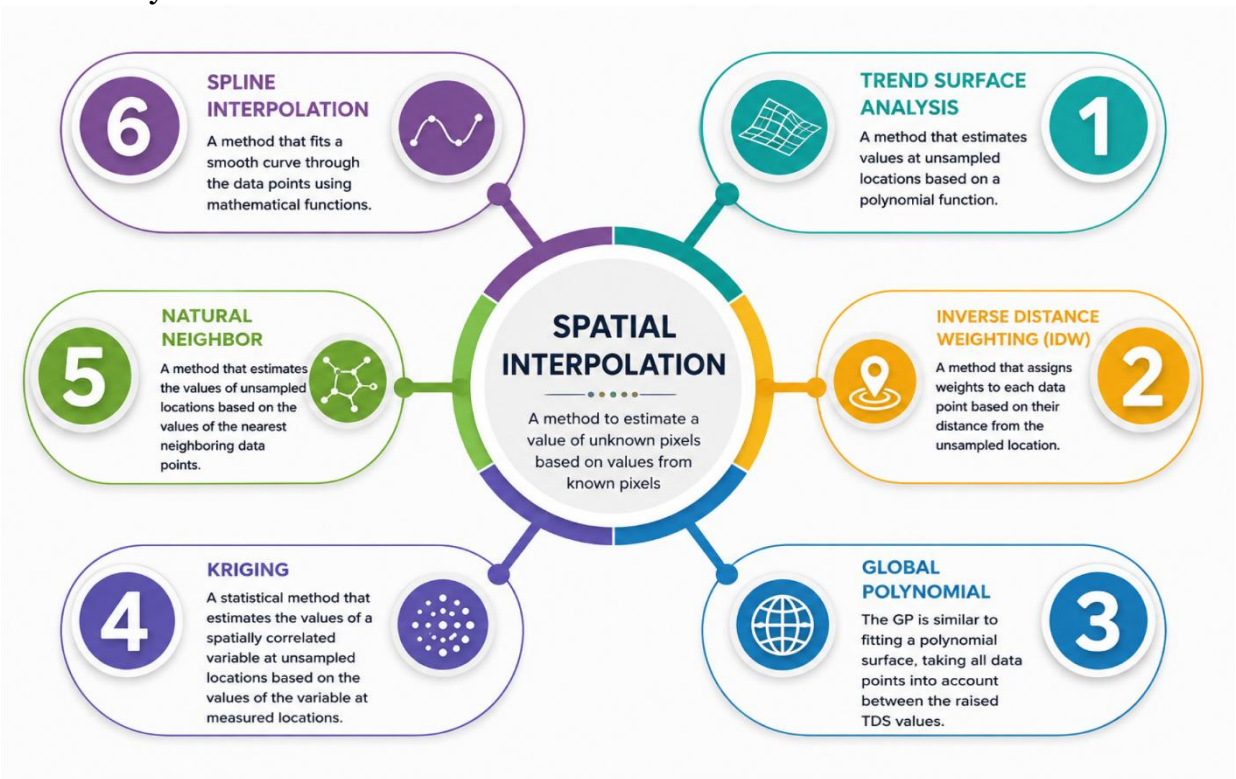


Fig. 1. Spatial Interpolation [Insert spatial interpolation formula used in the analysis]

Land use patterns, changes over time, and environmental implications are frequently analyzed using techniques including overlay analysis, proximity analysis, and spatial interpolation (fig.1). Web map development, the last phase of the process, entails the transmission and visualization of spatial data via online platforms. Web map development frequently makes use of open-source GIS programs like QGIS, GeoServer, and Leaflet. Several layers, including vegetation indices, land use, land cover, and socioeconomic indicators, may be included in the online maps [20,21].

Results The study findings reveal several challenges encountered in developing web-based land use and land monitoring maps using GIS technologies. These challenges can generally be classified into two main categories: technical and usability-related issues.

Technical Challenges

Data Compatibility: Integrating heterogeneous datasets from multiple sources is often difficult because of differences in geographic resolution, coordinate systems, projections, and data formats. Ensuring compatibility among these datasets is essential for accurate analysis and visualization.

Spatial Accuracy: Maintaining high spatial accuracy requires careful assessment of factors such as georeferencing errors, positional accuracy of satellite imagery, and ground-truth verification. Inaccurate spatial data may reduce the reliability of the monitoring system.

Visualization Techniques: Selecting suitable visualization methods is crucial for effectively communicating spatial patterns and trends. However, choosing appropriate color schemes, classification methods, and symbols

can be subjective and may influence users' interpretation of the data.

Performance Optimization: Providing a smooth and responsive user experience requires optimization of web map performance. This includes efficient data storage, tile caching, server configuration, and reducing latency to improve system responsiveness.

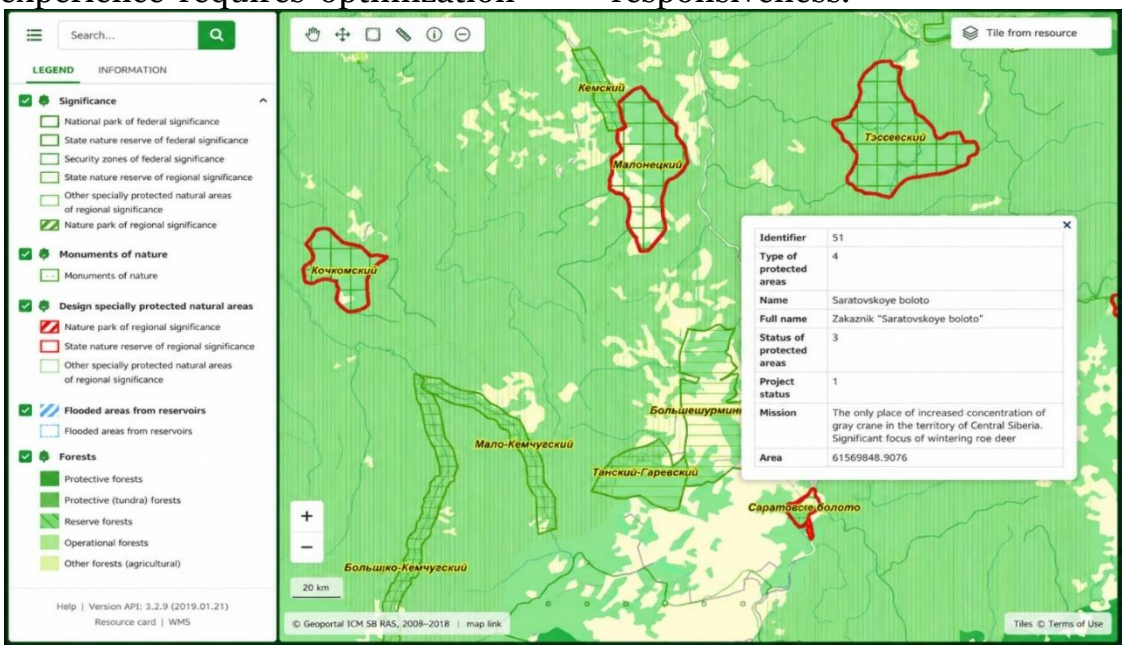


Fig 2. Web Map Interface supporting evidence-based decision-making in land management and monitoring

User Interface Design: Improving the usability of web maps requires creating an interface that is both simple and easy to use. Finding the right mix between capability and simplicity can be difficult, though, particularly when accommodating different user preferences and needs (fig.2).

Accessibility: When designing an online map, it's critical to take users with disabilities into account. To help users with visual or motor disabilities, this includes offering keyboard navigation support, alternative text for images, and other features.

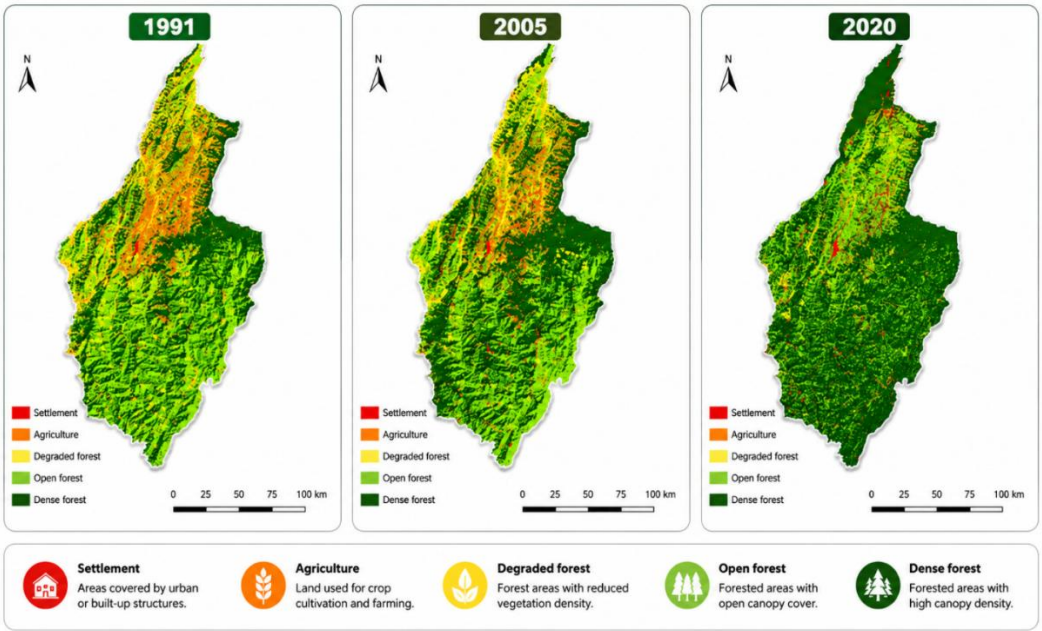


Fig. 3. Visualization techniques spatial patterns land use change over time.

The difficulties the study found highlight how difficult it is to employ GIS technologies to create web maps for land use and monitoring. A multidisciplinary strategy that incorporates technological know-how with subject matter expertise in environmental research and land management is needed to address these issues.

The creation of interoperability protocols and standardized data formats is one possible way to get over technical obstacles. Researchers and practitioners can enable the smooth integration of varied datasets from many sources by defining common data interchange standards. Additionally, web maps for land use and monitoring can become more accurate and reliable with the help of advances in spatial analysis algorithms and remote sensing technology. Convolutional neural networks and random forest classifiers are two examples of machine learning approaches that present promising paths toward automating land cover classification and change detection procedures. In terms of usability, the creation of intuitive, inclusive, and accessible web maps can be guided by the principles of user-centered design (fig.3). User testing and stakeholder feedback gathering can help find usability problems early in the design phase and make incremental improvements to the user experience. All things considered, there is great potential for improving land use management and monitoring procedures through the efficient application of GIS technologies. Researchers and practitioners can better assist informed decision-making and sustainable land use planning initiatives by leveraging spatial data by tackling the technical and usability problems associated with web map production.

ConclusionTo summarize up, this research offers insightful information about the difficulties and approaches associated with building web maps for land use and monitoring with GIS technologies. The findings draw attention to the technical difficulties pertaining to spatial accuracy, data compatibility, visualization methods, and performance optimization, in addition to the usability problems with accessibility and user interface design. Innovation and interdisciplinary cooperation are crucial to addressing these issues. For land use and monitoring applications, researchers and practitioners may create more precise, dependable, and user-friendly web maps by utilizing advances in GIS technologies, remote sensing, and spatial analytic algorithms. In order to enhance the efficacy and usability of web maps in assisting with decision-making processes linked to land management and environmental conservation, future research should concentrate on creating standardized data formats, interoperability protocols, and user-centered design principles.

References

1. J. I Mladen, P. čak Ivan, and J. Tomislav, African Journal of Agricultural Research 8, 1354 (2013)

2. Q. Zhou, International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology 1 (2017)

3. A Jumanov, S Khasanov, A Tabayev, G Goziev, U Uzbekov, and E Malikov. 2020. Land suitability assessment for grapevines via laser level in water-scarce regions of Uzbekistan (in the case of Kashkadarya province).// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 614 (1), 012150 https:/doi.org/10./IOP

Publishing doi:10.1088/1755-1315/614/1/01215
4. Z. Mamatkulov, E. Safarov, R. Oymatov, I. Abdurahmanov, and M. Rajapbaev, E3S Web of Conferences 227, 03001 (2021)
5. O. Ruzikulova, in (2023)
6. I. Aslanov, I. Jumaniyazov, N. Embergenov, K. Allanazarov, G. Khodjaeva, A. Joldasov, and S. Alimova, in XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022," edited by A. Beskopylny, M. Shamtsyan, and V. Artiukh (Springer International Publishing, Cham, 2023), pp. 1899-1907
7. S. Goibberdiev, G. Ikromkhodjaev, Z. Tajekeev, T. Ismailov, U. Mukhtorov, and I. Aslanov, E3S Web of Conf. 443, 06013 (2023)
8. I. Aslanov, N. Teshaev, K. Khayitov, U. Mukhtorov, J. Khaitbaeva, and D. Murodova, E3S Web of Conf. 443, 06015 (2023)
9. S. Islomov, I. Aslanov, G. Shamuratova, A. Jumanov, K. Allanazarov, Q. Daljanov, M. Tursinov, and Q. Karimbaev, in XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022," edited by A. Beskopylny, M. Shamtsyan, and V. Artiukh (Springer International Publishing, Cham, 2023), pp. 1908-1914
10. M. Juliev, A. Pulatov, S. Fuchs, and J. Hübl, Pol. J. Environ. Stud. 28, 3235 (2019)
11. D. R. Oetter, W. B. Cohen, M. Berterretche, T. K. Maiersperger, and R. E. Kennedy, Remote Sensing of Environment 76, 139 (2001)
12. N. Kobayashi, H. Tani, X. Wang, and R. Sonobe, Journal of Information and Telecommunication 4, 67 (2020)
13. I. Cârlan, D. Haase, A. Große-Stoltenberg, and I. Sandric, Urban Ecosystems 23, 363 (2020)
14. B. Alikhanov, M. Juliev, S. Alikhanova, and I. Mondal, Groundwater for Sustainable Development 12, 100548 (2021)
15. B.Sultanov, A.Jumanov. N.Abdurazakova, O.Shermatov, O.Fayziev, N.Dekhkanova. // The economic feasibility of cultivating intensive orchards E3S Web of Conferences 284, 03006 (2021). TPACEE-2021 https:// doi.org /10. 1051 /e3sconf/202128403006
16. U. Mukhtorov, S. Gapparov, Z. Djumaev, A. Utaev, S. Olloniyozov, and E. Karimov, E3S Web of Conf. 401, 02002 (2023)
17. R. Oymatov, N. Teshaev, R. Makhsudov, and F. Safarov, E3S Web of Conf. 401, 02004 (2023)
18. M. Lehoczky and Z. Abdurakhmonov, E3S Web of Conferences 227, 04001 (2021)
19. A. Jumanov, M. Khudayberganova, G. Mirazimova, Y. Radjabov, N. Umarov, and G. Samatova, "Monitoring dynamics of green spaces in Surkhandarya region based on remote sensing data of climate change," E3S Web of Conferences 401, 02012 (2023) CONMECHYDRO - 2023 https://doi.org/10.1051 /e3sconf/202340102012
20. S. Talukdar, P. Singha, S. Mahato, Shahfahad, S. Pal, Y.-A. Liou, and A. Rahman, Remote Sensing 12, 1135 (2020)
21. T. D. T. Uehara, T. Sehn Körting, A. dos R. Soares, and R. P. Quevedo, Journal of Applied Remote Sensing 16, 1 (2022)
22. Aslanov, I., Kholdorov, S., Ochilov, S., Jumanov, A., Jabbarov, Z., Jumaniyazov, I., Namozov, N.: Evaluation of soil salinity level through using Landsat-8 OLI in Central Fergana valley Uzbekistan. E3S Web Conf. 258, 03012 (2021).
23. K. Amankulova, N. Farmonov, U. Mukhtorov, and L. Mucsi, Geocarto International 38, 2197509 (2023)

UDK 631.4:551.58:502.171

AGROIQLIMIY OMILLAR ASOSIDA QISHLOQ XO‘JALIGI YERLARINING EKOLOGIK HOLATINI BAHOLASH

Rustam Oymatov *– “TIQXMMI” MTU, “Geodeziya va Geoinformatika” kafedrasi dotsenti*

Madina Axmedova *- “TIQXMMI” MTU, “Geoinformatika” ixtisosligi tayanch doktoranti*

Nargiza Eshmatova *- “TIQXMMI” MTU, “Geoinformatika” ixtisosligi tayanch doktoranti*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada Samarqand viloyati hududida joylashgan qishloq xo‘jaligi yerlarining geoekologik holati agroiqlimiy omillar asosida baholandi. Tadqiqotda 2016-2025-yillar oralig‘idagi meteorologik ma’lumotlar, jumladan havo harorati va yog‘in miqdori tahlil qilinib, gidrotermik koeffitsiyent (GTK) orqali hududning namlik ta’minoti va qurg‘oqchilik darajasi o‘rganildi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, so‘nggi yillarda hududda haroratning oshishi va yog‘in miqdorining tebranuvchan kamayish tendensiyasi kuzatilgan. GTK ko‘rsatkichlari asosida amalga oshirilgan baholash sug‘oriladigan yerlar sharoitida qurg‘oqchilik jarayonlarining kuchayib borayotganini va agroiqlimiy barqarorlikning pasayayotganini ko‘rsatdi. Shuningdek, trend tahlili natijasida agroiqlimiy omillarning yillar davomida o‘zgarishi sug‘oriladigan yerlarning geoekologik holatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatayotganligi aniqlandi. Olingan natijalar asosida hududda suv resurslaridan samarali foydalanish va agroekologik monitoringni kuchaytirish zarurligi asoslab berildi.*

Kalit so'zlar: *agroiqlimiy omillar, GTK, iqlim sharoiti, Samarqand viloyati, qishloq xo'jaligi.*

Annotation. *This article assesses the geoecological condition of agricultural lands located in the Samarkand region based on agroclimatic factors. The study analyzes meteorological data from 2016 to 2025, including air temperature and precipitation amounts, and examines the moisture supply and drought level of the area using the hydrothermal coefficient (HTC). The results of the study show that in recent years there has been an increase in temperature and a fluctuating decreasing trend in precipitation in the region. The assessment based on HTC indicators indicates that drought processes in irrigated lands are intensifying and agroclimatic stability is declining. In addition, trend analysis revealed that changes in agroclimatic factors over the years have had a significant impact on the geoecological condition of irrigated lands. Based on the obtained results, the need to ensure efficient use of water resources and strengthen agroecological monitoring in the region has been substantiated.*

Keywords: *agroclimatic factors, HTC, climate conditions, Samarkand region, agriculture.*

Аннотация. *В данной статье проведена оценка геоэкологического состояния сельскохозяйственных земель, расположенных на территории Самаркандской области, на основе агроклиматических факторов. В исследовании проанализированы*

метеорологические данные за период 2016-2025 годов, включая температуру воздуха и количество осадков, а также с использованием гидротермического коэффициента (ГТК) изучены обеспеченность территории влагой и уровень засушливости. Результаты исследования показали, что в последние годы на территории наблюдается тенденция повышения температуры воздуха и колебательного снижения количества осадков. Оценка на основе показателей ГТК выявила усиление процессов засухи в условиях орошаемых земель и снижение агроклиматической устойчивости. Кроме того, результаты трендового анализа подтвердили, что изменения агроклиматических факторов в течение ряда лет оказывают существенное влияние на геоэкологическое состояние орошаемых сельскохозяйственных земель. Полученные результаты обосновывают необходимость повышения эффективности использования водных ресурсов и усиления агроэкологического мониторинга в регионе.

Ключевые слова: *агроклиматические факторы, ГТК, климатические условия, Самаркандская область, сельское хозяйство.*

Kirish. Iqlim o‘zgarishi bugungi kunda global miqyosda eng dolzarb ekologik muammolardan biri hisoblanib, u Yer ekotizimlarining tabiiy holati hamda funksional barqarorligiga sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatmoqda. Mazkur jarayon geologik tarix davomida tabiiy ravishda kuzatib kelingan bo‘lsa-da, so‘nggi yuz yil ichida uning jadallashuvi keskin ortgani bilan ajralib turadi. Xususan, antropogen omillar ta’siri natijasida XIX asrdan boshlab Yer yuzasining o‘rtacha global harorati qariyb 0,9 °C ga oshgani qayd etilgan. Ushbu holat, asosan, atmosferaga chiqarilayotgan issiqxona gazlari emissiyasi bilan izohlanadi [1].

So‘nggi yillarda O‘zbekistonda ham iqlim o‘zgaraishi tufayli sug‘oriladigan qishloq xo‘jaligi yerlari meliorativ holatning yomonlashuvi, tuproq sho‘rlanishi, suv resurslari tanqisligi hamda yer degradatsiyasi jarayonlarining kuchayishi kuzatilmoqda [1].

Tadqiqot obyekti hisoblangan Samarqand viloyati O‘zbekistonning qadimiy sug‘orma dehqonchilik hududlaridan biri bo‘lib, viloyat iqlimi keskin kontinental xususiyatga ega. Hududda yoz faslining uzoq va quruq, qishning esa nisbatan yumshoq kelishi qishloq xo‘jaligi ekinlarini sug‘orish asosida yetishtirishni taqozo etadi. Viloyatda yillik yog‘in miqdori hududlar bo‘yicha notekis taqsimlangan bo‘lib, tekislik hududlarda kam, tog‘ oldi va tog‘li hududlarda nisbatan ko‘proq kuzatiladi. So‘nggi yillarda havo haroratining ortishi, yog‘in miqdorining kamayishi va suv taqchilligi natijasida sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatida salbiy o‘zgarishlar kuzatilmoqda.

Samarqand viloyati sug‘oriladigan yerlarida agroekologik tadqiqotlar atrof-muhitni tadqiq qilish nazariyasi va usullarini o‘rganish, agroekologik muammolarni aniqlash, buzilgan yerlarini qayta ishlash va hududlarning ekologik holatini baholashni o‘z ichiga oladi, bu bizga ma’lum bir hududning ma’lum bir qishloq xo‘jaligi ekinlarini yetishtirish uchun mos yoki yo‘qligini aniqlash imkonini beradi.

Qishloq xo'jaligi yerlariga antropogen ta’sir ko‘rsatayotgan

zamonaviy sharoitlarda ularning ekologik holatini aniqlash, monitoring o'tkazish va ulardan oqilona foydalanish choralarini ishlab chiqish zarurati tug‘iladi. rafafrase

Material va metodlar. Tadqiqot obyekti sifatida Samarqand viloyati ning sug‘oriladigan qishloq xo‘jaligi yerlari tanlandi. Viloyat O‘zbekiston Respublikasining markaziy qismida joylashgan bo‘lib, qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishida muhim agroiqtisodiy hududlardan biri hisoblanadi. Hududning geografik joylashuvi, tabiiy-iqlim sharoiti hamda sug‘orma dehqonchilikning keng rivojlanganligi agroiqlimiy jarayonlarni o‘rganish uchun qulay imkoniyat yaratadi.

Yerlardan foydalanish maydonlarini agroekologik baholashni o'tkazish uchun hududning asosiy agroiqlim xususiyatlarini hisoblash, hududning yer resurs salohiyatini aniqlash, relyefni o'rganish, tuproq sharoitlarini agroekologik baholashni tahlil qilish, sug'oriladigan yerlarning meliorativ holatini baholash va hududning ifloslanish darajasini baholash kerak.

Viloyat iqlimi keskin kontinental xarakterga ega bo‘lib, yozning uzoq davom etishi va yuqori harorat bilan tavsiflanadi. Vegetatsiya davrida havo haroratining yuqori bo‘lishi va yog‘in miqdorining kamligi sug‘orishga bo‘lgan ehtiyojni oshiradi. So‘nggi yillarda iqlim o‘zgarishi natijasida havo haroratining ortishi, yog‘in miqdorining kamayishi va suv resurslari tanqisligining kuchayishi sug‘oriladigan yerlarning meliorativ hamda geoekologik holatiga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda [2].

Tadqiqot davomida Samarqand viloyatining turli agroiqlimiy zonalarida joylashgan meteorologik stansiyalar ma’lumotlaridan foydalanildi. Jumladan, Samarqand, Dahbed, Payshanba, Nurobod, Qo‘shrabod va Payariq meteorologik stansiyalarining 2016-2025-yillarga oid iqlim ma’lumotlari tahlil qilindi. Ushbu ma’lumotlar asosida harorat, yog‘in, namlik, bug‘lanish va qurg‘oqchilik ko‘rsatkichlarining dinamikasi baholandi [3], [4].

Natijalar va ularning tahlili. Ekin hosildorligini va yer unumdorligini oshirish, shuningdek, qishloq xo'jaligi yerlarining tarkibi va tuzilishini aniqlash uchun yerlardan foydalanish maydonlarining tabiiy-iqlim sharoitlari aniqlanadi. Bu qishloq xo'jaligi ishlab chiqarish tizimini ishlab chiqish uchun asos bo'lib xizmat qiladi. Tabiiy-iqlim sharoitlari harorat rejimlari, davrlarning vaqti va davomiyligi, tuproqning muzlash chuqurligi, yog'ingarchilik miqdori, intensivligi va chastotasi, shuningdek, ustunlik qiladigan shamollarning yo'nalishi va chastotasi bilan tavsiflanadi.

Tadqiqotning asosiy ma’lumotlari Samarqand viloyatida joylashgan meteorologik stansiyalar kuzatuv natijalari, agroiqlimiy statistik ma’lumotlar hamda ilmiy adabiyotlardan olindi. Tadqiqot davomida o‘rtacha yillik havo harorati, yog‘in miqdori, nisbiy namlik, bug‘lanish va vegetatsiya davri ko‘rsatkichlari tahlil qilindi.

Agroiqlimiy ko‘rsatkichlarning yillar bo‘yicha o‘zgarishini aniqlashda qiyosiy-geografik hamda statistik tahlil usullaridan foydalanildi. Harorat va yog‘in ko‘rsatkichlarining ko‘p yillik dinamikasi o‘rganilib, Nurobod stansiyasi va unga yondosh hududlardagi yerlarning ekologik holatiga ta’siri baholandi. Shuningdek, qurg‘oqchilik darajasini aniqlash uchun gidrotermik koeffitsiyent (GTK) hisoblandi (1-jadval).

1-jadval. Qurg‘oqchilik darajasini aniqlash uchun gidrotermik koeffitsiyent (GTK) hisoblash.

Yillar	ΣP (mm)	ΣT (°C)	GTK	Hududni ekologik baholash
2016	93,9	163	5.76	o‘rta qurg‘oqchilik
2017	39.3	164.1	2.39	kuchli qurg‘oqchilik
2018	81.7	161.1	5.07	o‘rta qurg‘oqchilik
2019	199,3	159,8	12.47	nisbatan nam yil
2020	213,5	153	13.95	nisbatan nam yil
2021	34,1	169	2.02	kuchli qurg‘oqchilik
2022	91,7	169,3	5.42	o‘rta qurg‘oqchilik
2023	35,7	169,1	2.11	kuchli qurg‘oqchilik
2024	171,9	162,1	10.6	nisbatan nam yil
2025	41,3	176	2.35	kuchli qurg‘oqchilik

Qurg‘oqchilik darajasini baholashda quyidagi formuladan foydalanildi:

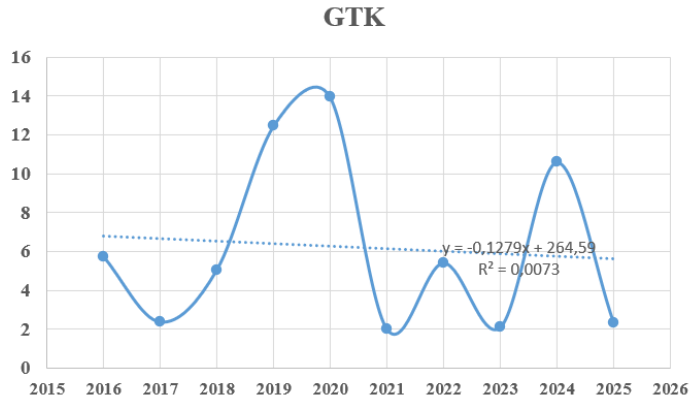
$$GTK = \frac{\sum P}{0.1 \sum T}$$

bu yerda:

- $\sum P$ — vegetatsiya davridagi yog‘in miqdori (mm),
- $\sum T$ — 10°C dan yuqori bo‘lgan haroratlar yig‘indisi.

2-jadval. GTK dinamikasi asosida hududlarni baholash

GTK	Baholash
<2	o‘ta qurg‘oqchil
2 – 5	kuchli qurg‘oqchilik
5 – 10	o‘rta qurg‘oqchilik
>10	nisbatan nam yil



3-rasm. “2016–2025 yillarda Payariq meteorologik stansiyasi bo‘yicha GTK dinamikasi va trend tahlili”

GTK va vaqt (2016-2025-yillar) o‘rtasidagi korrelyatsiya tahlili natijasida o‘rtacha-kuchli teskari bog‘liqlik aniqlangan (r = -0.72). Bu holat o‘rganilgan davr mobaynida gidrotermik koeffitsiyent ko‘rsatkichlarining umumiy pasayish tendensiyasini va agroiqlimiy sharoitlarning quruqlashib borayotganini ko‘rsatadi.

Olingan natijalar shuni bildiradiki, vaqt o‘tishi bilan hududda harorat rejimining oshishi va yog‘in miqdorining nisbatan kamayishi yoki notekis taqsimlanishi GTK qiymatlarining pasayishiga olib kelgan. Bu esa sug‘oriladigan yerlar

uchun namlik balansining yomonlashuvi va qurg‘oqchilik sharoitlarining kuchayishini anglatadi.

Shuningdek, korrelyatsiyaning manfiy ishorasi (r < 0) GTK ko‘rsatkichlari vaqt o‘tishi bilan kamayib borayotganini tasdiqlaydi. Bu esa Samarqand viloyati hududida agroiqlimiy sharoitlar asta-sekin qurg‘oqchil yo‘nalishga o‘tayotganini ko‘rsatadi.

Xulosa. O‘tkazilgan tahlillar natijasida hududda harorat rejimining oshib borishi va yog‘in miqdorining tebranuvchan hamda ayrim yillarda kamayish tendensiyasi kuzatilganligi aniqlandi. Bu holat vegetatsiya davrida namlik ta’minotining beqarorligini keltirib chiqardi va agroiqlimiy sharoitlarning quruqlashishiga sabab bo‘ldi.

GTK ko‘rsatkichlari asosida amalga oshirilgan baholash natijalariga ko‘ra, o‘rganilgan davr mobaynida hududda qurg‘oqchilik darajasining kuchayish tendensiyasi kuzatildi. Ayrim yillarda nisbatan qulay agroiqlimiy sharoitlar kuzatilgan bo‘lsa-da, umumiy trend sug‘oriladigan yerlar uchun namlik tanqisligi ortib borayotganligini ko‘rsatdi.

Trend tahlili natijalari agroiqlimiy ko‘rsatkichlarning yillar davomida o‘zgaruvchan bo‘lishi bilan birga, umumiy yo‘nalishda qurg‘oqchilik sharoitlarining kuchayib borayotganini tasdiqladi. Bu esa sug‘oriladigan yerlarning geoekologik barqarorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkinligini bildiradi.

Olingan natijalar asosida Samarqand viloyatida sug‘oriladigan yerlarning barqarorligini ta’minlash uchun suv resurslaridan samarali foydalanish, agrotexnik tadbirlarni optimallashtirish hamda iqlim o‘zgarishiga moslashuv choralarini kuchaytirish zarurligi aniqlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] R. Oymatov and M. Axmedova, ‘Iqlim omillari va mashinaviy o‘qitish asosida qishloq xo’jaligi yerlarini ekologik baholash’. ‘Geodeziya, kartografiya va muommolari’ ILMIY JURNALI, 2026.

[2] R. Oymatov and M. Axmedova, ‘Samarqand viloyatini tabiiy sharoit va demografik jarayonlar asosida kompleks baholash’. Geodeziya, karyografiya va kadastr ilmiy jurnali, 2026.

[3] O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya va iqlim o‘zgarishi milliy qo‘mitasi huzuridagi Gidrometeorologiya xizmati agentligi, 2025 2016. [Online]. Available: https://gov.uz/oz/hydromet

[4] hududstat.uz, O'zbekiston Respublikasi statistika qo’mitasi. 2025.

[5] Samarqand viloyati statistika boshqarmasi, statistika, 2025.

[6] O.D.Sirotenko, V.N.pavlovo. Metod osenki vliyaniya klimata …. 2021

[7] Новых Л.Л., Елисеева Н.В., Слюсаренко Э.Е. Геоэкологическая оценка состояния почв сельскохозяйственных ландшафтов: перспективные подходы и показатели. Региональные геосистемы. 2024. 48, № 3 (441–452).

[8] Павличенко Л. М., Байбосунова Г. Е., Рысмагамбетова А. А., Комплексная оценка агроклиматических ресурсов казахстана на основе целевой функции. RSG journal 2021.

UDK: 528.8:631.4:551.4(575.1)

GEOINFORMATSION TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA OLOT TUMANIDA QISHLOQ XO‘JALIGI YERLARINING CHO‘LLANISH DARAJASINI BAHOLASH

Rustam Oymatov *– “TIQXMMI” MTU, “Geodeziya va Geoinformatika” kafedrasi t.f.d. (DSc) dots.*

Maqsuda Hayitova *– “TIQXMMI” MTU, “Geodeziya va Geoinformatika” kafedrasi assistenti*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada Buxoro viloyatining Olot tumanida joylashgan qishloq xo‘jaligi yerlarining cho‘llanish jarayonlari geoinformatsion texnologiyalar (GAT) yordamida tahlil qilindi. Tadqiqotda 1994–2024 yillar oralig‘idagi Landsat 5 (TM) va Landsat 8 (OLI) sun’iy yo‘ldosh tasvirlaridan foydalanildi. Cho‘llanish darajasini aniqlash uchun NDVI, SAVI va NDWI kabi masofadan zondlash indekslari qo‘llanildi. Natijalarga ko‘ra, so‘nggi 30 yil ichida Olot tumanida o‘rtacha NDVI qiymati pasaygan. Kuchli cho‘llanish darajasidagi yerlar maydoni oshgan. Eng xavfli hududlar tumanning janubiy va janubi-g‘arbiy qismlarida joylashgan bo‘lib, ular Qizilqum cho‘liga tutashgan yaylovlardir. Tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, suv resurslarining tanqisligi, sug‘orish tizimining eskirganligi va iqlim o‘zgarishi cho‘llanishning asosiy omillari hisoblanadi. GAT asosidagi ushbu yondashuv cho‘llanish jarayonlarini vaqt va makon bo‘yicha kuzatish, prognozlash va boshqaruv qarorlarini qabul qilishda samarali vosita ekanligini isbotladi.*

Kalit so‘zlar: *cho‘llanish, geoinformatsion texnologiyalar, Olot tumani, NDVI, masofadan zondlash, qishloq xo‘jaligi yerlar degradatsiyasi, sho‘rlanish.*

Аннотация. *В данной статье с использованием геоинформационных технологий (ГИС) проведён анализ процессов опустынивания сельскохозяйственных земель Олотского района Бухарской области. В исследовании использовались спутниковые снимки Landsat 5 (TM) и Landsat 8 (OLI) за период 1994–2024 годов. Для определения степени опустынивания применялись такие индексы дистанционного зондирования, как NDVI, SAVI и NDWI. Результаты показали, что за последние 30 лет в Олотском районе среднее значение NDVI снизилось. Площадь земель с высокой степенью опустынивания увеличилась. Наиболее уязвимые территории расположены в южной и юго-западной частях района, которые представляют собой пастбища, прилегающие к пустыне Кызылкум. Исследование показало, что основными факторами опустынивания являются дефицит водных ресурсов, устаревшая оросительная система и изменение климата. Применённый подход на основе ГИС доказал свою эффективность как инструмент мониторинга, прогнозирования и принятия управленческих решений в отношении процессов опустынивания в пространстве и времени.*

Ключевые слова: *опустынивание, ГИС-технологии, Олотский район, NDVI, дистанционное*

зондирование, деградация сельскохозяйственных земель, засоление.

Abstract. *This article analyzes desertification processes of agricultural lands in the Olot district of the Bukhara region using geographic information technologies (GIS). The study utilized Landsat 5 (TM) and Landsat 8 (OLI) satellite imagery from the period 1994–2024. Remote sensing indices such as NDVI, SAVI, and NDWI were applied to determine the desertification level. The results show that over the past 30 years, the average NDVI value in the Olot district has decreased. The area of highly desertified lands has increased. The most vulnerable areas are located in the southern and southwestern parts of the district, which are pastures adjacent to the Kyzylkum Desert. The study reveals that water resource scarcity, outdated irrigation systems, and climate change are the main drivers of desertification. This GIS-based approach proved to be an effective tool for monitoring, forecasting, and decision-making regarding desertification processes in space and time.*

Keywords: *desertification, GIS technologies, Olot district, NDVI, remote sensing, agricultural land degradation, salinization.*

Kirish. Choʻllanish bugungi kunda global miqyosdagi eng dolzarb ekologik muammolardan biri sifatida eʼtirof etilmoqda [1]. Birlashgan Millatlar Tashkilotining Choʻllanishga qarshi kurash konvensiyasi (UNCCD) maʼlumotlariga koʻra, dunyodagi qurgʻoqchil hududlarning qariyb 40 foizi turli darajadagi choʻllanish jarayonlariga uchragan. Markaziy Osiyo mintaqasi, xususan Oʻzbekiston hududi, oʻzining keskin kontinental iqlimi, suv resurslarining cheklanganligi va antropogen omillarning kuchli taʼsiri tufayli choʻllanishga nihoyatda moyil hisoblanadi [3, 4].

Oʻzbekistonning janubi-gʻarbiy qismida joylashgan Buxoro viloyati mamlakatdagi eng ogʻir ekologik vaziyatga ega hududlardan biridir [5, 6]. Viloyat tarkibiga kiruvchi Olot tumani Qizilqum choʻliga toʻgʻridan-toʻgʻri tutashgan boʻlib, bu yerda choʻllanish, tuproq shoʻrlanishi va yaylovlar degradatsiyasi ayniqsa keskin kuzatilmoqda [7]. Tuman hududida yillik yogʻin miqdori 100–120 mm atrofida boʻlib, bu qurgʻoqchil iqlim sharoitida yerdan foydalanishda alohida eʼtiborni talab qiladi [8].

Soʻnggi oʻn yilliklar davomida sugʻorish tizimining eskirganligi, Amudaryo suvining kamayib borishi, yaylovlarning haddan tashqari yuklanishi va iqlim oʻzgarishi natijasida yozgi haroratlarning oshishi mintaqada choʻllanish jarayonlarini sezilarli darajada tezlashtirgan [9, 10, 11]. Tuproq shoʻrlanishi va ikkilamchi shoʻrlanish jarayonlari Buxoro vohasida keng tarqalgan boʻlib, bu qishloq xoʻjaligi mahsuldorligiga jiddiy zarar yetkazmoqda [11, 12].

Anʼanaviy usullar – dala tadqiqotlari, tuproq namunalarini olish va vizual kuzatishlar – choʻllanishni oʻrganishda muhim ahamiyatga ega boʻlsa-da, ular katta hududlarni qamrab olish va vaqt qatoridagi oʻzgarishlarni kuzatish imkoniyatlarida cheklangan [1, 4]. Shu nuqtai nazardan, geoinformatsion texnologiyalar (GAT) va masofadan zondlash usullari choʻllanish jarayonlarini tahlil qilishda samarali vosita boʻlib xizmat qiladi [2, 3]. Sunʼiy yoʻldosh tasvirlari asosida

hisoblanadigan vegetatsiya indekslari (NDVI, SAVI), shoʻrlanish indekslari (SI) va suv indekslari (NDWI) yordamida katta hududlarda choʻllanish darajasini miqdoriy jihatdan baholash, uning fazoviy va vaqtinchalik oʻzgarishlarini kuzatish mumkin [1, 4].

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi – geoinformatsion texnologiyalar va masofadan zondlash usullaridan foydalangan holda, Buxoro viloyati Olot tumanidagi qishloq xoʻjaligi yerlarida choʻllanish jarayonlarining 1990–2025 yillar oraligʻidagi dinamikasini tahlil qilish va choʻllanish darajasini fazoviy jihatdan baholashdan iborat.

Tadqiqot obyekti. Olot tumani Oʻzbekiston Respublikasi Buxoro viloyatining janubi-gʻarbiy qismida joylashgan [5]. Tuman 1943-yil 14-fevralda tashkil etilgan boʻlib, 1989-yildan mustaqil tuman maqomiga ega [13]. Tuman janub va janubi-sharqdan Qashqadaryo viloyati, janubi-gʻarbdan Turkmaniston, shimoli-gʻarb va shimoli-sharqdan Buxoro viloyatining Jondor, Qorakoʻl, Buxoro, Qorovulbozor tumanlari bilan chegaradosh [5, 7].

Tumanning umumiy maydoni 3 230 km² (322 573 gektar) ni tashkil qiladi [13]. Maʼmuriy markazi – Olot shahri [5]. Aholisi 2025-yil holatiga koʻra 101 300 kishidan oshgan [14]. Tumanda 1 shahar, 8 shaharcha va 11 qishloq fuqarolari yigʻini mavjud [13].

Relyefi. Tuman hududi Zarafshon daryosining eng quyi qismida, Qorakoʻl deltasidagi tekislikda joylashgan. Relyefi asosan tekislikdan iborat [5, 6].

Iqlimi. Olot tumani keskin kontinental iqlim sharoitida joylashgan. Yanvarning oʻrtacha temperaturasi –0,4°C, iyulniki 29,3°C. Yillik yogʻin miqdori atigi 120-125 mm ni tashkil qiladi [8, 15]. Yogʻinning juda pastligi tuman hududini qurgʻoqchil va choʻllanish jarayonlariga nihoyatda moyil qiladi [1, 4].

Gidrografiyasi. Tuman hududidan Amu-Buxoro va Amu-Qorakoʻl kanallari oʻtadi. Tumanda 132 quduq va 100 ga yaqin qoldiq koʻllar mavjud (Dengizkoʻl, Somonkoʻl, Qorongʻikoʻl, Shoʻrkoʻl va b.) [7, 16]. Tuproq osti sizot suvlarining yaqin joylashganligi shoʻrlanish jarayonlarini faollashtiradi [11, 12].

Tumanning atigi 10% ga yaqin maydoni oʻzlashtirilgan vohadan iborat. Qolgan qismi qumli, gipsli, gilli va shoʻrxok choʻllardan tashkil topgan [5, 8].

Tuproq turlari: oʻtloqi boʻz tuproqlar, qumloq boʻz tuproqlar, taqir boʻz tuproqlar. Janubiy qismida shoʻrxoklar katta maydonni egallaydi [6, 11]. Tumanda yaylovlar maydoni 135 447 gektarni tashkil qilib, bu umumiy yer maydonining qariyb 42 foizini tashkil etadi [7, 9].

Tabiiy oʻsimliklari choʻl zonasiga xos: boyalich, kovrak, yantoq, shuvoq, singren, saksovul, qandim va boshqalar [5, 16]. Tumanda 1971-yilda tashkil etilgan Qorakoʻl qoʻriqxonasi faoliyat koʻrsatadi. Qoʻriqxonada 200 ga yaqin oʻsimlik turi, 170 tur qush va 30 ga yaqin sut emizuvchi hayvon turlari mavjud [13].

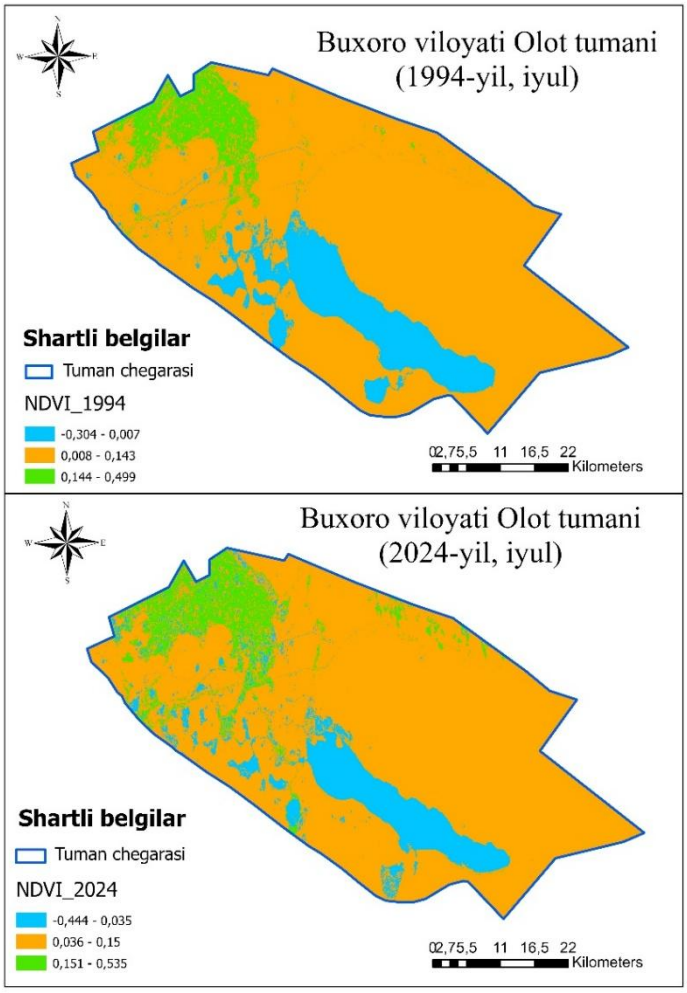
Tumanda 200 dan ortiq fermer xoʻjaligi faoliyat yuritadi. Ulardan aksariyati paxtachilik va gʻallachilikka ixtisoslashgan. Shuningdek, 20 ta fermer xoʻjaligi chorvachilik, 10 ga yaqin subyekt parrandachilik va baliqchilik bilan shugʻullanadi [14].

Chorvachilik holati: 188 400 bosh yirik shoxli mol, 237 000 dan ortiq mayda shoxli mol, 1 295 000 boshdan ortiq parranda [14]. Tumanda bog‘dorchilik, issiqxona xo‘jaligi, uzumchilik va sabzavotchilik ham rivojlangan [15].

Olot tumanida quyidagi asosiy ekologik muammolar mavjud: suv resurslarining tangisligi, tuproq sho‘rlanishining kuchayishi, yaylovlarning degradatsiyasi va qum ko‘chishi jarayonlari [1, 2, 9]. Ushbu omillarning barchasi tuman hududida cho‘llanish jarayonlarini tezlashtirmoqda [3, 4, 10].

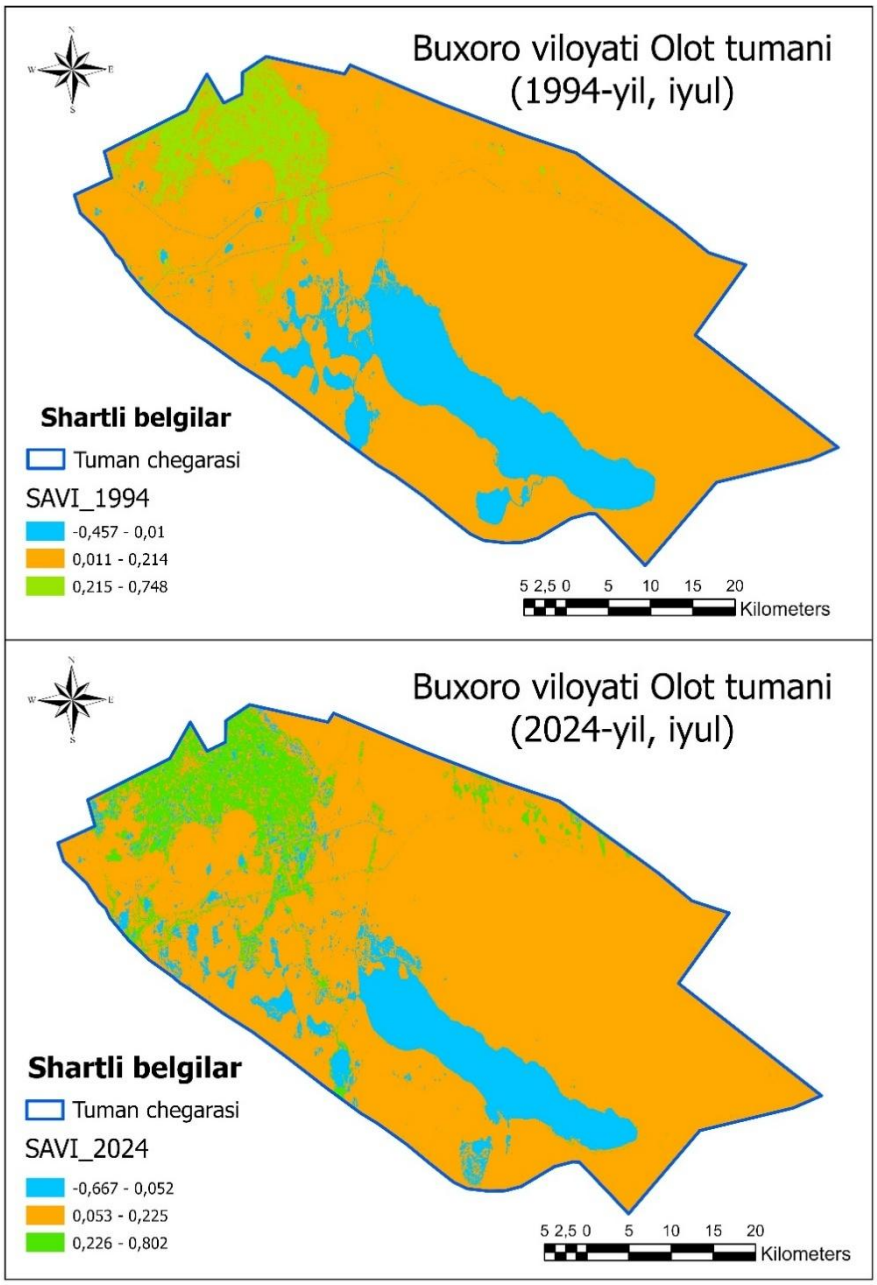
Natijalar

NDVI indeksi tahlili. NDVI indeksi bo‘yicha 1994 yilda 1-sinf (gidrografiya) –0,304 dan 0,007 gacha bo‘lgan qiymatlarni egallagan bo‘lsa, 2024 yilda bu oraliq –0,444 dan 0,035 natija ko’rsatgan. Ya’ni, 30 yil oralig’ida gidrografiya mavjud hududlar maydoni qisqargan (1-rasm). Bu xaritada ham yaqqol ko’rinib turipti. 3-sinf (Vegetatsiya) esa 1994 yilda 0,144–0,499 oraliqda bo‘lsa, 2024 yilda 0,151–0,535 oraliqda qolgan. Bu vegetatsiya hududlarning nisbatan saqlanib qolganini, biroq ularning umumiy maydoni qisqarganini ko‘rsatadi. 2-sinf (Cho’l) ikkala davrda ham barqaror bo‘lib nisbatan kengaygani xaritada aks etgan, 1994 yilda 0,008–0,143, 2024 yilda 0,036–0,150 oralig‘ida qayd etilgan.



1-rasm. Olot tumanining 1994-yil va 2024-yil oralig’idagi NDVI vegetatsiya indeksi

SAVI indeksi tahlili. SAVI indeksi NDVI ga nisbatan aniqroq natija berdi. 1994 yilda 1-sinf (Gidrografiya) –0,457 dan 0,010 gacha bo‘lsa, 2024 yilda bu oraliq –0,667 dan 0,052 gacha natija ko’rsatdi. Bu NDVI dagi o‘zgarishlardan sezilarli darajada kengroqdir. 3-sinf (Vegetatsiya) 1994 yilda 0,215–0,748 oraliqda, 2024 yilda esa 0,226–0,802 oralig‘ida qayd etilgan (2-rasm). SAVI indeksi Olot tumanining ochiq rangli qumloq tuproqlarida NDVI ga nisbatan ishonchliroq natija bergan. SAVI indeksining natijasida ham “Dengizko’l” ko’lining maydoni qisqargani aniq namoyon bo’lib turipti.

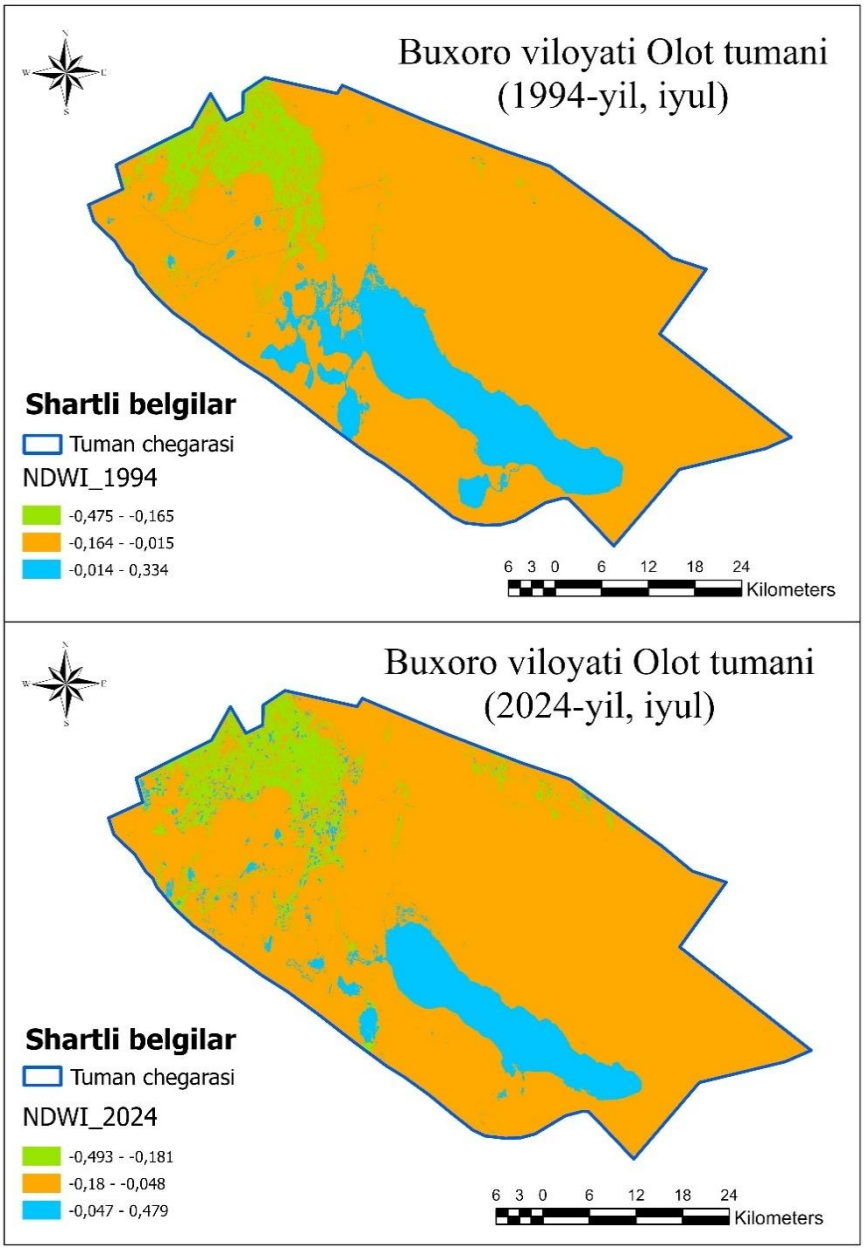


2-rasm. Olot tumanining 1994-yil va 2024-yil oralig’idagi SAVI vegetatsiya indeksi

NDWI indeksi tahlili

NDWI indeksi eng keskin o‘zgarishlarni ko‘rsatdi. 1-sinf (Vegetatsiya) 1994 yilda –0,475 dan –0,165 gacha bo‘lsa, 2024 yilda –0,493 dan –0,181 gacha kengaygan. 3-sinf

(Gidrografiya) 1994 yilda –0,014 dan 0,334 gacha bo‘lgan oraliqni egallagan bo‘lsa, 2024 yilda bu oraliq –0,047 dan 0,479 gacha siljigan. Diqqatga sazovor tomoni shundaki, 2024 yilda suvli hududlarning pastki chegarasi (–0,047) 1994 yilgi pastki chegaradan (–0,014) pastroq (3-rasm). Bu suvli hududlar sifatida tasniflangan maydonlarning keskin qisqarganligini va faqat eng yuqori namlikka ega bo‘lgan nuqtalarning saqlanib qolganligini ko‘rsatadi.



3-rasm. Olot tumanining 1994-yil va 2024-yil oralig’idagi NDWI vegetatsiya indeksi

Xulosa. 1994–2024 yillar oralig‘ida Olot tumanida NDVI, SAVI va NDWI indekslarining barchasida cho’l sinfi hududlarning qiymat oralig‘i kengaygan. Bu tuman hududida quruq, vegetatsiyasi siyrak va cho‘llanishga uchragan maydonlarning ko‘payganligini tasdiqlaydi.

NDWI indeksidagi o‘zgarishlar eng keskin bo‘lib, suvli va nam hududlarni ifodalovchi gidrografiya sinfning pastki chegarasi 1994 yilda –

0,014 dan 2024 yilda –0,047 gacha tushib ketgan. Bu suv havzalari va nam tuproqli maydonlarning keskin qisqarganligini ko‘rsatadi.

SAVI indeksi NDVI ga nisbatan aniqroq natija bergan. Olot tumanida och rangli qumloq tuproqlar keng tarqalganligi sababli, SAVI indeksi (L=0,5) NDVI ga nisbatan tuproq fon ta’sirini kamaytirib, haqiqiy vegetatsiya holatini aniqroq aks ettirgan.

Olot tumani cho‘llanishning yuqori xavf zonasida joylashgan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, Olot tumanida cho‘llanish jarayonlari to‘xtovsiz davom etmoqda. Suv resurslarining tangisligi, iqlim o‘zgarishi va sug‘orish tizimining samarasizligi bu jarayonlarning asosiy omillari hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] Muminova E.A., Davlyatova G., Nazarova L., Abdusattorova M., Askarov F.R. (2024). Harnessing Geoinformatics for Uzbekistan’s Development in the Digital Era. *E3S Web of Conferences*, 590, 03003.

[2] Toshbekov N.A. (2025). The Content and Essence of the Desertification Problem and Its Geographical Aspects. *Development and Innovations in Science*, 4(6), 188–191.

[3] Xalilov M., Komilova N. (2024). Global iqlim o‘zgarishlari sharoitida tabiiy resurslardan foydalanishda geoaxborot tizimlaridan foydalanish (Respublikamiz misolida). *Zenodo*. https://doi.org/10.5281/zenodo.13851439

[4] Mirzoyeva I.E., Tukhtaeva G.F. (2021). Morphological Types of Central Asian Deserts and Their Geographical Aspects. *The American Journal of Applied Sciences*, 3(5), 136–139.

[5] Baratov P. (1996). *O‘zbekiston tabiiy geografiyasi*. Toshkent: O‘qituvchi nashriyoti.

[6] Sergeyeva A., Dan’shin A., Akbar I., Usmonov A., Ergashev A. (2025). Urbanization and Spatial Transformation of Cities in the Bukhara Region in Uzbekistan. *Chinese Journal of Urban and Environmental Studies*, 13(3), 2345748125500174.

[7] Toshbekov N.A. (2020). Scientific basis of water resources and their exploitation use (on the example of Bukhara region). *Electronic Journal of Actual Problems of Modern Science, Education and Training*.

[8] Azimov L.E. (2018). *Buxoro vohasi tuproqlarida sho‘rlanish jarayonlari va sho‘rlanishga qarshi chora tadbirlari* (Bitiruv malakaviy ishi). ZiyoNET kutubxonasi.

[9] Turayev M.M., Turayev N.M. (2025). Influence of Wheat Varieties on Soil Salination. *International Journal of Artificial Intelligence*, 1(3), 450–452.

[10] Teshayeva D.R. (2022). Theoretical and scientific foundations of growing winter wheat varieties in conditions of saline soils. *Bulletin of the Khorezm Mamun Academy*, 9/1, 53–58.

[11] Asatov S.R., Sulaymonov J.N. (2020). Secondary salinization of irrigated lands and improvement of their reclamation status. *Respublika onlayn ilmiy-amaliy konferensiya materiallari: “Qishloq xo‘jaligidagi ekologik muammolar va ularning yechimlari”*, 17-18 dekabr, Buxoro: Durdona nashriyoti.

[12] *Territorial Correlation Between Soil Temperature, Soil Properties and Plant Growth in Lower Zarafshon (Problems of Desertification)*. (2024). Top Journals.

[13] O‘zbekiston Respublikasi Mahalla va oilani qo‘llab-quvvatlash vazirligi huzuridagi “Mahalla”

jamg‘armasi. (2025). *Olot tumani ma’lumotnomasi*. Buxoro viloyati boshqarmasi arxivi.

[14] Buxoro viloyati statistika boshqarmasi. (2024). *Buxoro viloyati qishloq xo‘jaligi ko‘rsatkichlari (statistik to‘plam)*. Buxoro.

[15] O‘zbekiston Gidrometeorologiya xizmati markazi. (2023). *Buxoro viloyati iqlimiy ma’lumotlari (1990–2023)*. Toshkent.

[16] O‘zbekiston Respublikasi Tabiat resurslari vazirligi. (2022). *Orol dengizi havzasidagi cho‘llanish jarayonlari monitoringi hisoboti*. Toshkent.

UDK: 912:004.9:314.17(575.1)

CREATING A WEB MAP OF THE ECONOMICALLY ACTIVE POPULATION OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN

Islomov Utkir*–Associate professor of “Geodesy and geoinformatics” department of “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers” National Research University*

Aminova Guljahon *–Assistant professor of “Geodesy and geoinformatics” department of “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers” National Research University*

Hayitova Maqsuda *–Assistant professor of “Geodesy and geoinformatics” department of “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers” National Research University*

Abstract. *In recent years, particularly over the last decade, web mapping has advanced through the use of statistical and online geospatial data. Nearly all mapping data is utilized worldwide. Mobile communication devices now feature location-based services, and the location of every event and object on Earth is available. Due to the development of the internet, the use of statistical data for web mapping and its applications has rapidly expanded. This article discusses the creation of a web map of the economically active population of the Republic of Uzbekistan for the period 2010–2023, using the ArcGIS Pro software based on statistical data. Through web mapping, the article identifies and examines trends and interactions between various components in relation to technological advancements. The review of the results concludes with an exploration of certain opportunities and directions.*

Our government has outlined a series of tasks in decrees and resolutions aimed at improving the living standards of the population by developing the economy and agriculture of our republic. There is a need to rationally utilize natural and labor resources and to efficiently allocate agricultural sectors, taking into account the republic’s natural and socio-economic conditions. Additionally, the Action Strategy for the Further Development of the Republic of Uzbekistan for 2017–2021 specifically emphasizes the task of “...accelerating the modernization and development of agriculture, and continuing institutional and structural reforms to reduce state involvement in agricultural development.” In implementing these tasks, it is important to conduct research, including improving the cartographic

provision of agricultural sectors and infrastructure in the regions and developing web maps based on geographic information systems and technologies (GIS) [1].

Key words: *ArcGIS Pro, ArcGIS online, statistics, Web map, Web GAT, Web cartography.*

Introduction. The need for Geographic Information Systems (GIS) based on Web GIS is increasing for the easy and quick distribution, sharing, visualization, updating, and processing of spatial and attribute data, which supports decision-making in various fields [2]. Web GIS software has enabled the production of user-oriented maps. As a result, in addition to geographers, geographic data scientists, and land surveyors, it has become possible for other users to create map content [3]. Some scholars refer to this transformation as "Neogeography" [4]. However, some scholars emphasize that the term "GeoWe" could be a more accurate term to describe this concept [3].

Specialists must collect data during field research following various disasters, and the data obtained must be reliable. Assessing damage immediately after a natural disaster involves evaluating the structural integrity of buildings and ensuring human safety by evacuating citizens from areas at risk during recurring earthquakes. This critical process is carried out by expert structural engineers after disasters like earthquakes. At this stage, the engineer must assess the current risk level of a building and report post-earthquake findings. Traditionally, conventional methods are used in this process. However, Web GIS can provide highly effective and efficient results in managing information exchange between decision-makers and decision-making mechanisms [5]. Today, GIS software is widely used for disaster response and spatial data analysis. Spatial data and related technologies, particularly Geographic Information Systems (GIS) with capabilities for visualizing, searching, analyzing, and managing spatial data, have proven to be crucial for natural disaster management [6].

The growing and dynamic nature of data today requires diverse approaches for storing and sharing large datasets [7]. Storing, capturing, querying, analyzing, and sharing dynamic data has become more convenient due to advancements in Web GIS technologies. Currently, Web GIS technologies, widely utilized through cloud-based solutions, enable multiple users to simultaneously access and analyze large volumes of positional data. From this perspective, these technologies ensure the rapid production, analysis, and storage of spatial data for institutions and individuals following natural disasters such as earthquakes, floods, and landslides.

Web Mapping Service. This provides clients with an interface to access geographic data maps and detailed information about specific features displayed on the map. The term "map" refers not to the geographic data itself available on the internet but to the visual representation of that geographic data [8].

In exploring definitions of web mapping provided by global scholars through various scientific studies, web mapping involves:

- Data management and updates [9,10],
- User authentication and security [11],
- Collection of user-generated forms (such as various surveys and requests) [12],
- Access to databases [13].

These components highlight the multifaceted nature of web mapping, supporting its role in efficient data handling and visualization for diverse applications.

“Web mapping is the process of designing, implementing, creating, and delivering maps on the World Wide Web” [14].

“Web mapping is the process of using maps obtained by an information system for spatial and geographic information” [15].

“Web mapping is the process of using maps provided by geographic information systems (GIS)” [16] have been defined.

Web maps are maps created using geographic information technologies and placed on the Internet. The terms “Web map”, “Web GIS” and “Web cartography” are close to each other in terms of their goals and objectives. Currently, there are several methods for creating web maps. These include web platforms and services for creating cartographic works on the Internet (CartoDB, Animaps, Scribble Maps, Click2Map, ZeeMaps, UMapper, etc.), software belonging to the GIS family (ArcGIS, GlobalMapper, MapInfo, etc.), and programming languages (Javascript, Python, PHP, Java, Scala, Haskell, Swift, and Rust) [17].

ArcGIS Online is an application part of the Esri Geospatial Cloud that connects people, places, and data through interactive maps [18].

ArcGIS Online is used to create maps, analyze data, share, and collaborate [19]. Nowadays, the Internet has become a modern tool for the field of cartography. Maps on the Internet are interactive and dynamic, which facilitates easy access and allows them to adapt to the needs of the user in terms of content and scale [20].

Technologically, web mapping is implemented through the ArcGIS platform. ArcGIS Desktop is used to create a database for display and then export them to ArcGIS Pro. ArcGIS Pro is used to create and symbolize a set of predefined maps at any scale. These maps are then converted into web layers in ArcGIS Online to create and share web maps and ready-to-use web applications that allow the creation of user interfaces and interactive tools for using spatial data [21]. Interaction with datasets for online mapping and spatial analysis is achieved using the ArcGIS Online cloud service [22].

Interactive mapping is not only a tool for visualizing demographics, but also for geospatial analysis and decision-making [23]. The cloud service model is the most suitable option in the rapidly changing environment of socio-economic datasets. Zastrow [24] points to the advantages of reducing technical skills requirements and the need for server access.

Web cartography explores the possibilities of creating, transmitting, and using cartographic data and visualizations presented on the Internet [25].

Methodology. In this article, a web map of the economically active population of the Republic of Uzbekistan was created using the ArcGIS Online platform and statistical data. Video tutorials were extensively utilized for this purpose [26].

To conduct the research in this article, the boundaries of the region were loaded into the ArcGIS Pro software. The borders of the Republic of Uzbekistan were downloaded from the internet by searching for “Uzbekistan shape files,” with boundaries divided by regions [27].

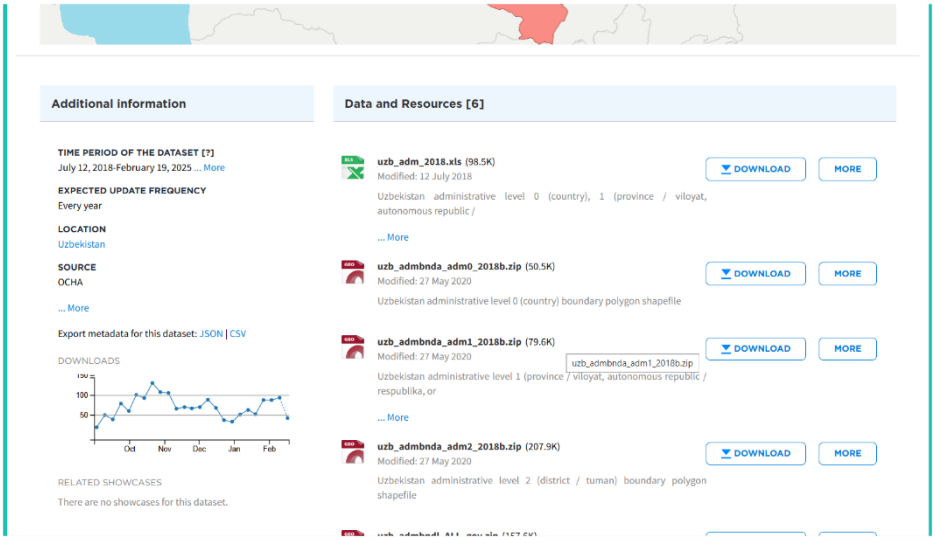


Figure 1. Downloading the boundaries of regions

Additionally, statistical data from a database was downloaded in Excel table format to load attribute data. This included data for the economically active population of the Republic of Uzbekistan, covering the total economically active population, as well as the economically active population in urban and rural areas, for the period from 2010 to 2023 [28].

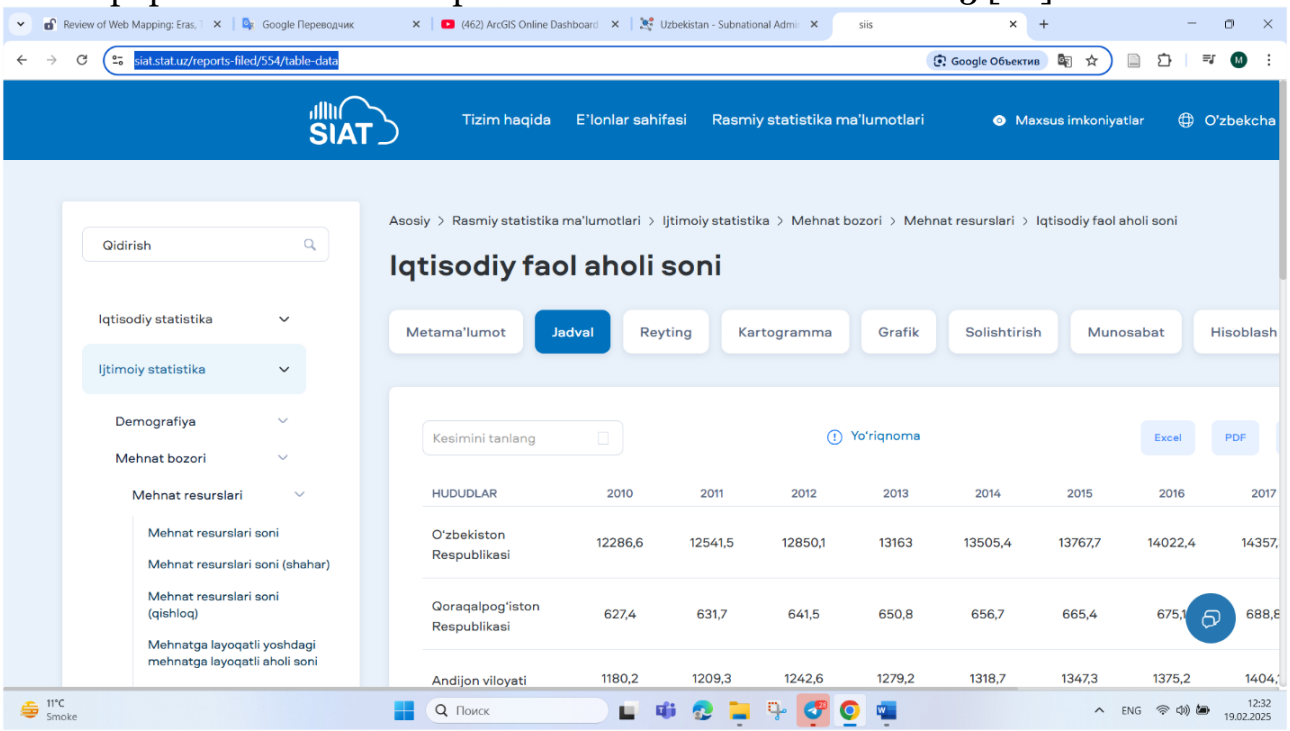


Figure 2. Downloading the data

One of the map types that can be used in ArcMap is a web map, which can be created using the ArcGIS.com map viewer in a web browser and utilized by any ArcGIS client, such as ArcGIS for Desktop, ArcGIS Mobile, web applications, and others. Access to all ArcGIS mapping services is provided through the creation of web maps. It is also possible to use ArcGIS for Desktop to publish a map as a service [29].

All data was loaded into the ArcGIS Pro software.

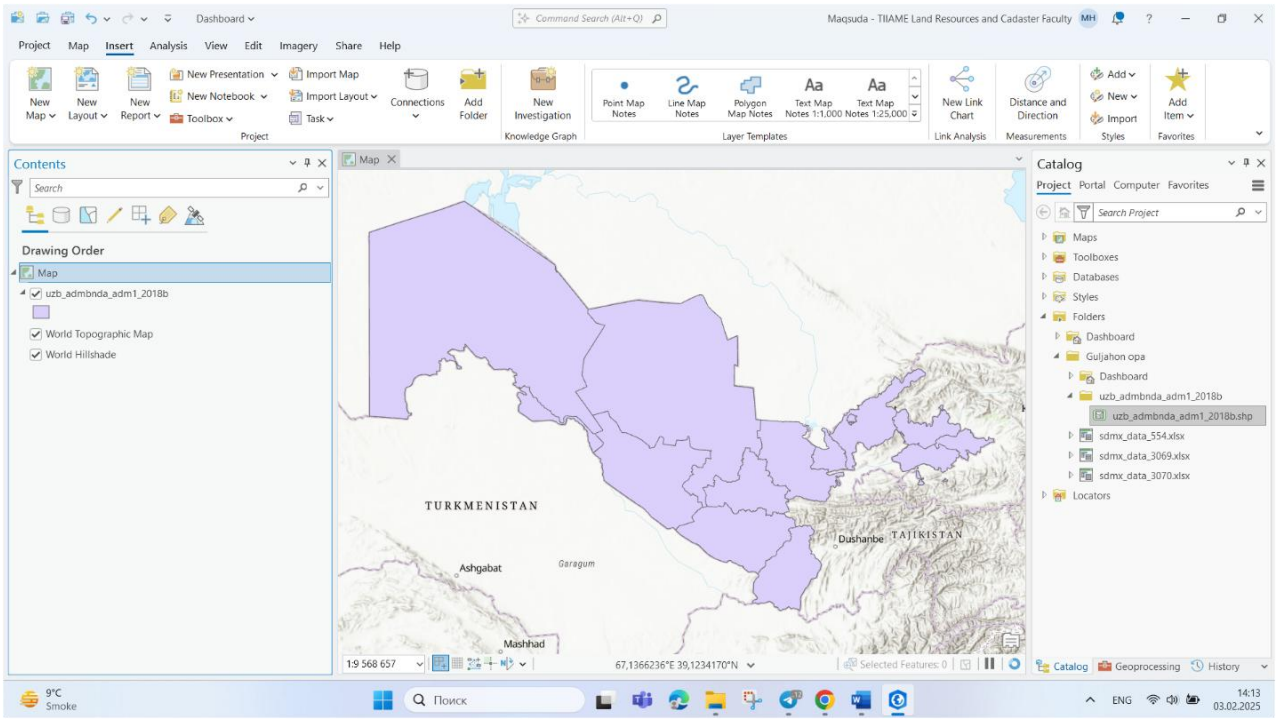
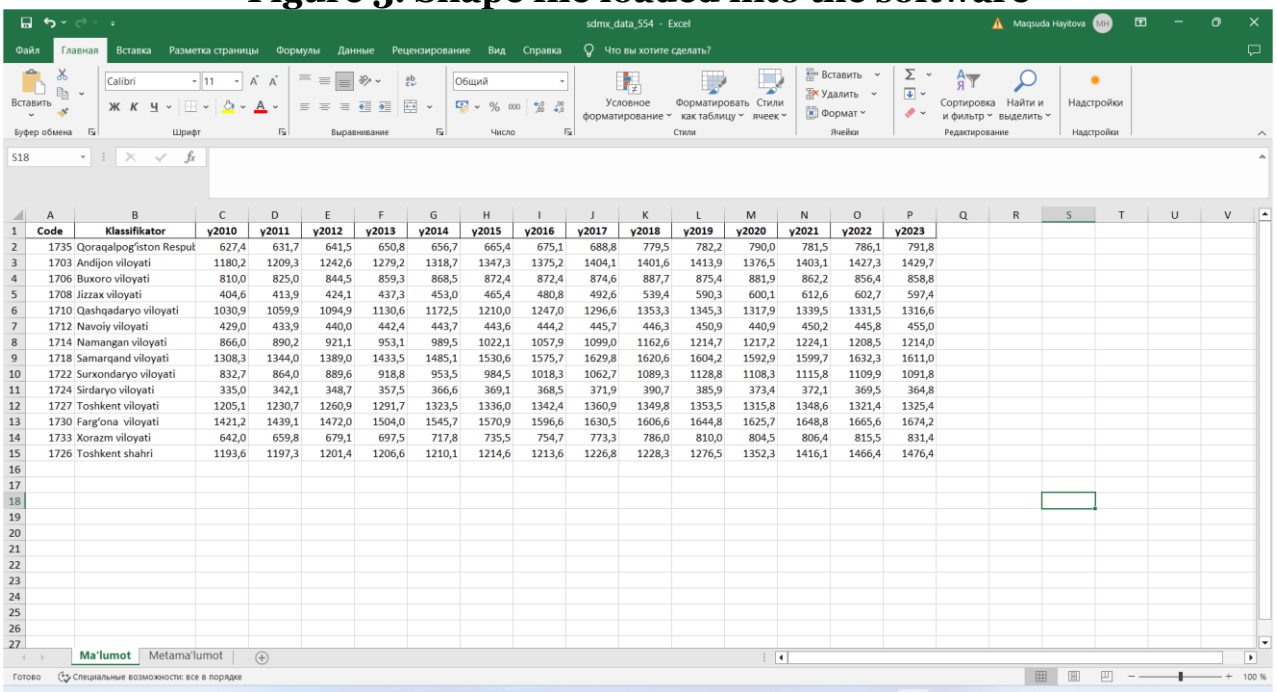


Figure 3. Shape file loaded into the software



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1	Code	Klassifikator	y2010	y2011	y2012	y2013	y2014	y2015	y2016	y2017	y2018	y2019	y2020	y2021	y2022	y2023						
2	1735	Qoraqalpog'iston Respul	627,4	631,7	641,5	650,8	656,7	665,4	675,1	688,8	779,5	782,2	790,0	781,5	786,1	791,8						
3	1703	Andijon viloyati	1180,2	1209,3	1242,6	1279,2	1318,7	1347,3	1375,2	1404,1	1401,6	1413,9	1376,5	1403,1	1427,3	1429,7						
4	1706	Buxoro viloyati	810,0	825,0	844,5	859,3	868,5	872,4	872,4	874,6	887,7	875,4	881,9	862,2	856,4	858,8						
5	1708	Jizzax viloyati	404,6	413,9	424,1	437,3	453,0	465,4	480,8	492,6	539,4	590,3	600,1	612,6	602,7	597,4						
6	1710	Qashqadaryo viloyati	1030,9	1059,9	1094,9	1130,6	1172,5	1210,0	1247,0	1296,6	1353,3	1345,3	1317,9	1339,5	1331,5	1316,6						
7	1712	Navoiy viloyati	429,0	433,9	440,0	442,4	443,7	443,6	444,2	445,7	446,3	450,9	440,9	450,2	445,8	455,0						
8	1714	Namangan viloyati	866,0	890,2	921,1	953,1	989,5	1022,1	1057,9	1099,0	1162,6	1214,7	1217,2	1224,1	1208,5	1214,0						
9	1718	Samarqand viloyati	1308,3	1344,0	1389,0	1433,5	1485,1	1530,6	1575,7	1629,8	1620,6	1604,2	1592,9	1599,7	1632,3	1611,0						
10	1722	Surxondaryo viloyati	832,7	864,0	889,6	918,8	953,5	984,5	1018,3	1062,7	1089,3	1128,8	1108,3	1115,8	1109,9	1091,8						
11	1724	Sirdaryo viloyati	335,0	342,1	348,7	357,5	366,6	369,1	368,5	371,9	390,7	385,9	373,4	372,1	369,5	364,8						
12	1727	Toshkent viloyati	1205,1	1230,7	1260,9	1291,7	1323,5	1336,0	1342,4	1360,9	1349,8	1353,5	1315,8	1348,6	1321,4	1325,4						
13	1730	Farg'ona viloyati	1421,2	1439,1	1472,0	1504,0	1545,7	1570,9	1596,6	1630,5	1606,6	1644,8	1625,7	1648,8	1665,6	1674,2						
14	1733	Xorazm viloyati	642,0	659,8	679,1	697,5	717,8	735,5	754,7	773,3	786,0	810,0	804,5	806,4	815,5	831,4						
15	1726	Toshkent shahri	1193,6	1197,3	1201,4	1206,6	1210,1	1214,6	1213,6	1226,8	1228,3	1276,5	1352,3	1416,1	1466,4	1476,4						

Figure 4. The table was processed

After making the necessary changes to the tables, all of them are uploaded to the software. All the data in the table is linked to the attribute data table of the regional boundaries.

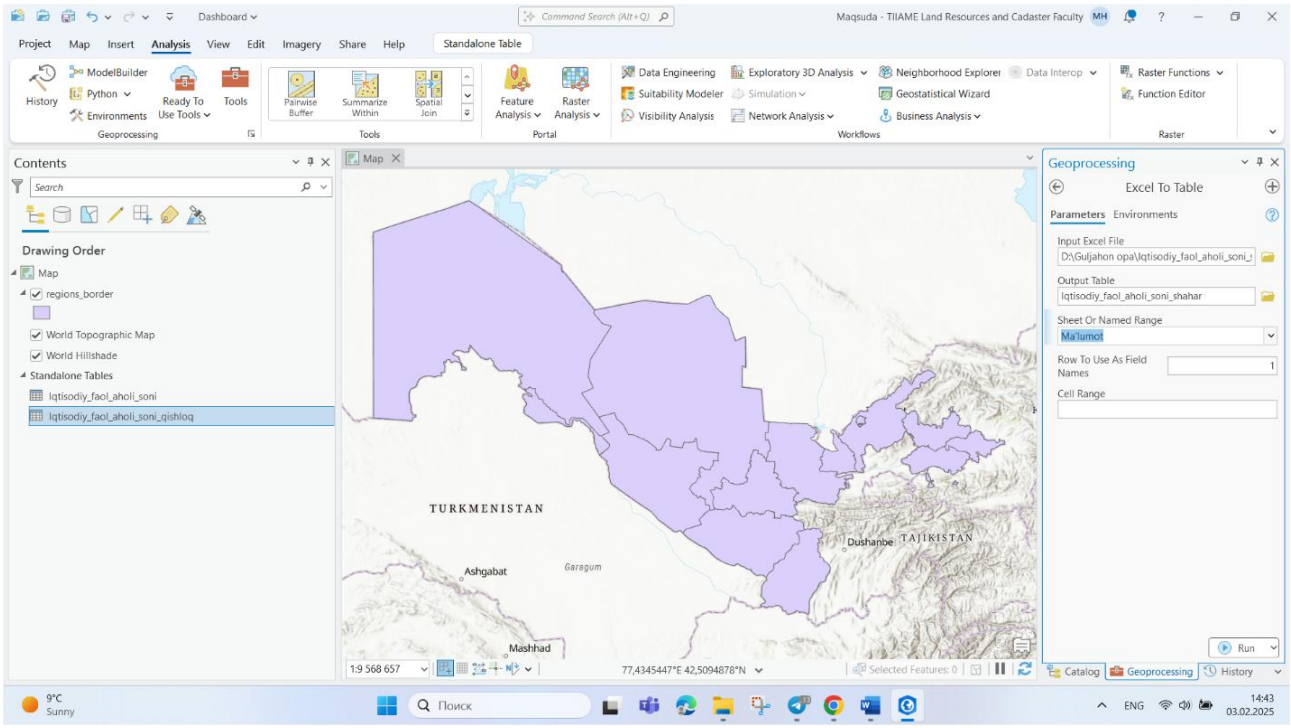


Figure 5. Loading tables into the program

ArcGIS Online makes it easy to upload files and add content from the cloud. It can read many file types, including spreadsheets, KML, GeoJSON, and simple geospatial files. If you need to refine your data, ArcGIS Online includes tools to help you prepare for visualization and analysis. Interactive web maps support data visualization, editing, and analysis, and can be viewed on mobile and desktop devices [30].

After downloading the data, the upload to the ArcGIS Online platform began.



Figure 6. ArcGIS Online platform

To create a web map, once the map is uploaded to the ArcGIS software, all this data must then be uploaded to ArcGIS Online. For this, all the

processed materials in the Shapefile are exported to the selected file and archived [31]. Open-source web maps are the integration of GIS and internet technologies. GIS offers solutions to one of the most critical issues for users — restricted access to data. Open-source web maps are considered a means of accessing, analyzing, and transmitting GIS data. The World Wide Web, FTP (File Transfer Protocol), and HTTP applications facilitate access to and transmission of data files via open-source web maps.

Online GIS provides users with convenient access to GIS data from various sources in a distributed environment. GIS users can access or download any desired data using a web browser application [32].

We access this platform by entering our own login and password, and a file is created here to carry out the research. Then, by switching to the ArcGIS Pro software, the above-mentioned data is uploaded to the ArcGIS Online platform.

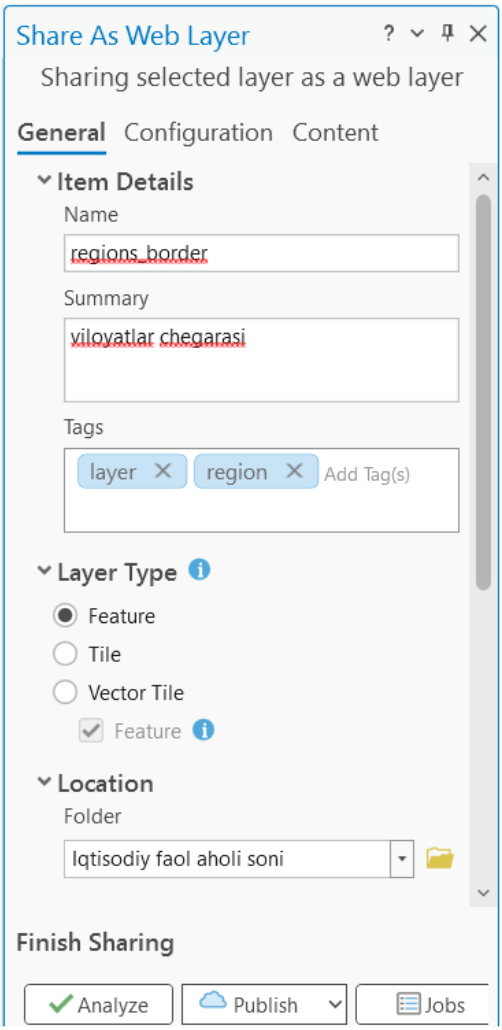


Figure 7. Uploading Data to the ArcGIS Online Platform

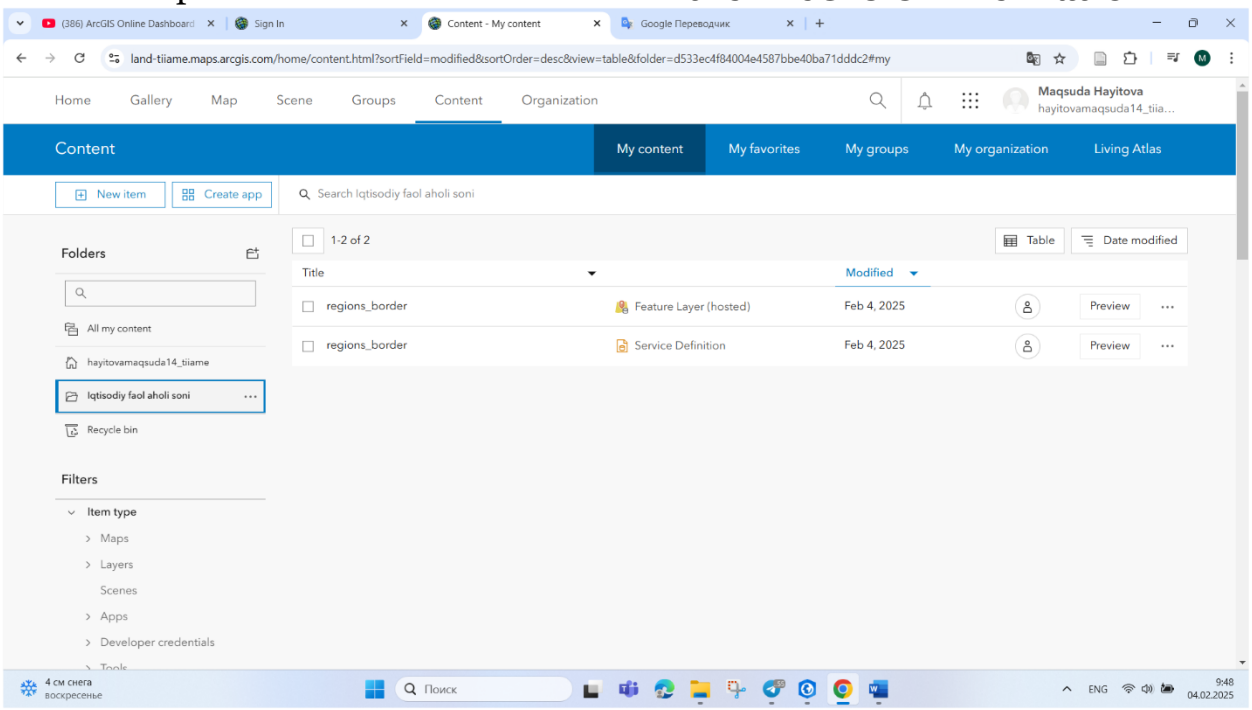


Figure 8. Uploading the Boundary for Conducting the Research

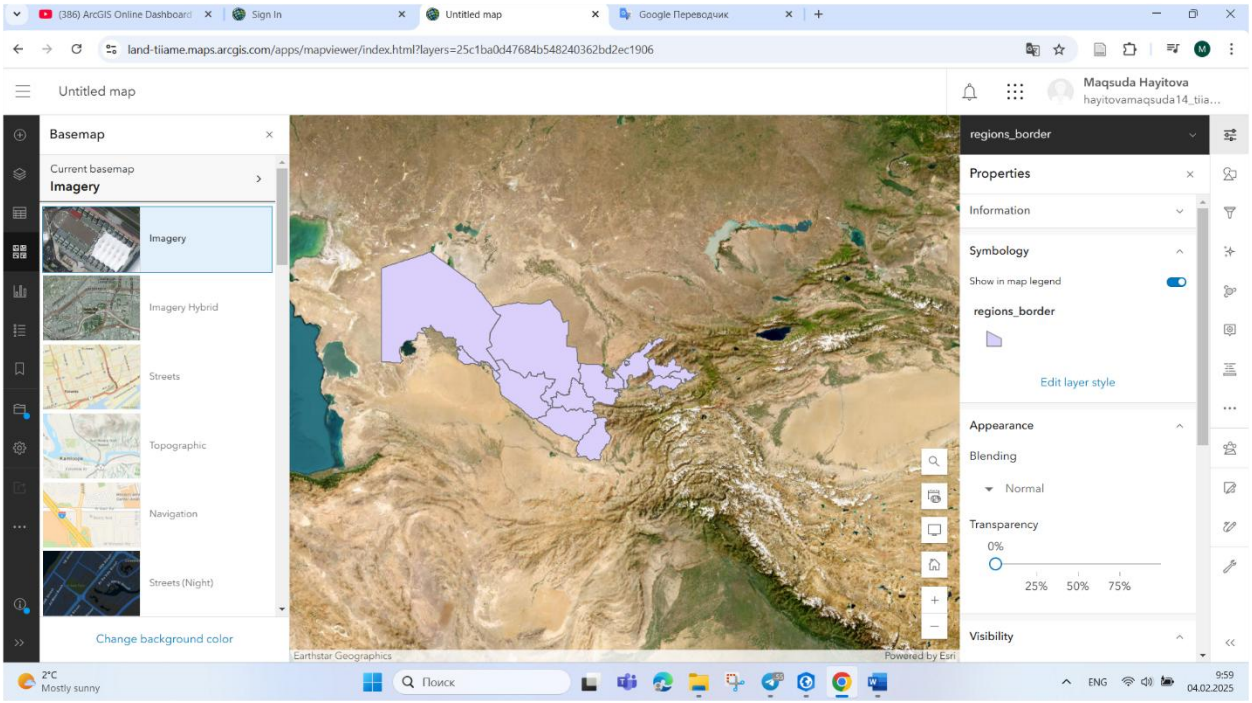


Figure 9. The map on the ArcGIS Online platform can be modified

Once the data is loaded, we can extract the names of the regions and display them in different colors.

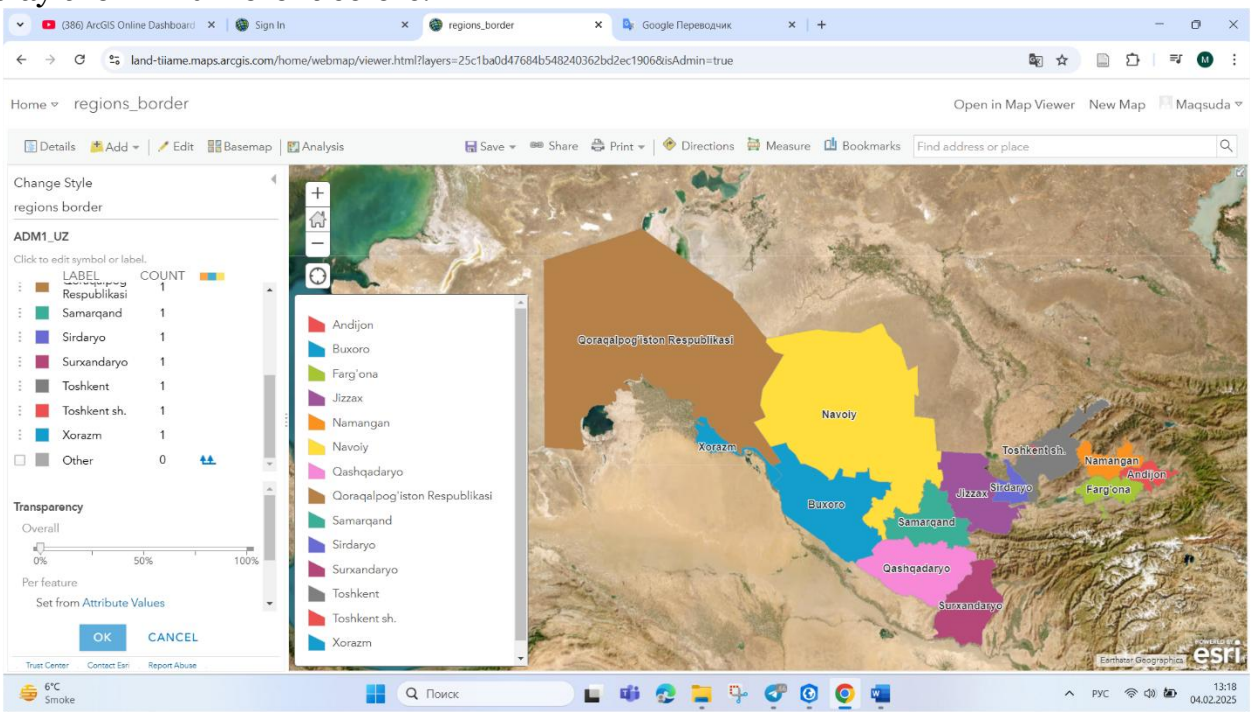


Figure 10. Editing the Map

The map above can be transferred to ArcGIS Dashboard, saved, and given a name.

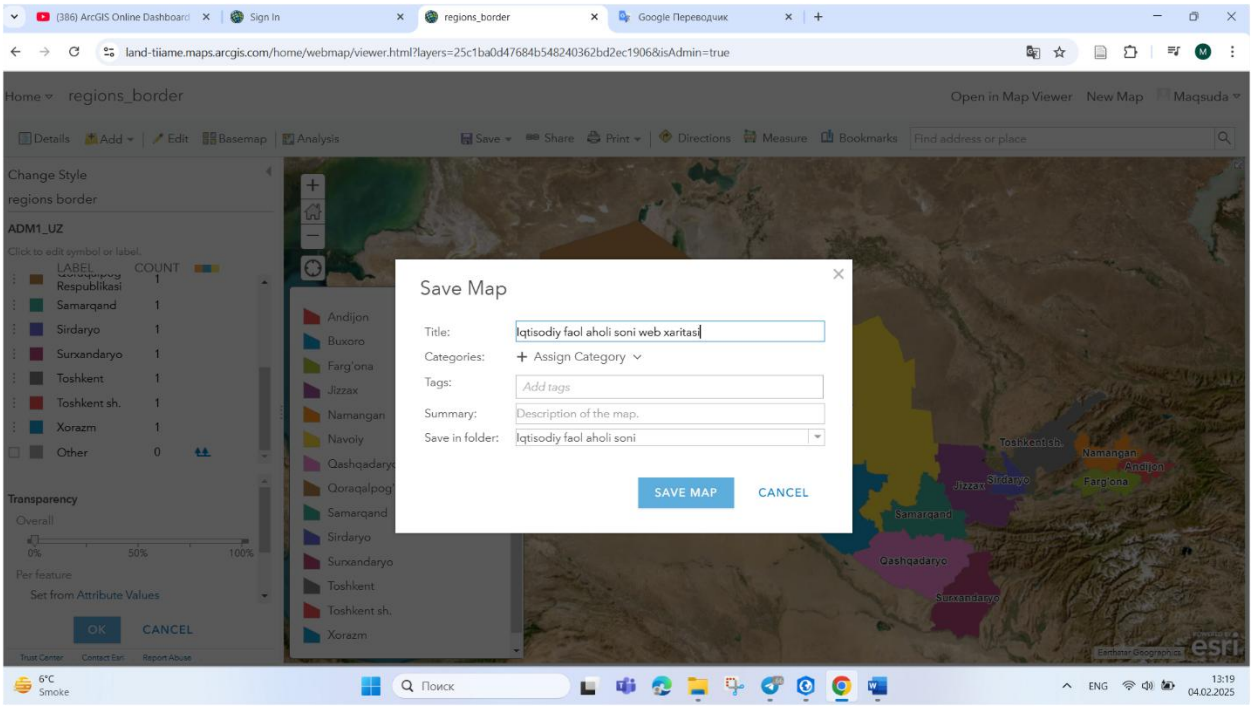


Figure 11. Saving the map

In this study, we need to show data on the number of economically active population. We can display this data on a web map in different colors and diagrams. We will first show the distribution of the number of economically active population by region.

In addition, we have also shown the distribution of the number of economically active population by year.

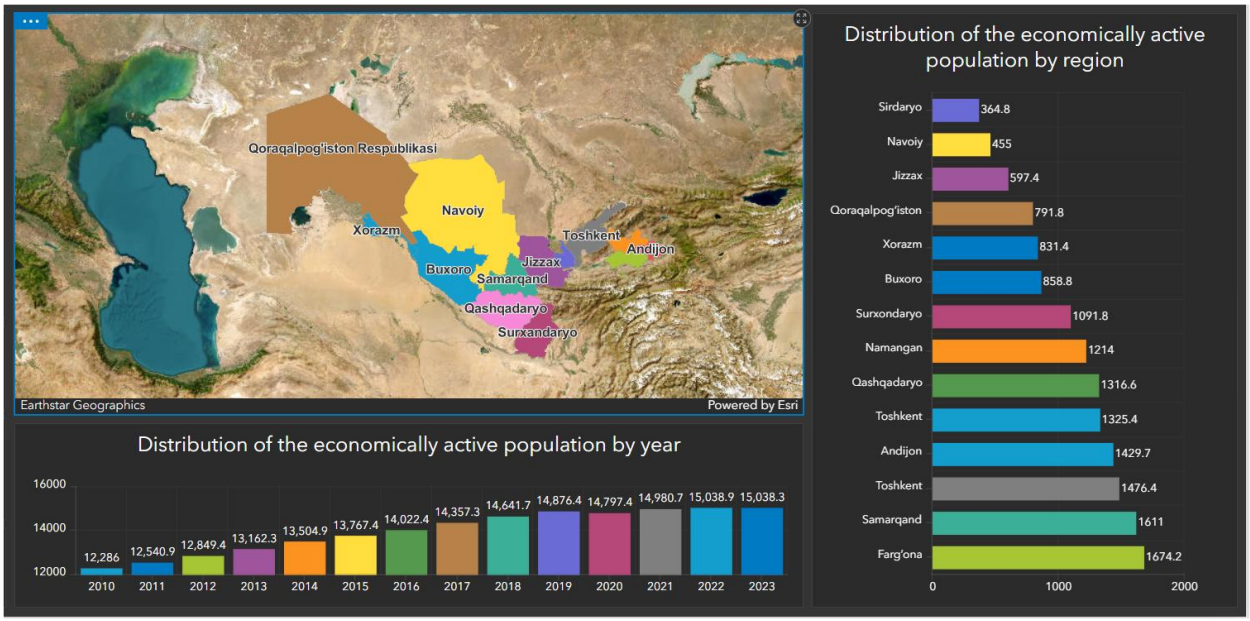


Figure 12. Distribution of the Economically Active Population by years and regions

We have also included information about the data obtained from the web map here.

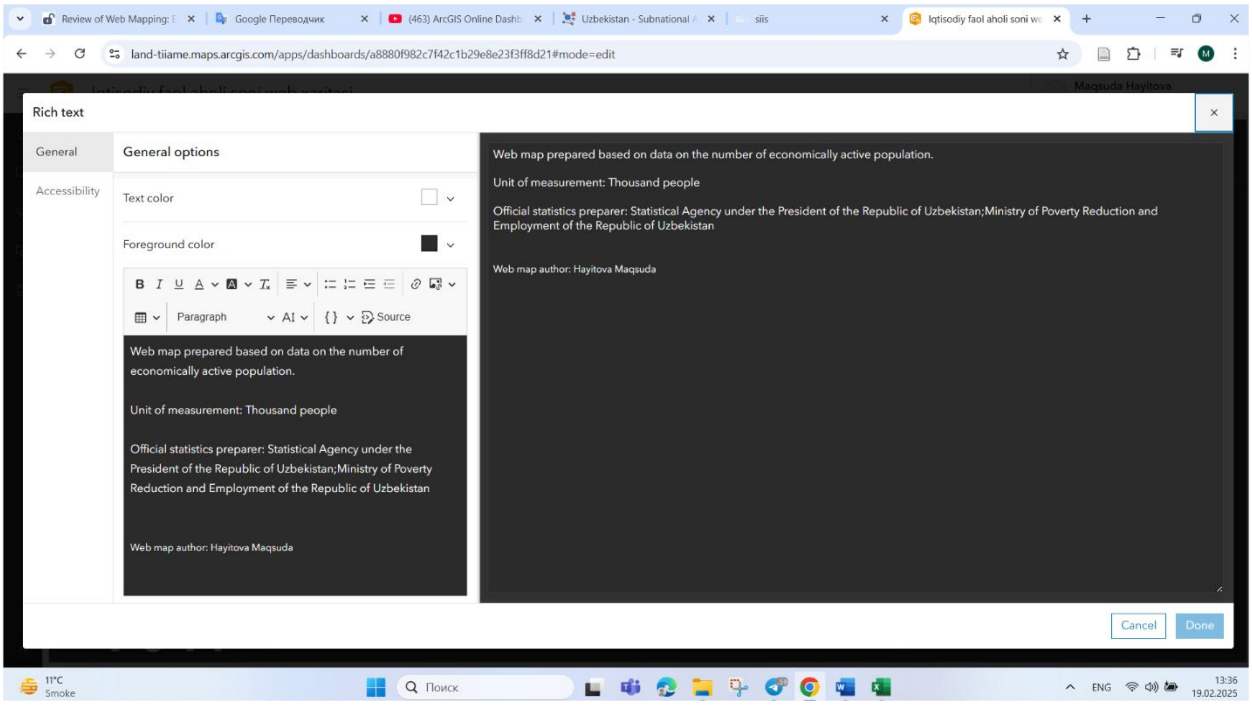


Figure 13. Entering data

Result. After preparing the web map, to visualize the values of the data across the entire region or to observe the changes in the number of economically active population in urban and rural areas, we will categorize the data into three indicators: cities, villages, or all areas.

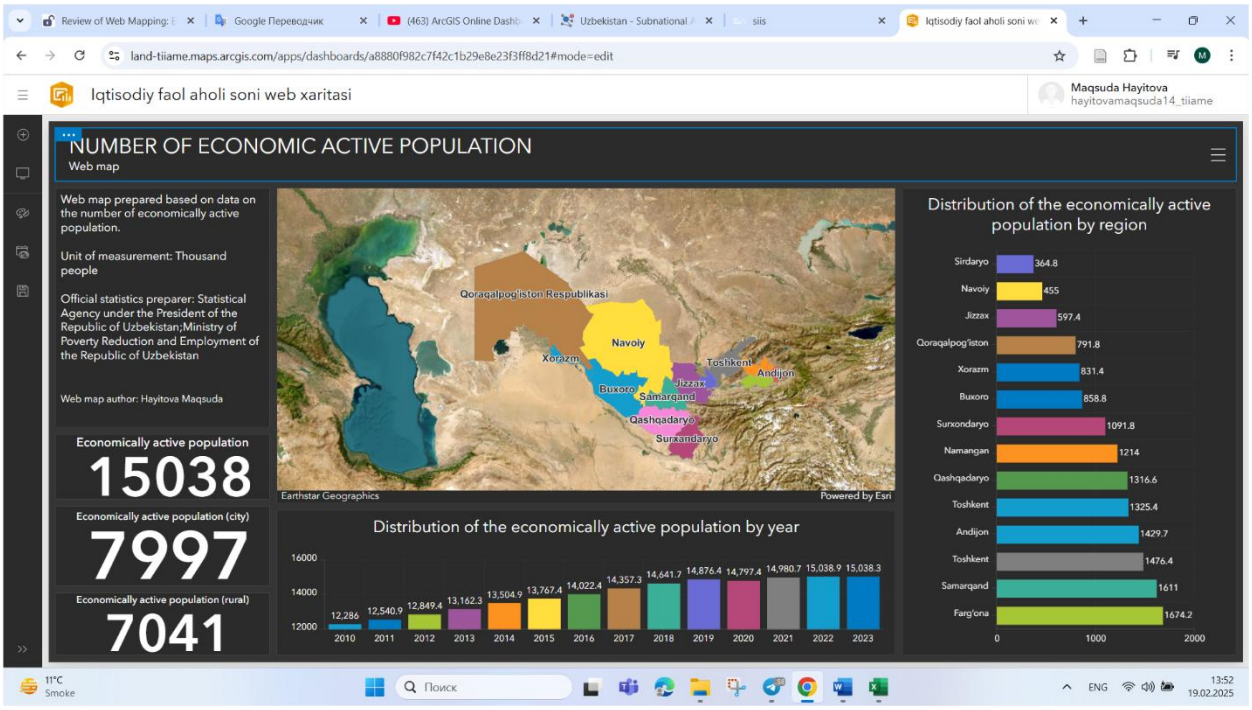


Figure 14. All data has been downloaded

Through the creation of this web map, we can determine the number of economically active population in each region and how many of them correspond to urban areas and how many to rural areas.

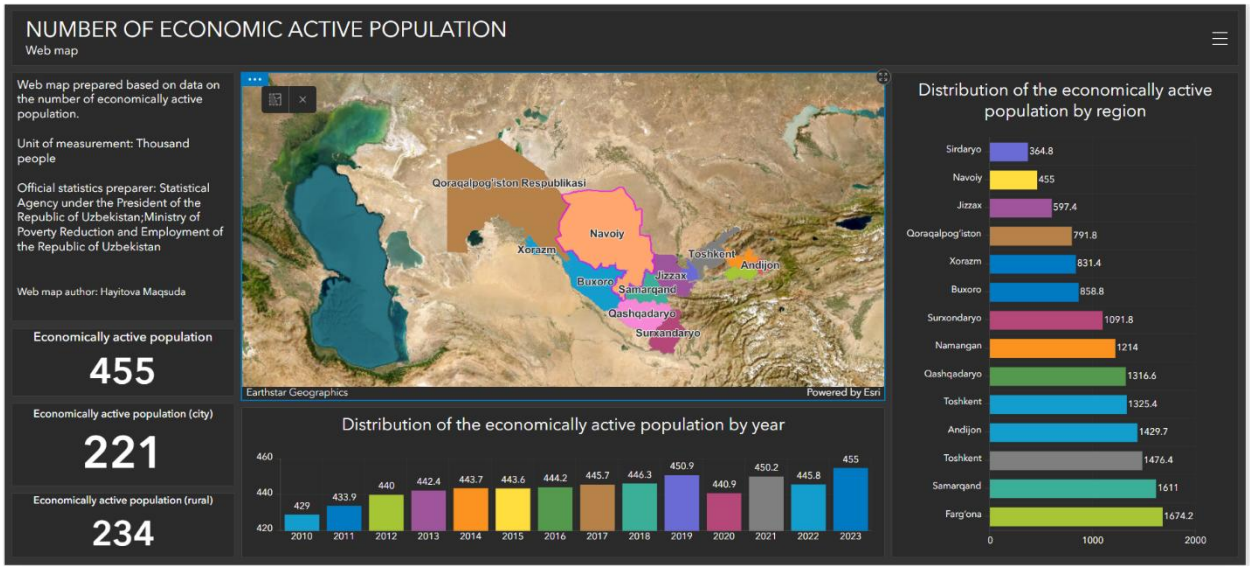


Figure 15. Changes in data across selected regions

The web map has been uploaded to a website. The web map can be viewed through the following link. https://land-tiiame.maps.arcgis.com/apps/dashboards/a8880f982c7f42c1b29e8e23f3ff8d21#mode=edit

The web map has been uploaded at this link. By accessing it, one can view data on the economically active population from 2010 to 2023, organized by year and by regions of the Republic of Uzbekistan. According to the statistical data, the values of economically active population in urban and rural areas are also displayed. These details are accessible through the panel on the left side of the web map.

Conclusion. In conclusion, it can be stated that a web map was created in this article using statistical data. To create the web map, data on the number of economically active population was uploaded in the form of an Excel spreadsheet, processed, and then linked to the ArcGIS Pro software. The administrative boundaries of the regions of the Republic of Uzbekistan were also uploaded into ArcGIS Pro, and the aforementioned data was attached to their attribute table. Additionally, this file was uploaded to the ArcGIS Online platform, and a web map was created. By using this web map, one can access data on the number of economically active population across different years in the Republic. Moreover, the total number of economically active people, as well as their distribution in urban and rural areas, was also included. Given the increasing demand for such maps due to the growing development of the internet, this web map was created accordingly.

References

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining «O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasi to'g'risida»gi PF-4947-son Farmoni. 2017 yil 7 fevral.

2. Wikipedia. Web Mapping. Available online: **https://en.wikipedia.org/wiki/Web_mapping** (accessed on 12 July 2017).

3. "ArcGIS ONLINE DASTURIDA TOSHKENT VILOYATINING QISHLOQ XO'JALIGI VEB-XARITASINI YARATISH" Oymatov R.K., Aminova G.R.

4. https://www.youtube.com/watch?v=Xl_efDgTxdo&t=1130s

5. https://data.humdata.org/dataset/cod-ab-uzb

6. https://siat.stat.uz/reports-filed/554/table-data
7. “Penggunaan Leaflet untuk Menyusun Aplikasi WebGIS” Finza Aulia Siregar, Abubakar Karim, Muhammad Rusdi. 2022
8. “CREATION OF A WEB MAP AND WEB APPLICATION BASED ON THE GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS” Ibrahim M. Ibrahim Ataalmanan, Sahar I.M. Abd Elrahman
9. Batty, M., Hudson-Smith, A., Milton, R., Crooks, A. (2010). Map mashups, Web 2.0 and the GIS revolution. Annals of GIS, 16(1), 1–13DOI:https://doi.org/10.1080/19475681003700831
10. Eisnor, D., Wilson, J. (2006). What is neogeography anyway. Platial News and Neogeography,27.DOI:http://platial.typepad.com/news/2006/05/what_is_neogeog.html
11. Mansourian, A., Rajabifard, A., Valadan Zoej, M. J. (2005). Development of a web-based GIS using SDI for disaster management. In Geo-information for disaster management (pp. 599–608). Springer
12. Mete, M. O., Yomralıoğlu, T. (2021). Açık Kaynaklı Bulut CBS Yardımıyla Kitlesel Taşınmaz Değerleme Uygulaması. Harita Dergisi, 165, 28–42. Issn: 1300-5790
13. Developing a methodology for using web map services to help international organizations in Syria. Yesser JARKAS. DOI: 10.30921/GK.74.2022.6.2
14. Yüksel, İ. (2008). Betonarme Binaların Deprem Sonrası Acil Hasar Değerlendirmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 24(1), 260–276. https://dergipark.org.tr/tr/pub/erciyesfen/issue/25577/269794
15. Gore, A. The digital earth: Understanding our planet in the 21st century. *Aust. Surv.* **1998**, *43*, 89–91. [Google Scholar] [CrossRef]
16. Goodchild, M.F.; Guo, H.; Annoni, A.; Bian, L.; de Bie, K.; Campbell, F.; Craglia, M.; Ehlers, M.; van Gendern, J.; Jackson, D.; et al. Next-generation digital earth. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2012**, *109*, 11088–11094. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
17. V1 Media. How Far Have We Progressed against the Digital Earth Vision? 2016. Available online: http://sensorsandsystems.com/how-far-have-we-progressed-against-the-digital-earth-vision/ (accessed on 8 July 2017).
18. Hall, W.; Tiropanis, T. Web evolution and Web science. *Comput. Netw.* **2012**, *56*, 3859–3865. [Google Scholar] [CrossRef]
19. Anonymous, Introduction to ArcGIS Online’. [Online]. Available:https://doc.arcgis.com/en/arcgis-online/reference/what-is-agol.htm. [Accessed: 05-Feb-2019].
20. Harder, C. 2015. The ArcGIS Book: 10 Big ideas about applying geography to your world. Esri Press
21. “WEB MAP OF VIETNAM PROTECTED AREAS” Van Ngoc Truc Phuong, Le Minh Vinh, Le Duc Tuan. 2021
22. “OPEN DATA FOR WEB-MAPPING THE DYNAMIC OF POPULATION OF UZBEKISTAN” Lola X. Gulyamova, Dilshod N. Rakhmonov. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-4-27-388-401
23. Gulyamova L. Geographical Information Systems and Technologies. Tashkent, “University”, 2018. 188 p. (in Uzbek).
24. Zastrow M. Data visualization: Science on the map. Nature. 2015. V. 519 (7541). P. 119–120. DOI: 10/1038/519119a.

25. “Web Cartography Interactive-Internet Cartography” Aleksandar Djordje Valjarevic, Ivan Potić

26. Hess, S. GRASS on the Web. In Proceedings of the Open Source GIS–GRASS Users Conference 2002, Trento, Italy, 11–13 September 2002; pp. 1–14. [**Google Scholar**]

27. Neumann, A. Web Mapping and Web Cartography. In *Encyclopedia of GIS*; Shekhar, S., Xiong, H., Eds.; Springer: Berlin, Germany, 2008; pp. 1261–1270. [**Google Scholar**]

28. Techopedia. Web Mapping. Available online: **https://www.techopedia.com/definition/15584/web-mapping** (accessed on 11 July 2017).

29. Ярема Н.П., Серант О.В., Кубрак О.Д., Терех Т.М. Веб-картографування сміттєзвалищ Львівськой области // Молодий вчений. — 2019. — №11(75). — С.167–171

30. Ярема Н.П., Полюхович Ю.М., Кубрак О.Д., Серант О.В. Створення интерактивної карти сміттє-звалищ Львивської області // Нові технології в геодезії, землевпорядкуванни, лисовпорядкуванні та природокористуванни: Матеріали IX Міжнародної науково практичної конференції (Ужгород, 4–6 жовтня 2018 р.). — Ужгород, 2018. — С.119–12

31. “Web-mapping of environmental pollution of the surface waters of the Lviv region” A.R. Sohor, M.M. Fys, A.M. Brydun, M.A. Sohor. 2020

32. Karnatak H. C., 2016. Geo Web Services Technology and Applications, SPIE APRS Symposium 2016, Apr, New Delhi.

UDK: 528.8:004.8(575.1)

LANDSAT TASVIRLARI VA MASHINAVIY O‘RGANISH YORDAMIDA G‘IJDUVON TUMANIDA YER QOPLAMI O‘ZGARISHLARI VA CHO‘LLANISH JARAYONLARINI BAHOLASH

Maqsuda Hayitova *– “TIQXMMI” MTU, “Geodeziya va Geoinformatika” kafedrasi assistenti*

Annotatsiya. *Ushbu tadqiqotda Buxoro viloyati G‘ijduvon tumanida yerdan foydalanish va yer qoplamidagi (LULC) o‘zgarishlar Landsat sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va mashinaviy o‘rganish usullari yordamida tahlil qilindi. Tadqiqot davri 1994–2024 yillarni qamrab oladi. LULC tasnifi suv havzalari, qishloq xo‘jaligi yerlari, bo‘sh yerlar, cho‘llar, o‘tloqlar va botqoqliklar kabi toifalar bo‘yicha amalga oshirildi. Bir nechta mashinaviy o‘rganish algoritmlari o‘rtasida taqqoslash o‘tkazilib, Random Forest (RF) algoritmi eng yuqori aniqlik ko‘rsatkichiga ega ekanligi aniqlandi. Tadqiqot natijalari urbanizatsiya va qishloq xo‘jaligi yerlarining kamayishi G‘ijduvon tumanida sezilarli LULC o‘zgarishlariga olib kelganligini tasdiqlaydi. Turli morfoklimatik sharoitlarda Random Forest algoritmini sinovdan o‘tkazish va yerdan foydalanishni rejalashtirishda doimiy monitoring olib borish tavsiya etiladi.*

Kalit so’zlar: *Landsat 5, Landsat 8, ML (Machine Learning), KNN (K-Nearest Neighbor), SVM (Support Vector Machine), RT (Random Trees), ML (Maximum Likelihood), IC (ISO Cluster) masofadan zondlash, LULC, tasniflash.*

Kirish. Masofadan zondlash ma'lumotlari asosida turli xil LULC xaritalash algoritmlarining aniqligini baholash yerni kuzatish ilovalari uchun eng yaxshi tasniflagichni aniqlashda hal qiluvchi ahamiyatga ega. Buning asosiy sababi shundaki, LULC o'zgarishlarini miqdoriy aniqlash yer o'zgarishlarini tushunish va samarali boshqarish uchun juda muhimdir [1]. Ayniqsa, so'nggi o'n yilliklarda antropogen omillar va iqlim o'zgarishlari ta'sirida yer qoplami tez sur'atlarda o'zgarib bormoqda, bu esa aniq va ishonchli tasniflash usullariga bo'lgan ehtiyojni yanada oshirmoqda.

LULCdagi o'zgarishlar turli xil mashinalarni o'rganish tasniflagichlari LULC xaritasini masofadan zondlash ma'lumotlaridan baholashda qanday yordam berishi mumkinligini tushunishni istagan ekologlar va siyosatchilar uchun katta tashvishga aylandi [2]. Chunki to'g'ri va o'z vaqtida olingan LULC ma'lumotlari ekologik siyosatni ishlab chiqishda, tabiiy resurslarni boshqarishda va barqaror rivojlanish maqsadlariga erishishda muhim rol o'ynaydi.

LULC tuproq eroziyasini, oziqlanishni, barqaror rivojlanishni va biologik xilma-xillikni ta'minlaydi [3]. Boshqacha aytganda, yer qoplamining holati ekotizim xizmatlarining sifatini va aholi farovonligini bevosita belgilaydi. Shu sababli, LULCni muntazam va aniq tekshirish har qanday mintaqa barqarorligi va rivojlanishining muhim jihati hisoblanadi.

LULC o'zgarishlari (ya'ni, o'rmonlarni kesish, qishloq xo'jalik yerlarining kamayishi, urbanizatsiya va boshqalar) butun dunyo bo'ylab iqlim o'zgarishining asosiy omillaridan biridir [4]. Masalan, o'rmonlarning kesilishi natijasida atmosferaga chiqarilayotgan uglerod miqdori ortadi, shu bilan birga yer yuzasining albedosi o'zgaradi va bu mahalliy hamda global iqlim sharoitlariga ta'sir ko'rsatadi.

LULC xaritalari qaysi turdagi yerlar qishloq xo'jaligi amaliyotlari va suv havzalarini boshqarish uchun mos yoki shaharsozlik uchun foydali ekanligini aniqlashda yordam berishi mumkin. Buning uchun eng keng tarqalgan usul LULC xaritasini tuzish va vaqt o'tishi bilan o'zgarishlarni tahlil qilishdir [5-8]. Bunday yondashuv nafaqat o'zgarishlarni qayd etish, balki kelajakdagi tendensiyalarni bashorat qilish va zarur chora-tadbirlarni o'z vaqtida qabul qilish imkonini beradi.

LULC tahlillari atrof-muhitni tadqiq qilish va mintaqaviy rejalashtirishda hal qiluvchi ahamiyatga ega. Ko'pgina tadqiqotchilar LULC turlarining suv havzalarining gidrologik reaksiyasidagi ahamiyatini ma'qulladilar [9-11]. Xususan, yer qoplamining o'zgarishi suv oqimining shakllanishiga, er osti suvlarining to'yinishiga va suv havzalarining umumiy suv balansiga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

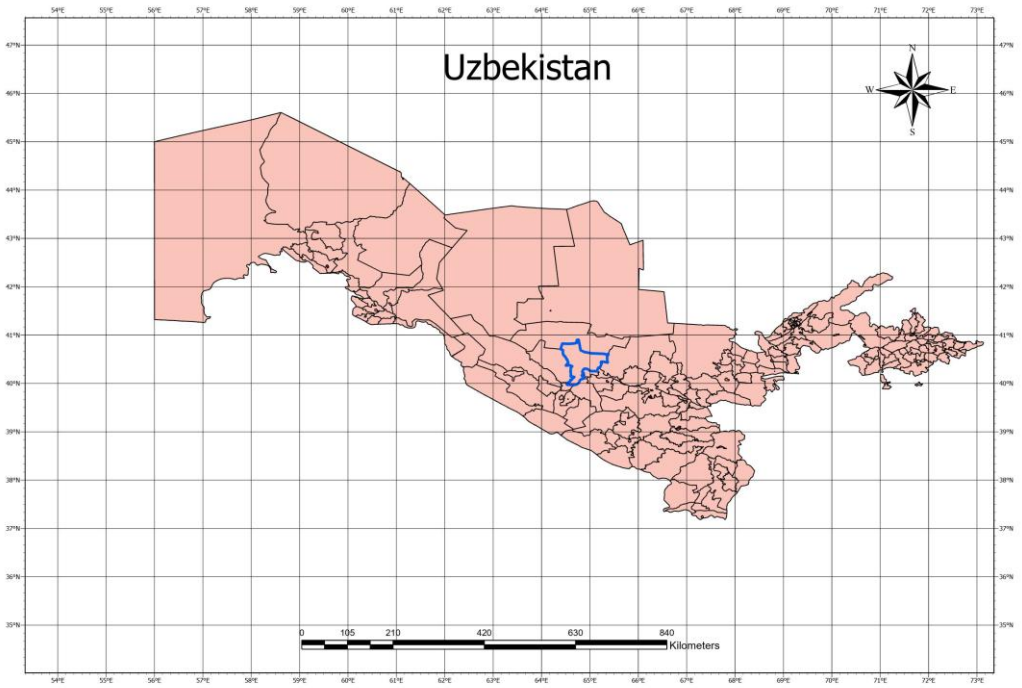
Tadqiqot materiallari va usullari

Tadqiqotning muayyan bir obyekti sifatida tanlangan G'ijduvon tumani Buxoro viloyatining shimoliy-qismida joylashgan bo'lib, Buxoro shahridan taxminan 50 km uzoqlikda joylashgan. G'ijduvon tumanining umumiy maydoni esa 3,94 ming kvadrat kilometrdir bo'lib, aholisi soni bo'yicha viloyatdagi yirik tumanlardan biri hisoblanadi.

G'ijduvon hududi ko'proq qumli va sho'rxok yerlar, sug'oriladigan tekisliklar hamda qisman o'tloqli cho'l zonalarini o'z ichiga oladi. Tumanda iqlim esa keskin kontinental bo'lib, yozda quruq va issiq, qishda esa nisbatan sovuq bo'ladi. Bu hududda ayniqsa g'alla, sabzavot va poliz ekinlari yetishtirish, dehqonchilik hamda chorvachilik va parrandachilik

faol rivojlangan. Bunday iqlim o’zgarishlari o’simliklarning mavsumiy o’zgarishiga, qor qoplamining o’zgarishiga va suv mavjudligining o’zgarishiga yordam beradi. O’zgarishlarni LULC tasniflash harakatlarida hisobga olinishi lozim.

G’ijduvon tumanining yer qoplami juda koʻplab omillar, shu jumladan, qishloq xoʻjaligining kengayishi, urbanizatsiya, oʻrmonlarning kesilishi va iqlim taʾsirida ekologik oʻzgarishlar tufayli tez oʻzgarib bormoqda. Shaharlarning o'sishi, birinchi navbatda, aholi sonining ko'payishi, infratuzilmaning rivojlanishi va sanoatlashtirish bilan bog'liq bo'lib, qishloq xo'jaligi erlari va tabiiy o'simliklarning qurilish muhitiga aylanishiga olib keladi. Shu bilan birga, qishloq xo’jaligi mintaqada asosiy yerdan foydalanish bo'lib qolmoqda, katta maydonlar bug’doy, paxta, mevali bog'lar va sabzavot etishtirishga bag’ishlangan bo'lib, ko'pincha Chirchiq daryosi va boshqa kichik irmoqlar bilan oziqlanadigan keng sug'orish tizimlari tomonidan quvvatlanadi. Yer qoplami turlarining xilma-xilligi, shahar va atrof-muhitning tez o’zgarishi bilan birga, Toshkent viloyatini masofadan zondlash usullaridan foydalangan holda LULC tasnifi uchun ideal tadqiqot maydoniga aylantiradi (1-rasm).



1-rasm. Tadqiqot hududining joylashuv xaritasi

Ushbu tadqiqot Buxoro viloyati G’ijduvon tumani landshaftini oʻziga xos spektral, fazoviy va atrof-muhit xususiyatlariga koʻra yerdan foydalanish va er qoplamining beshta asosiy sinfiga ajratadi. Bu sinflarga qurilishlar, ekin maydonlari, suv havzalari, cho’llar hamda botqoqliklar kiradi. Har bir toifa o’zining xususiyatdan kelib chiqib qishloq xo'jaligi, urbanizatsiya, tabiiy ekotizimlar hamda iqlim o’zgarishlari natijasida hududning yer o’zgarishini muhim tarkibiy qismini ifodalaydi. Tasniflashda asosan yer qoplamini taqsimlash, ekologik barqarorlik va yer resurslarni boshqarish haqida tushuncha beradi. Quyidagi jadvalda LULC asosiy sinflari, ularning tavsiflari va ularning ekologik ahamiyati jamlangan.

1-jadval. Buxoro viloyatida yerdan foydalanish va yer qoplami (LULC) sinflari

LULC sinfi	Tavsif	Asosiy xususiyatlari	Atrof-muhitdagi ahamiyati
Qurilishlar	Yashash, tijorat va sanoat zonalarini o‘z ichiga olgan qurilgan muhitlar.	Yuqori zichlikdagi binolar, asfaltlangan yuzalar, o‘simliklar deyarli yo‘q.	Mahalliy iqlimga (issiq orol effekti) ta’sir qiladi, o‘tkazuvchi yuzalarni kamaytiradi, havo sifatiga salbiy ta’sir qiladi.
Qishloq xo‘jaligi yerlar	Mavsumiy va ko‘p yillik ekinlar ekiladigan qishloq xo‘jaligi maydonlari.	Asosan bug‘doy, paxta va bog‘dorchilik ekinlari; sug‘oriladigan va tabiiy yomg‘irga tayanadigan dehqonchilik.	Oziq-ovqat xavfsizligi uchun muhim; iqlim va yer resurslaridan foydalanish siyosatiga bog‘liq.
Cho’llar	Tuproqning degradatsiyaga uchrashi oqibatida yerlarni quruqlashib qolishi, unumdorlik sifatini yo’qotishi	Asosan suv yetib bormaydigan yerlar, yashillik darajasi mavjud bo’lmagan hududlardan iborat.	Qishloq xo’jalik mahsulotlarini kamayib ketishiga, tuproq sifatining yomonlashishiga olib keladi.
Suv havzalari	Mintaqaning gidrologiyasi uchun muhim bo‘lgan ko‘l, daryo, suv omborlari va sug‘orish kanallari.	Chirchiq daryosi, Chorvoq suv ombori va sun’iy sug‘orish tarmoqlari kiradi.	Qishloq xo‘jaligi, ichimlik suvi ta’minoti va gidroenergiya ishlab chiqarishni qo‘llab-quvvatlaydi.
Botqoqliklar	Suv mavjud bo’lgan hududlarning atrofida yig’iladi, suvning kamayib qolishidan hosil bo’ladi.	Asosan suvning kamayishiga yoki yerga so’rilishiga qarab o‘zgaruvchan.	Suv resurslari mavjudligini belgilashda muhim.

Sun’iy yo’ldosh ma’lumotlari. Ushbu tadqiqotni amalga oshirish uchun masofaviy zondlash ilovalari uchun keng qo’llaniladigan sun’iy yo’ldosh ma’lumotlar to’plami bo’lgan 1994-yil uchun Landsat 5 hamda 2024-yil uchun Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) tasvirlaridan keng foydalanildi. Landsat 5 — AQShning NASA va USGS (United States Geological Survey) hamkorligida uchirilgan uzoq muddat ishlagan yerni masofadan zondlash sun’iy yo‘ldoshi hisoblanadi. U 1984-yil 1-martda uchirilgan va aslida 3 yillik xizmat muddati uchun mo‘ljallangan bo‘lsa-da, u 28 yildan ortiq ishlagan, bu yer kuzatuv yo‘ldoshlari orasida rekord natijadir.

Landsat 8 OLI yerdan foydalanish va yer qoplami (LULC) tasnifi uchun mos bo’lgan o’ta yuqori sifatli multispektral ma’lumotlarni bizga taqdim etadi. Landsat 8 OLI sensorining asosiy texnik xususiyatlari mavjud bo’lib, ular quyidagilardan iborat: Vaqtinchalik rezolyutsiya: ma’lumotlarning muntazam yangilanishini ta’minlab turuvchi 16 kunlik qayta ko’rish vaqti. Fazoviy o’lchamlari: multispektral diapazonlar uchun 30 metr hisoblanadi. Spektral qamrov: 11 ta diapazon, jumladan ko’rinadigan, qisqa to’lqinli infraqizil (SWIR), yaqin infraqizil (NIR) va termal infraqizil (TIR) diapazonlari, yer qoplamini batafsil farqlash imkonini beradi. Bulutli qoplamani filtrlash: Ushbu tadqiqotda atmosfera shovqinini

minimallashtirish uchun 10% dan kam bulutli tasvirlar tanlab olindi. To'g'ri tasniflash va tekshirishni ta'minlash uchun yuqori aniqlikdagi Google Earth tasvirlari va dala kuzatuvlaridan yer osti haqiqati ma'lumotlari to'plangan. Umumiy hisobda 207 ta namuna punktlari tanlab olindi va qo'lda oltita LULC toifasiga tasniflandi. Ma'lumotlar to'plami o'qitish uchun 70% va tasdiqlash uchun 30% ga bo'lingan, bu tasniflash aniqligini muvozanatli va statistik jihatdan muhim baholashni ta'minlaydi.

2-jadval. Landsat 5 kanallari

Band	Diapazon (μm)	Tavsifi
1	0.45–0.52	Ko'k (Blue): suv va vegetatsiya ajratish
2	0.52–0.60	Yashil (Green): o'simlik salomatligi
3	0.63–0.69	Qizil (Red): o'simlik turlarini ajratish
4	0.76–0.90	NIR (Near-Infrared): vegetatsiya va suv
5	1.55–1.75	SWIR-1: tuproq va o'simlik namligi
6	10.40–12.50	Termal IR: harorat (120 m aniqlikda)
7	2.08–2.35	SWIR-2: tog' jinslari, yong'in izlari

3-jadval. Landsat 8 OLI/TIRS kanallari (Landsat Missiyalari, 2015)

Kanal (Band)	To'lqin uzunligi (μm)	Nomlanishi	Asosiy qo'llanilishi
1	0.43 - 0.45	Qirg'oq/Aerozol (Coastal/Aerosol)	Suv sifatini baholash, atmosferadagi changni aniqlash
2	0.45 - 0.51	Ko'k (Blue)	Suv obyektlarini kuzatish, suv sifatini aniqlash
3	0.53 - 0.59	Yashil (Green)	O'simliklarni kuzatish, suv va o'simliklar monitoringi
4	0.64 - 0.67	Qizil (Red)	Vegetatsiya xaritalash, tuproqni ajratish
5	0.85 - 0.88	Yaqin infraqizil (NIR)	Vegetatsiya salomatligini tahlil qilish, suv va yer chegaralarini aniqlash
6	1.57 - 1.65	Qisqa to'lqinli infraqizil 1 (SWIR 1)	Tuproq namligi, o'rmon yong'inlari monitoringi
7	2.11 - 2.29	Qisqa to'lqinli infraqizil 2 (SWIR 2)	Geologik tadqiqotlar, yong'inlarni kuzatish
8	0.50 - 0.68	Panchromatik	Yuqori aniqlikdagi tasvirlar, umumiy ko'rinish
9	1.36 - 1.38	Cirrus	Yuqori bulutlarni aniqlash, atmosferadagi suv bug'lari
10	10.60 - 11.19	Termal infraqizil 1 (TIRS 1)	Yer yuzasi harorati, issiqlik xaritalari
11	11.50 - 12.51	Termal infraqizil 2 (TIRS 2)	Issiqlik monitoringi, vulqon faoliyatini kuzatish

Tasniflash xaritalarini yaratishda **KNN (**K-Nearest Neighbor), **SVM (Support Vector Machine), RT (Random Trees), ML (M**aximum Likelihood**), IC (ISO Cluster) algoritmlaridan foydalanildi. Bular 2 turga bo'linadi:**

1. **Nazoratli o'rganish (Supervised Learning)**: Oldindan belgilangan ma'lumotlardan o'rganish.
2. **Nazoratsiz o'rganish (Unsupervised Learning)**: Ma'lumotlar ichidagi yashirin naqshlarni topish.

Support Vector Machine (SVM) — bu **mashinani o'rgatishning nazoratli o'rganish algoritmi** turi bo'lib, tasniflash va regressiya muammolarini yechishda ko'proq ishlatiladi. SVM asosiy vazifasi ma'lumotlarni turli xil sinflariga ajratishdir. SVM asosan ma'lumotlar to'plamini ikki sinfga ajratadigan **giperteki**slikni tashkil etadi. Support vector machine ya'ni vektorli mashinalarni qo'llab-quvvatlash - bu odatda tasniflash vazifalari bajarish uchun ishlatiladigan boshqariladigan mashinani o'rganish algoritmi sanaladi. SVM har xil sinflarni ajratib turadigan yuqori o'lchovli hududda giperplan shuningdek, giperplanlar to'plamini tashkil etadi.

Random Forest yoki Random Trees — bu tasniflash, regressiya yoki boshqa vazifalar uchun ansambl o'rganish usuli sanalib, mashg'ulot jarayonida ko'plab qaror daraxtlarini yaratish uchun ishlaydi. Tasniflash vazifalarida random treesning natijasi daraxtlarning ko'pchiligi tomonidan tanlangan sinfga bog'liq hisoblanadi. Regressiya ya'ni bashoratlash vazifalarida esa natija daraxtlar bashoratlarining o'rtacha qiymatiga teng bo'ladi.

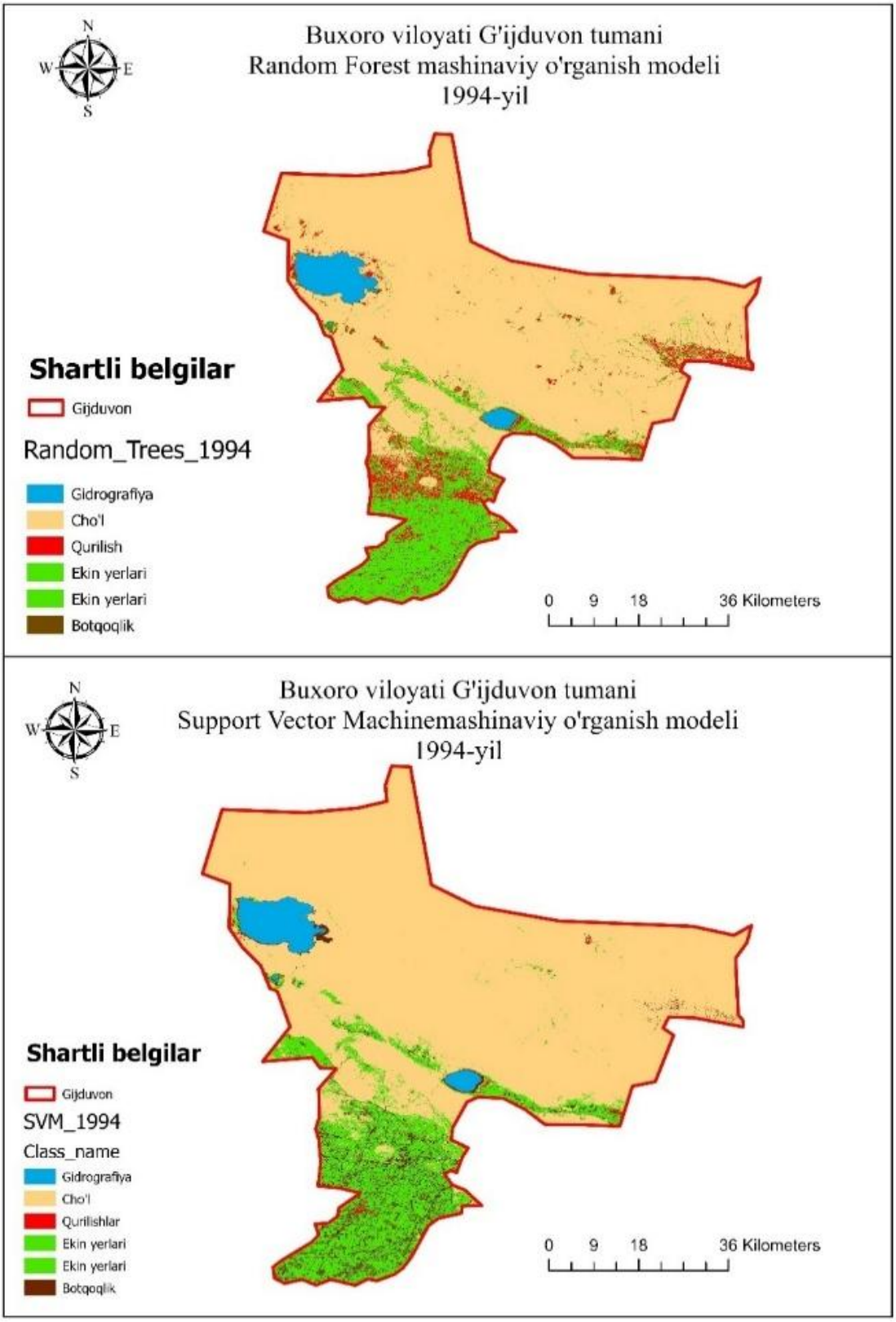
Har bir daraxtning qarori:

$$h_i(x) \rightarrow sinf \qquad (1)$$

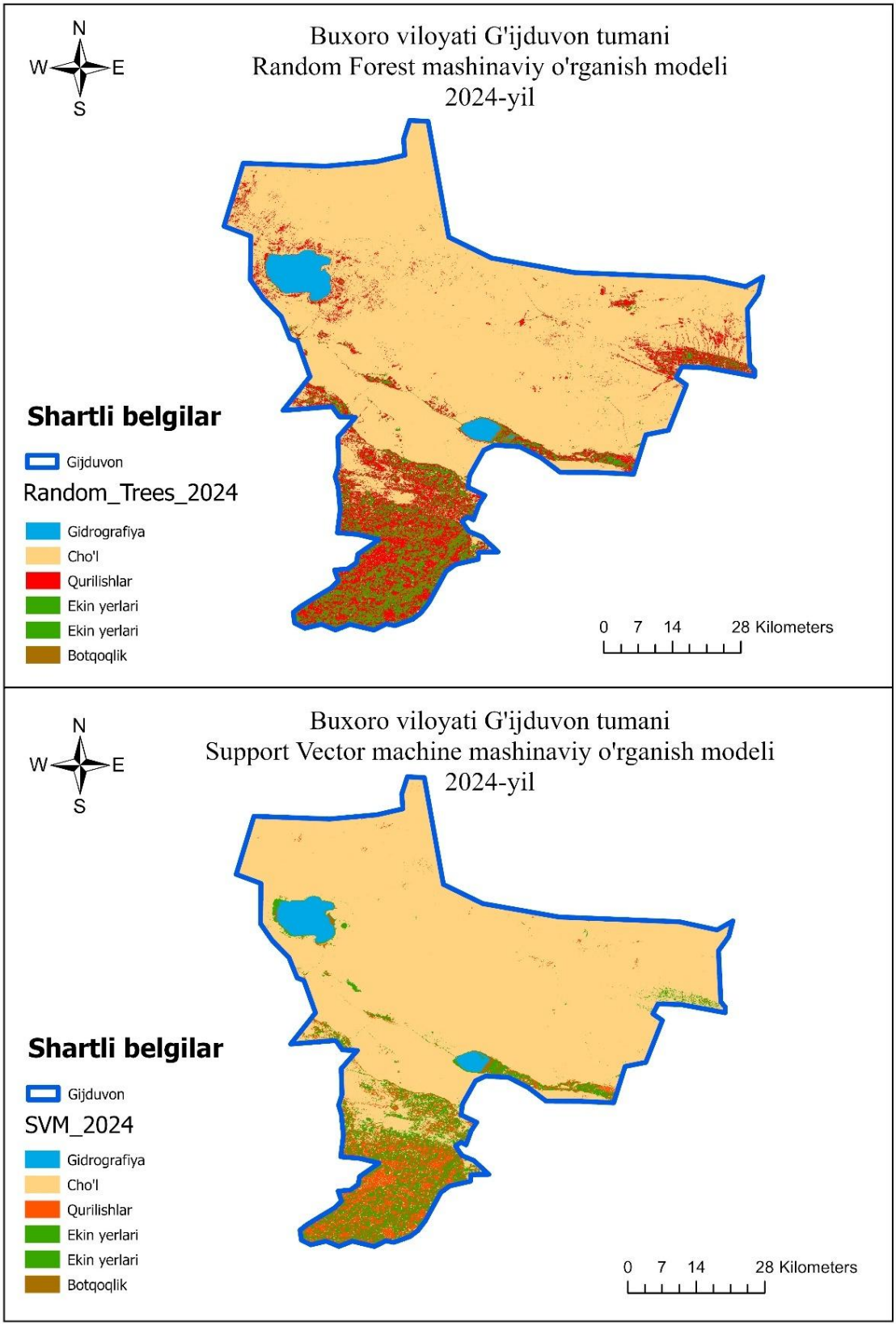
Random Forest qarori (ko'pchilik ovoz):

$$H(x) = mode\{h_1(x), h_2(x) \dots, h_N(x)\} \qquad (2)$$

Tadqiqot natijalari. Buxoro viloyati G'ijduvon tumani uchun yerdan foydalanish yer qoplami (LULC) tasnifi 1994-yil hamda 2024-yil iyul oylaridagi o'zgarishlarni aniqlash bo'yicha ushbu tadqiqot o'tqazildi. Tasniflashning besh xil turi bo'yicha tadqiqot o'tqazilib, tumanning tasniflash xaritasi yaratildi. Beshta mashinani o'rganish algoritmi — **SVM (Support Vector Machine) va RT (Random Trees)** joriy etildi va tasniflashning aniqligi baholandi. Beshta asosiy yer qoplami sinflari aniqlandi: suv, qurilishlar, ekin maydonlari, cho'l, botqoqlik. Haqiqat namunalari nazorat ostida tasniflash uchun ishlatilgan va modellar namunalarning 70 foizidan foydalangan holda o'qitilgan, qolgan 30 foizi esa tekshirish uchun ajratilgan.



3-rasm. Landsat-5 tasvirlaridan foydalangan holda tuzilgan G'ijduvon tumanining LULC tasnifi xaritalari (1994 yil iyul). Tasniflash SVM, RT algoritmlari yordamida amalga oshirildi. Xaritada oltita asosiy sinf ko'rsatilgan: Suv, bo'sh yer, qurilish maydoni, ekin maydonlari, botqoqlik, cho'l.



4-rasm. Landsat-8 tasvirlaridan foydalangan holda tuzilgan G’ijduvon tumanining LULC tasnifi xaritalari (2024 yil iyul). Tasniflash SVM, RT algoritmlari yordamida amalga oshirildi. Xaritada oltita asosiy sinf ko’rsatilgan: Suv, bo’sh yer, qurilish maydoni, ekin maydonlari, botqoqlik, cho’l.

Ushbu tadqiqotda 30 yil oralig'idagi Yerdan foydalanish/Yer qoplami (LULC) xaritalari yaratilib, undagi 2 usul bo'yicha tasniflash bajarilib quyidagi natijalarga erishildi.

4-jadval. Random Trees tasniflash

	Water	Desert	Developed	Planted	Wetlands	Total
Gidrografiya	19	0	0	0	1	20
Cho'l	0	20	0	0	0	20
Qurilishlar	0	1	19	0	0	20
Ekin yerlari	0	0	0	19	1	20
Wetlands	0	14	2	0	4	20
Total prod	19	35	21	19	6	100

5-jadval. Support Vector Machine tasniflash

	Water	Desert	Developed	Planted	Wetlands	Total
Water	17	0	0	3	0	20
Desert	0	20	0	0	0	20
Developed	0	1	19	0	0	20
Planted	0	2	0	15	3	20
Wetlands	0	15	0	1	4	20
Total prod	17	38	19	19	7	100

Tadqiqot natijalariga ko'ra, G'ijduvon tumanida yerdan foydalanish va yer qoplami (LULC) tasnifi uchun Random Forest algoritmi SVM algoritmiga nisbatan yuqori aniqlik ko'rsatdi. Random Forestning umumiy aniqlik darajasi 81% ni tashkil qilgan bo'lsa, SVM ko'rsatkichi 75% bo'ldi. 6 foiz punktlik bu farq Random Forestning ensemble (ansambl) usul sifatida ma'lumotlardagi shovqin va turli xilliklarga nisbatan barqarorroq ekanligini ko'rsatadi. SVM esa chegaraviy holatlarga sezgirroq bo'lib, ayniqsa sinflar orasidagi chegaralar aniq ajralmagan hollarda pastroq natija beradi.

6-jadval. RF va SVM natijalari bo'yicha aniqlik jadvali

Ko'rsatkich	Random Forest	SVM	Ustunlik
Umumiy aniqlik	81%	75%	Random Forest
Gidrografiya aniqligi	95%	85%	Random Forest
Ekin yerlari aniqligi	95%	75%	Random Forest
Jami xatolar	19	25	Random Forest
Botqoqlik aniqligi	20%	20%	Teng (past)

Xulosalar. Suv havzalari: Random Forest suv havzalarini 95% aniqlikda tasniflagan bo'lsa, SVM 85% aniqlik ko'rsatdi. Bu farq Random Forestning spektral jihatdan bir-biriga yaqin bo'lgan suv va botqoqlik sinflarini farqlashdagi ustunligini namoyish etadi.

Cho‘l hududlari: Ikkala model ham cho‘l hududlarini 100% aniqlikda tasnifladi. Bu cho‘l sinfining o‘ziga xos spektral xususiyatlarga ega ekanligi va boshqa sinflar bilan aralashmasligi bilan izohlanadi.

O‘zlashtirilgan hududlar: Ikkala model bir xil (95%) aniqlik ko‘rsatdi. Bu sinf urbanizatsiya belgilari bilan boshqa tabiiy sinflardan nisbatan yaxshi ajralib turishini anglatadi.

Ekin maydonlari: Random Forest (95%) SVM (75%) dan sezilarli darajada yuqori natija ko‘rsatdi. Bu holat SVM ning siyrak vegetatsiyaga ega bo‘lgan ekin maydonlarini cho‘l hududlari bilan adashtirishga moyilligi bilan izohlanadi.

Botqoqliklar: Ikkala model ham botqoqliklarni tasniflashda past natija (20%) ko‘rsatdi. Botqoqliklarning asosiy qismi cho‘l sinfiga (RF da 14 ta, SVM da 15 ta) adashtirilgan. Bu botqoqliklar va quruq cho‘l hududlarining spektral jihatdan o‘xshashligi, shuningdek, botqoqliklar uchun namunaviy nuqtalar sonining cheklanganligi bilan bog‘liq.

Adabiyotlar

1. Land use and land cover change detection by machine learning classifiers (SVM and RF) using satellite remote sensing observations for Cuddalore Taluk, Tamil Nadu, India. N Gobika Shree, C Meiaraj.

2. Investigating Land Use and Land Cover Classification Using Landsat-8 Remote Sensing Data by Comparing Machine Learning Algorithms (Case Study: Dehradun Region). Gunjan Dourbi, Bharti Kalra, Sandeep Kumar.

3. Gajbhiye S, Sharma SK, Tignath S, Mishra SK (2015) Development of geomorphological erosion index for Shakker watershed. J. Geol. Soc. India. 2015 a; 86(3).

4. Li, Y.; Brando, P.M.; Morton, D.C.; Lawrence, D.M.; Yang, H.; Randerson, J.T. Deforestation-induced climate change reduces carbon storage in remaining tropical forests. Nat. Commun. 2022,13, 1964.

5. Roy, D.P.; Wulder, M.A.; Loveland, T.R.; Woodcock, C.E.; Allen, R.G.; Anderson, M.C.; Helder, D.; Irons, J.R.; Johnson, D.M.; Kennedy, R.; et al. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. Remote Sens. Environ,145,154–172.

6. Wulder, M.A.; White, J.C.; Loveland, T.R.; Woodcock, C.E.; Belward, A.S.; Cohen, W.B.; Fosnight, E.A.; Shaw, J.; Masek, J.G.; Roy, D.P.The Global Landsat Archive: Status, Consolidation, and Direction. Remote Sens. Environ.,185, 271–283.

7. Gómez, C.; White, J.C.; Wulder, M.A. Optical Remotely Sensed Time Series Data for Land Cover Classification: A Review. ISPRSJ. Photogramm. Remote Sens. 2016,116, 55–72.

8. Phan, T.N.; Kuch, V.; Lehnert, L.W. Land Cover Classification Using Google Earth Engine and Random Forest Classifier—The Role of Image Composition. Remote Sens. 2020,12, 2411

9. Seyam, MMH, Haque MR, Rahman MM (2023) Identifying the land use land cover (LULC) change using remote sensing and GIS approach: a case study at Bhaluka in Mymensingh, Bangladesh. Case Stud Chem Environ Eng 7:100293

10. Singh P, Gupta A, Singh M (2014) Hydrological inferences from watershed analysis for water resource management using remote sensing and GIS techniques. Egypt J Remote Sens Space Sci 17:111–121.

11. Zhang C, Sargent I, Pan X, Li H, Gardiner A, Hare J, Atkinson PM (2019) Joint deep learning for (LULC) classi□cation. Rem Sens Environ 221:173–187

UDK: 631.5:528.8

DALA PASPORTINI TAYORLASHDA ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALARNI QO‘LLASH

Ismatullayev Sh.L. *- “TIQXMMI” MTU “Yer resurslari va kadastr fakulteti” talabasi*

Mamatkulov Zohid Jonqobilovich *- Davlat kadastrlari kafedrasi mudiri, PhD*

Annotatsiya: *Mazkur tadqiqotda dala pasportini tayyorlashda zamonaviy texnologiyalardan foydalanish masalasi yoritilgan. Qishloq xo‘jaligida yer resurslaridan samarali foydalanish, ularni raqamli asosda boshqarish hamda monitoring qilish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. Ishda dala pasportining mazmuni, ahamiyati hamda uni yuritishda qo‘llaniladigan GPS, GAT, dronlar, IoT sensorlar va raqamli platformalar kabi zamonaviy texnologiyalarning o‘rni tahlil qilingan. Shuningdek, QR-PASPORT tizimi orqali dala ma’lumotlarini avtomatlashtirilgan shaklda yuritish imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. Natijada zamonaviy yondashuvlar yer resurslarini boshqarishda aniqlik, tezkorlik va samaradorlikni oshirishi asoslab berilgan.*

Kalit so`zlar: *Dala pasporti, yer resurslari, raqamli texnologiyalar, GPS, GIS, dron, IoT sensorlar, QR-kod, raqamli boshqaruv, qishloq xo‘jaligi, monitoring, avtomatlashtirish.*

Kirish. Hozirgi kunda qishloq xo‘jaligida yer resurslaridan samarali foydalanish, hosildorlikni oshirish hamda boshqaruv tizimini takomillashtirish eng dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortib borishi, oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash zarurati va mavjud yer resurslarining cheklanganligi qishloq xo‘jaligi sohasida ilmiy asoslangan yondashuvlarni keng joriy etishni talab etmoqda. Shu sababli yer maydonlarini to‘g‘ri hisobga olish, ularning holatini muntazam tahlil qilish hamda samarali boshqaruv mexanizmlarini ishlab chiqish muhim vazifalardan biri bo‘lib qolmoqda [1].

Mazkur jarayonda dala pasportini shakllantirish va yuritish alohida ahamiyatga ega. Dala pasporti yer uchastkasi to‘g‘risidagi asosiy ma’lumotlarni, jumladan uning joylashuvi, maydoni, tuproq tarkibi, meliorativ holati, ekin turlari, agrotexnik tadbirlar hamda hosildorlik ko‘rsatkichlarini o‘zida mujassamlashtiradi. Ushbu hujjat qishloq xo‘jaligi faoliyatini rejalashtirish, monitoring qilish va samaradorligini baholashda muhim axborot manbai sifatida xizmat qiladi[2].

An’anaviy usullarda dala pasportini yuritish ko‘pincha qog‘oz shaklida amalga oshiriladi va bu esa ma’lumotlarning aniqligi hamda tezkor yangilanishini cheklaydi. Shuningdek, inson omili ta’siri tufayli xatoliklar yuzaga kelishi ehtimoli yuqori bo‘ladi. Shu bois zamonaviy texnologiyalarni joriy etish ushbu muammolarni bartaraf etishda muhim vosita hisoblanadi[1].

Bugungi kunda GPS texnologiyalari yordamida dala chegaralarini aniq belgilash, GAT

tizimlari orqali esa ularni raqamli xaritalarda aks ettirish imkoniyati mavjud. Bundan tashqari, masofadan zondlash usullari, dronlar va sun'iy yo'ldosh tasvirlari yordamida ekinlarning holatini real vaqt rejimida kuzatish mumkin. Raqamli platformalar va mobil ilovalar esa dala pasportini avtomatlashtirilgan tarzda yuritish, ma'lumotlarni tezkor yangilash va ularni turli darajada tahlil qilish imkonini beradi.

Yuqoridagilardan kelib chiqib, dala pasportini tayyorlashda zamonaviy texnologiyalarni qo'llash masalasini o'rganish, uning afzalliklarini aniqlash va amaliyotga keng joriy etish bugungi kunning muhim ilmiy-amaliy vazifalaridan biri hisoblanadi.

Dala pasporti tushunchasi va ahamiyati. Dala pasporti – bu yer uchastkasi haqida to'liq, tizimlashtirilgan va ishonchli ma'lumotlarni o'z ichiga oluvchi muhim hujjat hisoblanadi. Unda dala joylashuvi, maydoni, tuproq tarkibi va sifati, meliorativ holati, ekin turlari, agrotexnik tadbirlar hamda hosildorlik ko'rsatkichlari kabi asosiy ma'lumotlar aks ettiriladi. Mazkur hujjat yer resurslaridan oqilona foydalanish, ularni boshqarish va nazorat qilishda muhim axborot manbai sifatida xizmat qiladi. [1].

Dala pasportining asosiy vazifalaridan biri – yer uchastkasi to'g'risidagi ma'lumotlarni yagona tizimga solish va ularni doimiy ravishda yangilab borishdan iborat. Bu esa qishloq xo'jaligi faoliyatini samarali rejalashtirish, agrotexnik tadbirlarni o'z vaqtida amalga oshirish va hosildorlikni oshirish imkonini beradi. Shuningdek, dala pasporti orqali yerning meliorativ holati, tuproq unumdorligi va ekinlar holati haqida aniq ma'lumotlar olinadi. [1].

Dala pasportining ahamiyati, avvalo, yer hisobini yuritishda namoyon bo'ladi. U yer maydonlari bo'yicha aniq statistik ma'lumotlarni shakllantirish, ularni tahlil qilish va boshqaruv qarorlarini qabul qilishda muhim vosita hisoblanadi. Bundan tashqari, ushbu hujjat davlat yer kadastri tizimi uchun ham muhim axborot manbai bo'lib xizmat qiladi. Zamonaviy sharoitda dala pasportining ahamiyati yanada ortib bormoqda. Chunki u nafaqat oddiy hujjat, balki raqamli boshqaruv tizimining ajralmas qismi sifatida qaralmoqda. Ayniqsa, GPS va GIS texnologiyalarining joriy etilishi dala pasportining aniqligini oshirib, uni interaktiv va vizual ko'rinishga keltirish imkonini bermoqda. Bu esa yer resurslarini monitoring qilish va samarali boshqarishda katta qulaylik yaratadi.

Shuningdek, dala pasporti fermer xo'jaliklari, agronomlar va mutaxassislar uchun muhim amaliy ahamiyatga ega. Ular ushbu hujjat asosida ekinlarni joylashtirish, o'g'itlash, sug'orish va boshqa agrotexnik tadbirlarni ilmiy asosda rejalashtirish imkoniyatiga ega bo'ladilar. Natijada ishlab chiqarish samaradorligi oshadi va resurslardan oqilona foydalanish ta'minlanadi.

Zamonaviy texnologiyalarning asosiy yo'nalishlari. Zamonaviy texnologiyalar bugungi kunda qishloq xo'jaligi sohasining ajralmas qismiga aylanib bormoqda. Ayniqsa, dala pasportini tayyorlash va yuritishda ular muhim o'rin tutadi. Ushbu texnologiyalar yordamida yer

resurslarini aniq hisobga olish, ularning holatini muntazam monitoring qilish hamda ma’lumotlarni tezkor qayta ishlash imkoniyati yaratiladi. Natijada qishloq xo‘jaligida boshqaruv jarayonlari yanada takomillashib, ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilish imkoniyati kengayadi.

Zamonaviy texnologiyalarni qo‘llash orqali dala pasportida aks ettiriladigan ma’lumotlarning aniqligi va ishonchliligi sezilarli darajada oshadi. An’anaviy usullarda ma’lumotlar ko‘pincha qo‘lda kiritilib, qog‘oz shaklida saqlangan bo‘lsa, bugungi kunda ular raqamli formatga o‘tkazilib, avtomatlashtirilgan tizimlar orqali boshqarilmoqda. Bu esa inson omili bilan bog‘liq xatoliklarni kamaytiradi, ma’lumotlarni yangilash jarayonini tezlashtiradi va ularni istalgan vaqtda tahlil qilish imkonini beradi.



Bundan tashqari, zamonaviy texnologiyalar dala holatini real vaqt rejimida kuzatish imkonini yaratadi. Masalan, sensorlar, sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va dronlar yordamida ekinlarning o‘sish darajasi, tuproq namligi, harorat va boshqa muhim ko‘rsatkichlar doimiy nazorat qilinadi. Ushbu ma’lumotlar dala pasporti tizimiga integratsiya qilinib, doimiy ravishda yangilanib boradi. Bu esa fermerlar va mutaxassislarga tezkor choralar ko‘rish, resurslardan oqilona foydalanish va hosildorlikni oshirish imkonini beradi.

Shuningdek, raqamli platformalar va mobil ilovalar orqali dala pasportini yuritish yanada qulaylashmoqda. Foydalanuvchilar dala haqidagi ma’lumotlarni joyida turib kiritishi, tahrirlashi va boshqalar bilan ulashishi mumkin. Bulutli texnologiyalar esa ushbu ma’lumotlarni xavfsiz saqlash va ularga masofadan turib kirish imkonini ta’minlaydi. Natijada barcha jarayonlar yagona tizimda jamlanib, boshqaruv samaradorligi oshadi. Zamonaviy texnologiyalarning joriy etilishi dala pasportini oddiy hujjatdan ko‘ra kengroq – ya’ni raqamli boshqaruv va monitoring tizimiga aylantirmoqda. Bu esa nafaqat yer resurslaridan samarali foydalanish, balki qishloq xo‘jaligi

ishlab chiqarishini barqaror rivojlantirish, ekologik muvozanatni saqlash va oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlashda muhim omil bo‘lib xizmat qiladi.

Dala pasportini yaratishda zamonaviy texnologiyalarni qo`llash. Bugungi kunda fermer xo‘jaliklari va dehqonchilik yer maydonlari uchun dala pasportlari tayyorlanmoqda. Biroq amaliyotda ushbu hujjatlarda ko‘pincha faqatgina yer egasi, maydon hajmi va ekin turi kabi umumiy ma’lumotlar kiritilishi bilan cheklanib qolinmoqda. Bu esa yer bilan ishlovchi mutaxassislar, agronomlar hamda fermerlar uchun yetarli darajada to‘liq tasavvur bermaydi va turli savollar hamda noaniqliklarni yuzaga keltiradi. [5].

Shu nuqtai nazardan, dala pasporti tarkibidagi ma’lumotlarni kengaytirish va ularni zamonaviy raqamli texnologiyalar asosida yuritish muhim ahamiyat kasb etadi. Biz ilgari surayotgan asosiy maqsad — yer maydoni bo‘yicha mavjud ma’lumotlarni chuqurlashtirish, ularni tizimlashtirish hamda raqamli shaklga o‘tkazishdan iborat. Ya’ni, dala pasportida nafaqat yer egasi va ekin turi, balki tuproq tarkibi, unumdorlik darajasi, meliorativ holat, sug‘orish tizimi, agrotexnik tadbirlar, hosildorlik ko‘rsatkichlari, iqlim sharoiti va boshqa muhim parametrlar ham aks ettirilishi zarur.



Zamonaviy texnologiyalarni qo‘llash bu jarayonni tubdan o‘zgartiradi. Masalan, GPS yordamida dala chegaralarini aniq belgilash, GIS orqali esa ushbu ma’lumotlarni raqamli xaritada aks ettirish mumkin. Dronlar va sun’iy yo‘ldosh tasvirlari orqali ekinlarning holatini kuzatish, IoT sensorlari yordamida tuproq namligi va haroratini o‘lchash imkoniyati mavjud. Ushbu ma’lumotlar avtomatik tarzda yagona tizimga yig‘ilib, dala pasportiga integratsiya qilinadi.

Bundan tashqari, mobil ilovalar va raqamli platformalar orqali dala pasportini yuritish yanada qulaylashadi. Foydalanuvchilar ma’lumotlarni real vaqt rejimida kiritishi, yangilashi va tahlil qilishi mumkin bo‘ladi. QR-kod texnologiyasi esa dala haqidagi barcha ma’lumotlarga tezkor kirish imkonini

beradi. Masalan, dala hududiga o‘rnatilgan QR-kodni skaner qilish orqali ushbu yer maydoni haqidagi barcha zarur ma’lumotlarni darhol olish mumkin. [6].

Natijada zamonaviy texnologiyalarni qo‘llash orqali vaqt tejaladi, inson omili bilan bog‘liq xatoliklar kamayadi va ma’lumotlarning aniqligi oshadi. Eng muhimi, dala pasporti oddiy hujjatdan zamonaviy raqamli boshqaruv tizimiga aylanadi. Bu esa qishloq xo‘jaligida samaradorlikni oshirish, resurslardan oqilona foydalanish va ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilish uchun mustahkam zamin yaratadi.

Zamonaviy texnologiyalarning qo`llash afzalliklari. Zamonaviy texnologiyalarni qishloq xo‘jaligida, xususan dala pasportini yaratish va yuritishda qo‘llash muhim amaliy ahamiyatga ega. Ular yer resurslari haqidagi ma’lumotlarni yanada aniq, tezkor va ishonchli tarzda yig‘ish hamda qayta ishlash imkonini beradi. Natijada dala pasporti oddiy hujjat shaklidan chiqib, raqamli boshqaruv tizimiga aylanadi.

Bunday texnologiyalar yordamida ish jarayonlari avtomatlashtiriladi, vaqt tejaladi va inson omili bilan bog‘liq xatoliklar kamayadi. Shuningdek, ma’lumotlarni real vaqt rejimida yangilash va kuzatish imkoniyati yaratiladi. Bu esa yer maydonining holatini doimiy nazorat qilish, muammolarni o‘z vaqtida aniqlash va samarali choralar ko‘rishga yordam beradi. Zamonaviy texnologiyalar asosida olingan ma’lumotlar chuqur tahlil qilinib, ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilish imkonini beradi. Bu esa hosildorlikni oshirish, resurslardan oqilona foydalanish va qishloq xo‘jaligi samaradorligini yuksaltirishga xizmat qiladi.

Ushbu zamonaviy texnologiyalardan foydalangan holda dala pasportini shakllantiradigan elektron dastur ishlab chiqilmoqda. Mazkur dastur QR-PASPORT deb nomlanib, asosan kadastr mutaxassislari, agronomlar va fermer xo‘jaliklari tomonidan foydalanish uchun mo‘ljallangan. Dastur dala pasportini yaratish jarayonini raqamlashtirish, soddalashtirish va avtomatlashtirishga xizmat qiladi. [7].



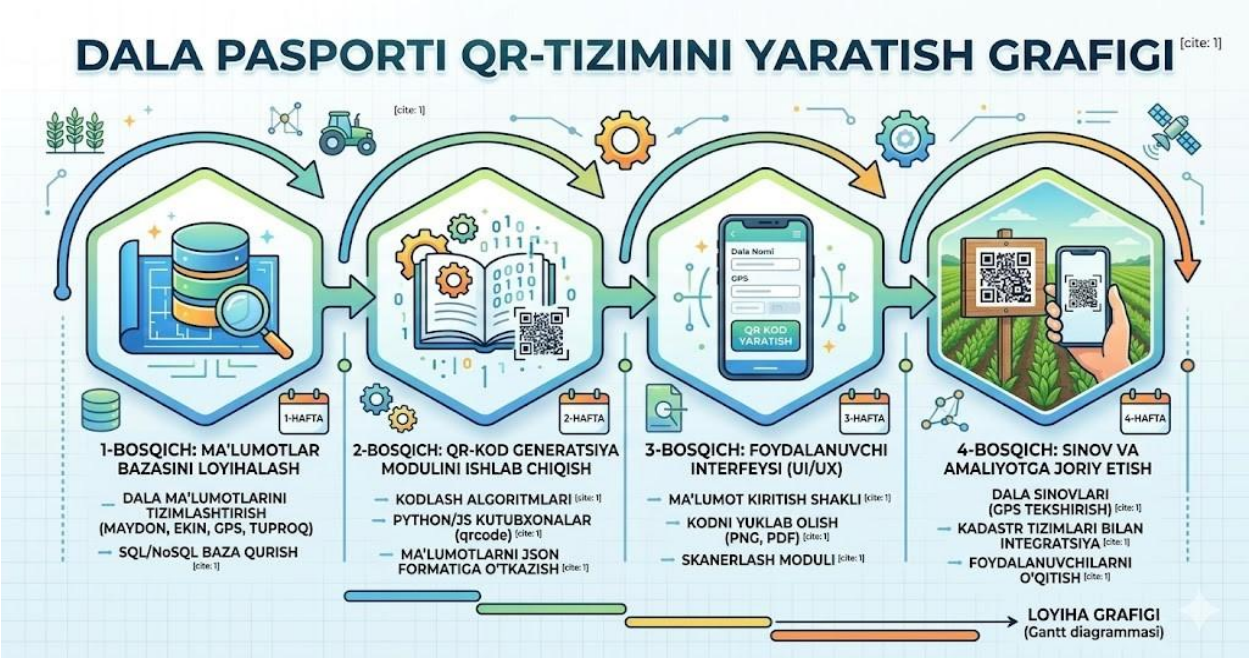
QR-PASPORT dasturining ishlash tartibi quyidagicha amalga oshiriladi: avvalo kadastr mutaxassisi tomonidan fermer xo‘jaligi va yer uchastkasi haqidagi asosiy ma’lumotlar tizimga kiritiladi. Ushbu ma’lumotlarga yerning joylashuvi, maydoni, tuproq tarkibi, ekin turi, meliorativ holati, hosildorlik ko‘rsatkichlari va boshqa zarur parametrlar kiradi. Kiritilgan ma’lumotlar tizim tomonidan qayta ishlanadi va natijada har bir dala uchun alohida QR-kodli elektron pasport yaratiladi. Ushbu QR-kodni skaner qilish orqali dala haqidagi barcha ma’lumotlarga tezkor va qulay tarzda kirish mumkin bo‘ladi.

QR-PASPORT dasturining asosiy afzalliklaridan biri — ma’lumotlarning aniqligi va

tezkorligidir. Dastur orqali kiritilgan ma’lumotlar avtomatik tarzda qayta ishlanadi va inson omili bilan bog‘liq xatoliklar kamayadi. Shuningdek, ma’lumotlarni real vaqt rejimida yangilash imkoniyati mavjud bo‘lib, bu dala holatini doimiy nazorat qilishga yordam beradi.

Bundan tashqari, QR-PASPORT tizimi:

- ma’lumotlarni yagona bazada saqlash va tizimlashtirishni ta’minlaydi;
- mutaxassislar o‘rtasida tezkor axborot almashinuvini yo‘lga qo‘yadi;
- dala haqidagi ma’lumotlarga istalgan vaqtda va joydan kirish imkonini beradi;
- hujjat aylanishini soddalashtiradi va qog‘ozbozlikni kamaytiradi.



Umuman olganda, QR-PASPORT dasturi dala pasportini yuritishda zamonaviy, qulay va samarali yechim hisoblanadi. U qishloq xo‘jaligi yerlaridan oqilona foydalanish, boshqaruvni takomillashtirish hamda ishlab chiqarish samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi.



Metadologiyaning ustunligi. Dala pasportini tayyorlashda zamonaviy texnologiyalarni qo‘llash metodologiyasi yer resurslari haqida aniq, ishonchli va tizimli ma’lumotlar olishga qaratilgan kompleks yondashuv hisoblanadi. Ushbu metodologiya an’anaviy qog‘oz asosidagi hisob yuritishdan farqli ravishda raqamli texnologiyalar, avtomatlashtirilgan tizimlar va real vaqt monitoringiga asoslanadi.

Metodologiyaning asosiy maqsadi — dala haqidagi barcha ma’lumotlarni yagona raqamli tizimga jamlash, ularni doimiy yangilab borish va tahlil qilish imkonini yaratishdir. Bunda GPS, GIS, dronlar, IoT sensorlar va bulutli texnologiyalar kabi zamonaviy vositalardan foydalaniladi.

Umuman olganda, ushbu metodologiya:

- ma’lumotlarni tezkor yig‘ish va qayta ishlashni ta’minlaydi;
- inson omili bilan bog‘liq xatoliklarni kamaytiradi;
- real vaqt rejimida monitoring qilish imkonini beradi;
- ilmiy asoslangan qaror qabul qilishni qo‘llab-quvvatlaydi.



Natijada dala pasporti oddiy hujjat emas, balki qishloq xo‘jaligini samarali boshqarishga xizmat qiluvchi raqamli tizimga aylanadi.

Xulosa. Xulosa qilib aytganda, dala pasportini tayyorlashda zamonaviy texnologiyalarni qo‘llash qishloq xo‘jaligi sohasini yanada samarali va raqamlashtirilgan tizimga o‘tkazishda muhim omil hisoblanadi. An’anaviy usullardan farqli ravishda, raqamli yondashuvlar orqali ma’lumotlarning aniqligi oshadi, ularni qayta ishlash va yangilash jarayoni tezlashadi hamda inson omili bilan bog‘liq xatoliklar sezilarli darajada kamayadi.

Taklif etilayotgan QR-PASPORT dasturi dala pasportini yuritishda innovatsion yechim bo‘lib, yer maydonlari haqidagi ma’lumotlarni tizimli, tezkor va qulay shaklda shakllantirish imkonini beradi. Ushbu tizim orqali yaratilgan QR-kodli elektron pasportlar dala haqidagi barcha zarur ma’lumotlarga oson va tezkor kirishni ta’minlaydi.

Natijada, mazkur yondashuv yer resurslaridan oqilona foydalanish, boshqaruv samaradorligini oshirish hamda hosildorlikni ko‘paytirishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, qishloq xo‘jaligini raqamlashtirish jarayonini jadallashtirib, zamonaviy boshqaruv tizimlarini joriy etish uchun mustahkam asos yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1.Mirzaev T., Abdullayev A. Qishloq xo‘jaligida yer resurslarini boshqarish.

2.Karimov I. Geodeziya va kartografiya asoslari. – Toshkent: O‘qituvchi,

3.Buriev S. GIS texnologiyalari va ularning amaliy qo‘llanilishi. – Toshkent:

4.FAO (Food and Agriculture Organization). Precision Agriculture and Digital

5.Buriev A., Xolmatov D. Dron va masofadan zondlash texnologiyalari.

6.Geodeziya kartografiya va kadastr muammolari ilmiy amaliy jurnali.

7.O`zbekiston Respublikasi Fermerlar Kengashi. Uzpfk.uz

YRK80-023_S.N. Abdurahmonov; J.D. Zarifov; N.O. Ergasheva

UDK: 314:004.9:528.9:004.738.5

GAT ASOSIDA DEMOGRAFIK ATLASLARNI DASHBOARD YONDASHUVIDA YARATISH VA VIZUAL TAHLIL QILISH METODIKASI

Abduraxmonov Sarvar Narzullayevich *- “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti., t.f.d., (DSc).*

Ergasheva Nigina Odiljonovna *- “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti., mustaqil tadqiqotchi*

Zarifov Jamshidbek Davronbek o‘g‘li *- “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti talabasi*

Annotatsiya. Ushbu maqolada demografik atlas yaratishda dashboardli yondashuvning afzalliklari yoritilgan. Zamonaviy GAT (geoaxborot tizimlari) texnologiyalaridan foydalangan holda demografik jarayonlarni vizuallashtirish va tahlil qilish imkoniyatlari ko‘rib chiqiladi. Dashboard ilovalari yordamida interaktiv xaritalar, diagrammalar, grafiklar va boshqa vizual vositalar orqali demografik ma’lumotlarni samarali tahlil qilishga imkon yaratadi. Shuningdek, demografik dashboardlar tadqiqotchilarga real vaqtda ma’lumotlarni kuzatish, tahlillar o‘tkazishga imkonini berishi haqida batafsil ma’lumot berilgan.

Kalit so‘zlar: demografik atlas, dashboard, GAT, interaktiv xaritalar, ma’lumotlar vizualizatsiyasi, tahlil.

Demografik jarayonlarni o‘rganish va tadqiq qilish hamda olingan natijalarga tayanib innovatsion yondashuvlar asosida aholi infratuzilmasini tarkibiy ko‘rsatgichlarini, tabiiy

shart - sharoitlari va ijtimoiy iqtisodiy omillarning ta’sirini aniqlash hamda baholash ishlarini olib borishda aholi kartalari muhim ahamiyat kasb etadi. Shuningdek, ijtimoiy - tarixiy jarayonlar va u bilan bog‘liq bo‘lgan jamiyatdagi o‘zgarishlar, aholining hududiy tarqalishi demografik jarayonlarga hamda boshqa turli ko‘rsatgichlarga o‘z ta’sirini ko‘rsatadi.

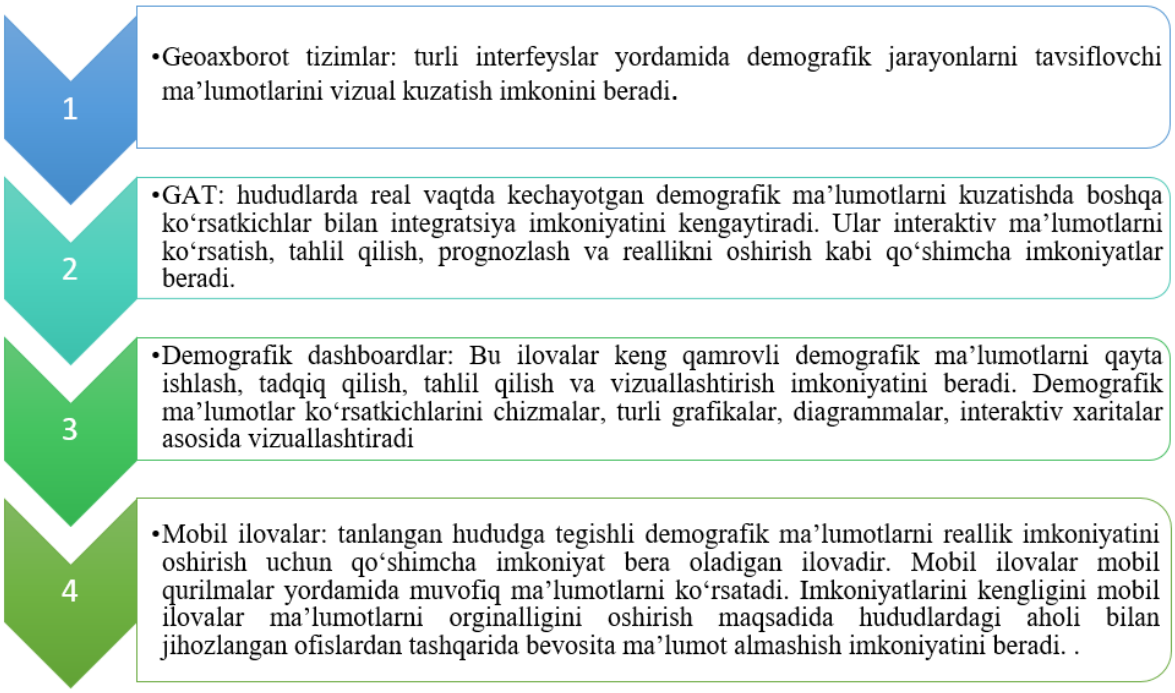
Masofadan zondlash materiallarini qayta ishlashda barcha imkoniyatlarini hisobga olindi. Joylarda vaqt o‘tishi bilan yillar oralig‘ida aholi yashash punktlarini o‘zgarishi monitoringgi ham olib borildi. Masofadan zondlash materiallarida joylardagi aholi punktlarini o‘zgarishi aholi sonini o‘zgarishi va migratsiya ta’siridagi o‘zgarishlarni hamda joy relefiga nisbatan aholi joylashishini kuzatildi.

Kosmik suratlar tahlil qilinib, olingan natijalar asosida mintaqadagi demografik jarayonlar kartalari va bashoratlash kartalari tuzildi. Bugungi kunda demografik ma’lumotlarini to‘plash, ularga muvofiq ma’lumotlar bazasini shakllantirish ishlari Arcgis, Mapinfo, Panorama, Geodraw, Geograph, Atlas GIS, Win GIS, Arcinfo va boshqa dasturlar asosida olib borilmoqda Yangi tuzilgan elektron va raqamli demografik kartalarning avzalliklari shundaki, olingan tadqiqot natijalarini kartalarda tasvirlashda qo‘yilgan ayrim xatolik va kamchilliklarni tuzatish muammolarini hal qilish imkoniyatini paydo bo‘ldi va bu ko‘p vaqt talab etmadi.

Bugungi kunda xaritalar tuzishda nafaqat qo‘l mehnatidan foydalanilmasligi balki, turli analizlar olib borishda imkoniyati kam bo‘lagan dasturiy ta’minotalardan ham foydalanilmayotganligiga guvoh bo‘lib turibmiz. Yuqori aniqlikdagi real voqeliklarni ko‘rsatuvchi kartografik asarlarni yaratishda ko‘plab yangidan-yangi GAT (geoaxborot tizimlari va texnologiya) ilovalari yaratilmoqda va amaliyotda qo‘llanilmoqda. Jumladan, demografik xaritalarni tuzishda ham zamonaviy GAT ilovalari foydalaniladi. Bu ilovalar mamlakatlar hududlaridagi demografik jarayonlar ma’lumotlarini grafiklar, turli modellar va mavzu yuzasidan tuzilgan xaritalar yordamida ko‘rsatishga va zaruriy tahlillar o‘tkazishga katta imkoniyat yaratadi. Shu bilan birga, soha mutaxassilari va foydalanuvchilar zaruriy ma’lumotlarni tahlil qilish va kerak bo‘lsa operativ strategik qarorlarni qabul qilish imkoniyatini beradi.

Demografik xaritalarni tuzish asosida GAT tanlangan hududning geografik joylashuvi to‘g‘risidagi ma’lumotlarni aniqlash va tahlil qilish, natijalarni vizuallashtiriladi.

Bu amaliyotlarni bajarishda bugungi kunda quyidagi texnologiyalar qo‘llanilmoqda:



1-расм. GATda demografik jarayonlarni vizual tahlil qilish metodikasi

Yuqorida ko'rsatilgan va shu kabi zamonaviy texnologiyalar yordamida hududlarda kechayotgan demografik ma'lumotlarni tahlil qilishda tadqiqot davomida kerak bo'ladigan muhim ma'lumotlarni to'g'ridan to'g'ri boshqarish uchun ishlatiladi.

Demografik dashboardlar asosida demografik ma'lumotlarini vizual tarzda ko'rish imkoniyatini beradigan veb-ma'lumotlar tizimidir. Demografik dashboardlarda tadiqot hududidagi aholi soni, tabiiy o'sish, erkaklar va ayollar taqsimoti, mehnatga layoqatli va layoqatsiz yoshdagilar, millatlar taqsimoti, aholi manzillari, aholining ta'lim sifati kabi boshqa ma'lumotlarni interaktiv hamda yuqori aniqlikda ko'rishimiz mumkin. Bunday ma'lumotlar nafaqat faqat demografiyadagi balki, barcha sohalar uchun zaruriy ma'lumotlar majmuini ko'rsata oladi.

Tadqiqot hududining ijtimoiy-iqtisodiy sohalardagi barcha jarayonlarni modellashtirish, prognozlar natijalarini, hududdagi demografik tahlillar olib borilayotgan obyektlarning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlantirish tendensiyalarini ko'rsata oladi.

Demografik dashboardlar foydalanuvchilarga jamiyatdagi kelgusidagi kutilayotgan muammolarni aniqlashda va ularga echim topishda ko'mak ko'rsatadi. Demografik dashboardlar ma'lumotlarni vizual ko'rish imkonini berishini inobatga olib, ma'lumotlarni vizualizatsiya qilish qanday jarayonligi haqida ma'lumot berish talab qilinadi. Demak, dashboard natijaviyligini demografik ma'lumotlarni veb xaritalr, interfaol xaritalar, turli diagrammalar, 2D, 3D, 4D, 5D, 7D grafikalar kabi boshqa vizuallashtirishda ko'ramiz.

Natijalarni demografik dashboard ilovalari asosida tuzilgan kartografik asarlar orqali namoyish etiladi. Umuman olganda, interaktiv xaritalar, diagrammalar, grafiklar, zichlik xaritalari, infografika, dinamik filtrlash, bog'langan ko'rinishlar va dashboarddagi moslashtirish kabi kombinatsiyalari demografik ma'lumotlarni har tomonlama tushunarli tarzda vizualizatsiya qilish uchun kuchli vositalarni taqdim etadi.

Ushbu vizual koʻrinishlar maʼlumotlarni oʻrganish, qayta ishlash va tahlil qilish imkoniyatlarini osonlashtiradi. Bu esa tadqiqotchilarga demografik maʼlumotlarni samaraliroq oʻrganish imkoniyatini beradi.

1. Interaktiv xaritalar: Demografik xaritalashda dashboard foydalanuvchilariga bir qancha qulayliklarga yaratadi. Bular panorama koʻrinishiga olib kelishi, ularni kalalashtirish yoki kichiklashtirish va batafsil maʼlumotlarni olish mumkin. Bundan tashqari aholi zichligi, yosh taqsimoti va daromati haqidagi maʼlumotlarni olish bilan birgalikda ularda kechayotgan oʻzgarishlarni kuzatish imkoniyatini beradi

2. Diagrammalar va grafiklar: Xaritalarda boʻlgan oʻzgarishlarni oʻrganish maqasadida dashboardda demografik maʼlumotlarni aniq koʻrish uchun turli xil diagrammalar bilan ifodalash imkoniyatini beradi. Bu diagrammalar foydalanuvchiga qulayliklar yaratibgina qolmay oʻzgaruvchilarni solishtirishga imkon yaratadi. Bu esa vaqt oʻtishi bilan oʻzgaruvchilar oʻrtasidagi farqni oson topishga imkon yaratadi.

3. Zichlik xaritalari(miqdorli rang usulida tasvirlangan xaritalar) : Zichlik xaritalari – bu miqdoriy rang usulida tasvirlangan xaritalar boʻlib, geografik hududlar boʻylab demografik oʻzgaruvchilarning fazoviy zichligi yoki intensivligini aks ettirish uchun ishlatiladi. Dashboardlarda zichlik xaritalari demografik maʼlumotlarning kontsentratsiyasi yoki taqsimlanishini ifodalashda qoʻllaniladi. Ular rang gradiyentlaridan foydalangan holda xaritadagi faol nuqtalar, klasterlar va qiziqish joylarini aniqlashni osonlashtiradi.

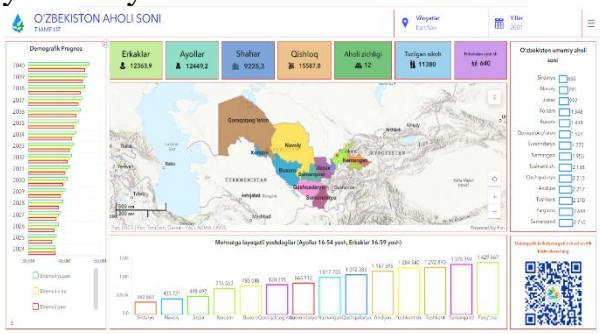
4. Infografika Foydalanuvchilarga infografika demografik maʼlumotlar olish uchun dashboard asosiy demografik qisqa va visual tarzda maʼlumotlarni olishga imkon yaratadi. Ayniqsa olinadigan statistikmaʼlumotlar, tendensiyalar va eng kerakli maʼlumotlarni o ʻz ichiga olishi bilan diqqatga sazovor. Bu esa foydalanuvchilarga maʼlumotlarni oson va teskor koʼrib chiqish imkoniyatini yaratadi.

5. Dinamik filtrlash va tanlash: Dashboard foydalanuvchilarga demografik maʼlumotlarni turli mezonlar yoki parametrlar asosida interaktiv ravishda filtrlash va tanlash imkonini beradi. Ular ochiladigan menyular, slayderlar, belgilash katakchalari yoki kiritish maydonlari orqali maʼlumotlarni moslashtirib, muayyan demografik segmentlar yoki qiziqarli geografik hududlarga eʼtibor qaratishlari mumkin.

6. Bevosita koʻrinishlar: Dashboardlarda koʻpincha oʻzaro bogʻlangan vizualizatsiyalar mavjud boʻlib, ularda foydalanuvchi tomonidan amalga oshirilgan oʻzgarishlar butun interfeys boʻylab avtomatik tarzda aks etadi. Masalan, agar foydalanuvchi xaritada muayyan hududni tanlasa, shu tanlovga mos ravishda diagrammalar, grafiklar yoki boshqa vizual elementlar avtomatik ravishda yangilanadi. Ushbu interaktiv yondashuv maʼlumotlar oʻrtasidagi bogʻliqliklarni aniqroq tushunishga yordam beradi. Ayniqsa, demografik maʼlumotlar bilan ishlashda, turli vizual elementlar boʻylab oʻzaro aloqadorlikni chuqurroq oʻrganish imkonini yaratadi. Natijada, foydalanuvchilar maʼlumotlarni osonroq tahlil qilib, qimmatli xulosalar chiqarishlari mumkin.

7. Moslashtirish parametrlari foydalanuvchilarga demografik maʼlumotlarning vizual tasvirini oʻz ehtiyojlari va shaxsiy afzalliklariga mos ravishda oʻzgartirish imkoniyatini taqdim etadi. Ushbu parametrlarga turli vizual elementlar, jumladan,

dasturning boshqaruv paneli (dashboard) ranglari, belgilar, yorliqlar hamda legenda kabi komponentlarni moslashtirish imkoniyati kiradi. Bunday moslashuvchanlik ma’lumotlarni vizualizatsiya qilish jarayonini yanada intuitiv, aniq va samarali qiladi, shuningdek, foydalanuvchilarning interaktiv ishtirokini oshirishga yordam beradi. Shu tariqa, moslashtirish parametrlari nafaqat vizual taqdimotning estetik jozibadorligini oshiradi, balki ma’lumotlarni tushunish va ulardan foydalanuvchi uchun qulay tarzda foydalanish imkoniyatini ham yaxshilaydi.



2-rasm. O‘zbekiston Respublikasi Demografik dashboardi

Demografik dashboard aholi ma’lumotlarini dinamik ravishda o‘rganish imkoniyatini beradi. Tadqiqot davomida tadqiqotchi xarita bilan uzviy doimiy aloqada bo‘lishini, tahlillar o‘tkazilishini, ma’lumotlarni filtirlash kabi imkoniyatlarni dashboard ilovalari kafolatlaydi.

Demografik dashboard ilovalaridagi funsiyalarni quyidagicha keltirishimiz mumkin: dinamik interaktivlik, filtrlash va tanlash, “Sho‘ng‘ish” funksiyasi, “Qalqib” chiquvchi oynalar, bog‘langan ko‘rinishlar, ma’lumotlarni o‘rganish vidjetlari, qidiruv funksiyalari.

Demografik elektron xaritalarni tuzishda masofadan zondlash ma’lumotlari, sun’iy yo‘ldoshdan olingan kontekstual ma’lumotlari bilan birlashtirgan holda demografik dashboard demografik belgili ma’lumotlarini to‘liq tushunish uchun imkoniyat yaratadi. Bundana tashqari demografik dashboardda sun’iy yo‘ldosh tasvirlarini demografik xaritalar foni sifatida birlashtiradi. Yerdan foydalanish ma’lumotlari esa aholining turar-joy, qishloq xo‘jaligi yoki tabiiy hududlar kabi turlarini qatlamlar asosida ko‘rsatadi. Infratuzilmali qatlamlari esa yo‘llar, aeroportlar va kommunal xizmatlar kabi infratuzilma qatlamlarini o‘z ichiga oladi.

Demografik dashboard tadqiqot davomida bir nechta demografik qatlamlarni to‘g‘ri joylashtirish, taqqoslash, aholi tarkibidagi turli o‘zgarishlarni vizual tasavvur qilish imkonini kengaytiradi va qiyosiy tahlil qilish jarayonlarini osonlashtiradi. Bu esa tadqiqot davomida demografik o‘zgarishlarni ayniqsa, geografik hudud bo‘yicha nomutanosiblik, tendensiyalarni va fazoviy ma’lumotlarni yuqori aniqlikda aniqlash imkonini beradi.

Demografik dashboarddan foydalanish imkoniyati va foydalanish imkoniyati kengligi alohida diqqatga sazovor bo‘lib, buni dashboard tadqiqotchilar uchun ancha qulayligi va ilovada turli qurilmalar aktivligida ko‘rishimiz mumkin. Ular intuitiv interfeyslarda to‘plangan demografik ma’lumotlarni yanada qulayroq va qiziqarli qilib ko‘rsatadi.

Shuni alohida ta’kidlash lozimki, demografik dashboard ilovasida jarayonlarni doimiy muntazam monitoring va baholash imkoniyati kattaligi tadqiqotlarning yanada mukammalligini oshiradi. Tadqiqotlar olib borishda demografik jarayonlardagi o‘zgarishlarni doimiy kuzatishi, tadqiqotlarni samaradorligini baholash imkoniyat yaratadi.

ArcGIS Online-dagi demografik dashboard asosida tadqiqotlardagi o‘zgarishlarni dinamik, interaktiv va ma’lumotnomali demografik xarita va atlaslarni tuzish juda qulay vosita hisoblanadi. Tadqiqot davomida demografik ma’lumotlarni fazoviy kontekstda o‘rganish, tahlil qilish ishlarida foydalaniladi.

Xulosa.

Demografik atlas yaratishda dashboardli yondashuv zamonaviy GAT texnologiyalari yordamida ma’lumotlarni vizualizatsiya qilish va tahlil qilish imkoniyatlarini sezilarli darajada oshiradi. Dashboard ilovalari demografik ma’lumotlarni interaktiv xaritalar, grafiklar, diagrammalar orqali qulay tarzda taqdim etish imkonini beradi. Bu esa foydalanuvchilarga hududiy demografik jarayonlarni oson tahlil qilish, muhim qarorlar qabul qilish hamda kelajakdagi muammolarni oldindan aniqlashga yordam beradi. Ayniqsa, ArcGIS Online kabi ilg‘or platformalar asosida demografik dashboardlar tadqiqotchilar, mutaxassislar va keng foydalanuvchilar uchun qulay vosita bo‘lib, demografik jarayonlarni tushunish va bashorat qilishni soddalashtiradi. Umuman olganda, demografik atlas yaratishda dashboardlardan foydalanish aniq, tezkor va samarali tahlillar olib borish imkoniyatini kengaytiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Borko, J. (2020). *Geographic Information Systems and Spatial Analysis for Public Health*. Springer.

2. Kraak, M. J., & Ormeling, F. (2017). *Cartography: Visualization of Spatial Data*. Pearson Education.

3. Maguire, D. J., & Longley, P. A. (2011). *Geographic Information Systems: Principles, Techniques, Management, and Applications*. Wiley.

4. Monmonier, M. (2014). *How to Lie with Maps*. University of Chicago Press.

5. Tufte, E. R. (2001). *The Visual Display of Quantitative Information*. Graphics Press.

6. Zhang, W., & Wang, H. (2019). *Spatial Data Analysis and Visualization: GeoData for GIS*. Springer.

7. ArcGIS Online (2023). *Demographic Dashboard: A Guide to Analysis and Visualization*. Esri Press.

8. Bank. (2020). *World Development Indicators*. World Bank Publications.

9. ESRI (2021). *The Power of Geographic Information Systems in Demographic Studies*. ESRI Publications.

10. Abduraxmonov, S., & Xalimov, D. (2021). Innovative Approaches in Demographic Data Visualization Using GIS. *Journal of Geography and Spatial Planning, 15(3), 45-59*.

11. Abduraxmonov, S. (2019). *Spatial Data Analysis for Sustainable Development: An Integrated Approach*. International Journal of Geospatial and Environmental Science, 12(2), 79-91.

12. Abduraxmonov, S., & Rasulov, M**. (2020).** Geospatial Data for Urban Planning: Case Study in Central Asia. *Urban Studies Journal, 18(4), 105-118*.

13. Abduraxmonov, S., & Khodjaev, A. (2021). Mapping Urban Growth and Environmental Impact: A GIS-Based Approach. Journal of Urban Geography, 13(2), 78-92.

UDK: 631.417:528.8

MASOFADAN ZONDLASH MA'LUMOTLARI ASOSIDA TUPROQ SHO'RLANISHINING TAHLILI

Mamatqulov Z.J. *- "TIQXMMI" MTU Davlat kadastrlari kafedrasi mudiri*

Ubaydullayev X.F. *- "TIQXMMI" MTU Kadastr (faoliyat turlaribo'yicha) yo'nalishi talabasi*

Annotatsiya. *Masofadan zondlash usullari zamonaviy ilm-fan va amaliyotda tuproq sho'rlanishini aniqlash, monitoring qilish, uning dinamikasini kuzatish va baholashda muhim ahamiyat kasb etadi. Tuproq resurslarining izchil o'zgaruvchanligi, agroekosistemalarning holati va ularni to'g'ri boshqarishda masofadan zondlash texnologiyalari ishonchli, yuqori aniqlikdagi, zamonaviy, iqtisodiy va ekologik jihatdan samarali yechimlardan biri sifatida qaralmoqda. Zamonaviy masofaviy kuzatuvlar yerdagi jarayonlarni doimiy, keng miqyosda, qisqa muddatlarda va yetarlicha to'liq aks ettirish imkonini beradi.*

Kalit so'zlar: *Tuproq sho'rlanishi, masofadan zondlash, sun'iy yo'ldosh, monitoring, geoinformatsion tizim, axborot texnologiyalari, agroekologiya, kartografiya, sug'oriladigan yerlar, tuproq melioratsiyasi.*

Аннотация. *Методы дистанционного зондирования занимают важное место в современной науке и практике при выявлении, мониторинге, отслеживании динамики и оценке засоления почв. Последовательная изменчивость почвенных ресурсов, состояние агроэкосистем и их рациональное управление рассматриваются в контексте применения технологий дистанционного зондирования как одного из надёжных, высокоточных, современных, экономически и экологически эффективных решений. Современные дистанционные наблюдения позволяют непрерывно, в широком масштабе, в короткие сроки и достаточно полно отражать происходящие на поверхности земли процессы.*

Ключевые слова: *засоление почв, дистанционное зондирование, спутник, мониторинг, геоинформационная система, информационные технологии, агроэкология, картография, орошаемые земли, мелиорация почв.*

Abstract. *Remote sensing methods play a significant role in modern science and practice in identifying, monitoring, tracking the dynamics, and assessing soil salinization. The continuous variability of soil resources, the condition of agroecosystems, and their proper management are increasingly considered within the framework of remote sensing technologies as one of the most reliable, high-precision, modern, economically, and environmentally efficient solutions. Modern remote observations make it possible to continuously, comprehensively, and within short timeframes reflect processes occurring on the Earth's surface at a broad spatial scale.*

Keywords: *soil salinization, remote sensing, satellite, monitoring, geographic information system, information technologies, agroecology, cartography, irrigated lands, soil reclamation.*

Kirish. Tuproq sho'rlanishi - yer resurslari samaradorligini

pasaytiruvchi, qishloq xo‘jalik mahsuldorligini cheklovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Bu jarayon natijasida tuproning ekologik, fizik-kimyoviy va meliorativ xossalari o‘zgaradi, agrotexnik salohiyati kamayadi hamda tuproq biosferasida salbiy o‘zgarishlar yuzaga keladi.

Sho‘rlanish natijasida tuproqda suv va tuz rejimi buziladi, suv bilan yuvib ketiladigan va erib suv bilan oson ko‘chadigan tuzlar qatlamlarda to‘planadi. Aqalli maydonlarda sodir bo‘layotgan bunday o‘zgarishlarni qisqa va real vaqt oralig‘ida tasviriy, aniq va geolokatsion ma’lumotlar asosida monitoring qilish uchun masofadan zondlash eng ilg‘or vosita sanaladi.

Tuproq sho‘rlanishi odatda tabiiy va antropogen omillar ta’sirida yuzaga chiqadi. Tabiiy omillar — yer osti suvlari sathi baland bo‘lishi, iqlim sharoiti, daryo va ko‘llarning yaqinligi, relef xususiyatlari bo‘lib, ular mustaqil holda yoki birgalikda sho‘rlanish jarayonini kuchaytirishi mumkin. Antropogen omillar esa sug‘oriladigan yerlarda noto‘g‘ri suv ta’minoti, drenaj va gidrotexnik inshootlarning yetarli darajada ishlamasligi natijasida vujudga keladi. Bunday hollarda hozirgi zamon monitoring vositalari, ya’ni masofaviy zondlash orqali holat tez va ishonchli aniqlanishi keng ilmiy va ishlab chiqarish sohalarida isboti topgan [1].

Tadqiqot joyi:

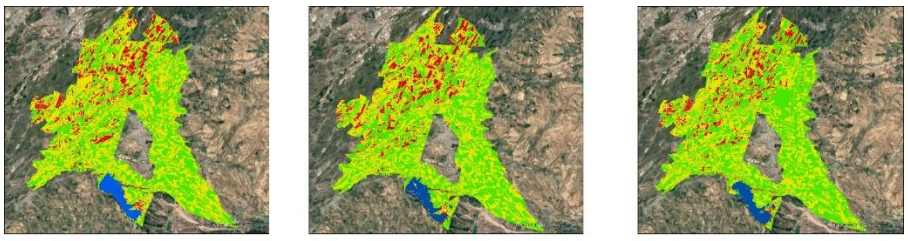
Toshkent Viloyat O’rta Chirchiq Tumani hududi.

Tadqiqot usuli

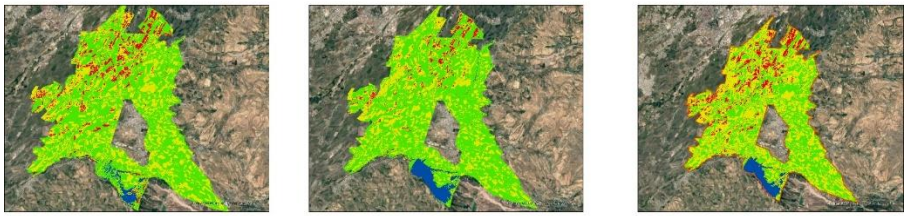
Biz bu ilmiy ishimizda Sentinel-2 sun’iy yo‘ldashidan foydalanganmiz. Chunki bu European Space Agency tomonidan ishga tushirilgan Sentinel-2 sun’iy yo‘ldoshi bo‘lib quyidagi ilmiy afzalliklarga ega: Yuqori fazoviy aniqlik (10 m) – B11 va B8 kanallari 10 metr fazoviy aniqlikka ega bo‘lib, tuman miqyosida sho‘rlanishni aniqlash uchun yetarli darajada detallashtirilgan ma’lumot beradi. Yuqori spektral imkoniyat – Sentinel-2 13 ta spektral kanalga ega bo‘lib, o‘simlik qoplami, tuproq va suv obyektlarini aniq ajratish imkonini beradi. Bepul va ochiq ma’lumotlar – ilmiy tadqiqotlar uchun keng qo‘llaniladi va ma’lumotlar barqaror taqdim etiladi. Shu sababli, Sentinel-2 qishloq xo‘jaligi hududlarida sho‘rlanishni aniqlash uchun eng maqbul manbalardan biri hisoblanadi. Nega aynan B11 (SWIR) va B8 (NIR) bandlari ishlatildi? Tuproq sho‘rlanishi jarayoni tuproqning fizik-kimyoviy va optik xususiyatlarini o‘zgartiradi. Sho‘rlanish natijasida tuproq yuzasida tuz kristallari to‘planadi, namlik kamayadi va sirt oqartirilgan ko‘rinishga ega bo‘ladi. Ushbu o‘zgarishlar elektromagnit spektrning ayniqsa yaqin infraqizil (NIR) va qisqa to‘lqinli infraqizil (SWIR) diapazonlarida aniq aks etadi. Sho‘rlangan tuproqda odatda **SWIR qiymati NIR qiymatidan yuqori bo‘ladi** → NDSI musbat va katta chiqadi. Sho‘rsiz yoki nam tuproqda esa farq kamayadi yoki aksincha bo‘ladi → NDSI qiymati past yoki manfiy chiqadi.

$$NDSI = \frac{B11 - B8}{B11 + B8}$$

Tadqiqot natijalari.



2020-Yil 2021-Yil 2022-Yil



2023-yil 2024-Yil 2025-Yil

Sho‘rlanish darajasi (2020, Yan–Apr)

Kam sho‘rlangan – 16688.3 ga (38.79 %)

O‘rtacha sho‘rlangan – 20813.6 ga (48.38 %)

Kuchli sho‘rlangan – 4211.0 ga (9.79 %)

Sho‘rlanish darajasi (2021, Yan–Apr)

Kam sho‘rlangan – 18606.3 ga (43.25 %)

O‘rtacha sho‘rlangan – 19090.6 ga (44.38 %)

Kuchli sho‘rlangan – 4083.2 ga (9.49 %)

Sho‘rlanish darajasi (2022, Yan–Apr)

Kam sho‘rlangan – 20474.4 ga (47.59 %)

O‘rtacha sho‘rlangan – 17916.5 ga (41.65 %)

Kuchli sho‘rlangan – 3358.1 ga (7.81 %)

Sho‘rlanish darajasi (2023, Yan–Apr)

Kam sho‘rlangan – 24460.4 ga (56.86 %)

O‘rtacha sho‘rlangan – 14882.0 ga (34.59 %)

Kuchli sho‘rlangan – 2947.7 ga (6.85 %)

Sho‘rlanish darajasi (2024, Yan–Apr)

Kam sho‘rlangan – 26550.2 ga (61.72 %)

O‘rtacha sho‘rlangan – 13213.3 ga (30.71 %)

Kuchli sho‘rlangan – 1459.9 ga (3.39 %)

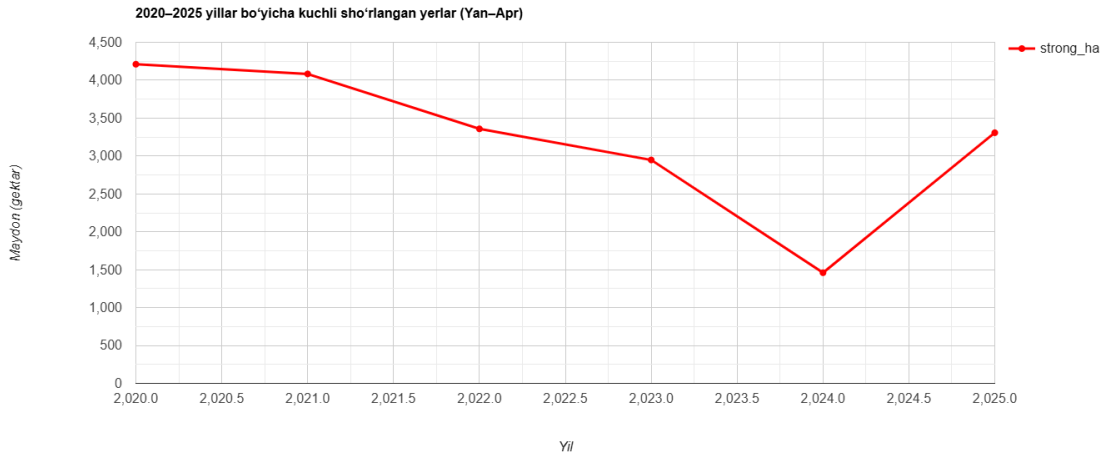
Sho‘rlanish darajasi (2025, Yan–Apr)

Kam sho‘rlangan – 17775.6 ga (41.32 %)

O‘rtacha sho‘rlangan – 20341.7 ga (47.28 %)

Kuchli sho‘rlangan – 3307.0 ga (7.69 %)

Tahlil natijalarida O‘rta Chirchiq tumanida sho‘rlanishning fazoviy jihatdan sezilarli farqlanishini ko‘rsatdi. NDSI natijalari yillar kesimida.



Quyidagi grafik 2020–2025 yillar davomida (yanvar–aprel oylarida) kuchli shoʻrlangan yer maydonlarining (ga) dinamikasini aks ettiradi. Diagramma NDSI indeksi asosida klassifikatsiya qilingan “kuchli shoʻrlangan” (strong_ha) toifasiga kiruvchi yer maydonlarining yillik oʻzgarishini koʻrsatadi.

Grafik natijalariga koʻra, 2020 yilda kuchli shoʻrlangan yerlar maydoni eng yuqori koʻrsatkichlardan birini tashkil etib, taxminan 4,2 ming gektarni tashkil qilgan. 2021 yilda mazkur koʻrsatkich biroz kamaygan boʻlsa-da, umumiy shoʻrlanish darajasi hali ham yuqori darajada saqlanib qolgan.

2022 va 2023 yillarda esa kuchli shoʻrlangan maydonlarda izchil kamayish tendensiyasi kuzatiladi. 2023 yilga kelib koʻrsatkich taxminan 3,0 ming gektargacha qisqargan. Ushbu pasayish meliorativ tadbirlar, sugʻorish rejimining optimallashtirilishi yoki gidrometeorologik sharoitlarning nisbatan qulay boʻlishi bilan izohlanishi mumkin.

Eng keskin oʻzgarish 2024 yilda qayd etilgan boʻlib, kuchli shoʻrlangan yerlar maydoni taxminan 1,5 ming gektargacha kamaygan. Bu davrda shoʻrlanish darajasining sezilarli pasayishi hududda tuproq yuvilishi (leaching), suv bilan ta’minlanish yaxshilanishi yoki mavsumiy namlikning ortishi bilan bogʻliq boʻlishi ehtimoldan holi emas.

Biroq 2025 yilda kuchli shoʻrlangan maydonlar yana ortib, taxminan 3,3 ming gektarni tashkil etgan. Ushbu oʻsish shoʻrlanish jarayonining qayta faollashuvi, yer osti suvlari sathining koʻtarilishi, sugʻorish suvlarining mineralizatsiyasi yoki qurgʻoqchilik sharoitlari bilan izohlanishi mumkin.

Masofadan zondlash texnologiyalarining ahamiyati — ularning hudud boʻylab shoʻrlanish darajasi, koʻlamini, joylashuvi va dinamikasini aniqlash imkoniyatida namoyon boʻladi. Turli turdagi sun’iy yoʻldosh tizimlari, spektral oʻlchovlar asosidagi ma’lumotlar, radar va lazerli skanerlash texnologiyalari orqali masofadan tasvir va xulosalar olinadi. Ushbu ma’lumotlar ham an’anaviy monitoring tizimlaridan ancha tez, muntazam, har tomonlama va iqtisodiy jihatdan samaraliroqdir. Yerdagi shoʻrlangan maydonlarini aniqlashda zamonaviy sun’iy yoʻldoshlar, ayniqsa, Sentinel, va boshqa turdagi sun’iy yoʻldosh tizimlari asosiy axborot manbai boʻlib, ular oʻzining yuqori spektral, fazoviy va vaqtinchalik aniqligi bilan farqlanadi. Ushbu ma’lumotlar asosida tuproq yuzasidagi tuz qatlamlari, oʻsimliklarsiz yoki kam zichlikli bioqoplama maydonlari, alohida shoʻrlangan zonalar raqamli kartalarda aks ettiriladi. Masofadan olingan multispektral va hiperspektral ma’lumotlarning tahlili shoʻr tuproqlarni boshqa tuproq tiplari, sugʻoruv hududlari va tabiy landshaftlardan aniqlik bilan ajratib koʻrsatish imkonini beradi. Mahsus ishlab chiqilgan geoinformatsion tizimlar va zamonaviy kompyuter dasturlari yordamida shoʻrlangan hududlarning dinamikasi, soʻnggi yillarda yuzaga kelgan oʻzgarishlar mukammal baholanadi.Tuproq shoʻrlanishining noxush ta’sirlarini yumshatish, salbiy oqibatlarini kamaytirish uchun eng birinchi navbatda sabablarni toʻgʻri aniqlash, holat haqida aniq ma’lumotlarga ega boʻlish talab qilinadi. Shoʻrlanishning asosiy manbalari va uning hududiy tafsilotlari aniq olib borilsa, keyingi bosqichlarda meliorativ va agrotexnik chora-tadbirlarni samarali yoʻlga qoʻyish mumkin. An’anaviy dala

tadqiqotlarida axborot faqat chegaralangan nuqtalar bo‘yicha olinadi va bu ma’lumotlar ko‘plab omillarga bog‘liq ravishda to‘liq bo‘lmasligi mumkin. Masofaviy zondlash esa butun hududni to‘liq va har tomondan tahlil qilish imkonini beradi, bu esa ilmiy va amaliy jihatdan juda katta ustunlik hisoblanadi [2].

Xulosa. Xulosa qilib aytganda, tuproq sho‘rlanishini masofadan zondlash usullari, xususan NDSI indeksi asosida aniqlash, monitoring qilish va baholash zamonaviy ilm-fan va amaliyotda eng ishonchli hamda samarali yondashuvlardan biri hisoblanadi. Tadqiqot natijalari sho‘rlanish jarayonining fazoviy va vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchanligini aniq ko‘rsatib, uning sug‘orish tizimi holati, drenaj samaradorligi, yer osti suvlari sathi va iqlim omillari bilan bevosita bog‘liqligini tasdiqladi.

Masofadan zondlash texnologiyalari yordamida sho‘rlanish darajasini keng hududlar kesimida tezkor baholash imkoniyati yaratiladi, bu esa qishloq xo‘jaligi yerlarining meliorativ holatini monitoring qilish, degradatsiyaga uchragan maydonlarni aniqlash hamda ularni tiklash bo‘yicha ilmiy asoslangan chora-tadbirlar ishlab chiqishda muhim ahamiyat kasb etadi. NDSI indeksining yillar kesimidagi dinamik tahlili yer resurslaridan foydalanish samaradorligi, suv boshqaruvi tizimining holati va agrotexnik tadbirlarning natijadorligini baholash imkonini beradi.

Shu bilan birga, masofadan zondlash asosida sho‘rlanishni yilning istalgan paytida aniqlash har doim ham yuqori aniqlik bermasligi e’tiborga olinishi lozim. Vegetatsiya qoplamining zichligi, sug‘orish jarayoni, vaqtinchalik namlanish yoki yog‘ingarchilik natijasida tuproq yuzasining nam bo‘lishi sho‘rlanish signalini spektral jihatdan yashirishi mumkin. Ayniqsa vegetatsiya mavsumining cho‘qqi davrida yoki kuchli namlik sharoitida sho‘r qatlamning optik belgilari aniq aks etmaydi. Shu sababli sho‘rlanishni aniqlash uchun quruq davrlar (masalan, vegetatsiya oldi yoki vegetatsiya tugagan davr) eng maqbul hisoblanadi.

Texnologik taraqqiyot, zamonaviy dasturiy vositalar, sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari va ilmiy-metodik yondashuvlar sho‘rlanish jarayonining nazariy va amaliy jihatlarini chuqur o‘rganishga xizmat qilmoqda. Bu esa yer resurslaridan oqilona foydalanish, ekologik muvozanatni saqlash, qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarish samaradorligini oshirish hamda barqaror rivojlanishni ta’minlashning muhim omillaridan biridir.

Shunday qilib, masofadan zondlash texnologiyalarini keng joriy etish, ma’lumotlarni to‘g‘ri mavsumiy tanlash hamda monitoring jarayonini ilmiy asosda tashkil etish kelgusida yer-suv resurslaridan samarali foydalanish va qishloq xo‘jaligi taraqqiyotining barqarorligini ta’minlashda strategik ahamiyatga ega bo‘ladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Qodirov A.M., “Tuproq sho‘rlanishi va uni kamaytirish usullari”, Toshkent, 2018.

2. Qushqarov N.Q., “Yer resurslarini boshqarishda zamonaviy texnologiyalar”, Samarqand, 2021.

3. Temirov Sh.M., “Masofaviy zondlash va tuproq monitoringi”, Toshkent, 2019.

4. Liu, D., Tian, F., et al. "Remote Sensing for Salinity Mapping and Monitoring: A Comprehensive Review," Remote Sensing, 2019.

5. Allbed, A., Kumar, L. "Soil Salinity Mapping and Monitoring in Arid and Semi-arid Regions Using

Remote Sensing Technology: A Review," Advances in Remote Sensing, 2013.

6. Metternicht, G.I., Zinck, J.A. “Remote Sensing of Soil Salinity: Potentials and Constraints,” Remote Sensing of Environment, 2003.

7. FAO “Salinity Management in Agriculture,” FAO Reports, 2014.

8. Djamalov U.D., “Land Reclamation and Salinity Control,” Tashkent, 2017.

UDK: 528.8:004.42

ARCGIS DASTURIDA GEOFAZOVIY AMALLARNI AVTOMATLASHTIRISH: MODELBUILDER MISOLIDA VAQT VA UNUMDORLIK TAHLILI

Muslimbekov Baxodir Mirza o‘g‘li *- “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti Geodeziya va geoinformatika kafedrasi assistenti.*

Maxsudov Rahimjon Ilhomovich -*“TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti Geodeziya va geoinformatika kafedrasi assistenti.*

Xamidov Boisxo‘ja Baxtiyor o‘g‘li *- “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti Geodeziya va geoinformatika yo‘nalishi 3-kurs talabasi.*

Asadullaev Burxon Ubaydullo o’g’li *- “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti Geodeziya va geoinformatika yo‘nalishi 3-kurs talabasi.*

Annotatsiya*. Ushbu maqolada ArcGIS dasturida fazoviy ma'lumotlar bilan ishlashda vaqtni optimallashtirish va kechikishlarning oldini olish strategiyalari muhokama qilinadi. Shuningdek, unda ModelBuilder vositasi yordamida geofazoviy ish oqimlarini qismlarga bo'lib bajarishning afzalliklari tahlil qilinib, yuqori unumdorlikni saqlab qolgan holda ortiqcha vaqt sarfini kamaytirishdagi samaradorligi asoslab beriladi.*

Kalit so‘zlar: *ModelBuilder, ArgGis Pro, geoprocessing, index, vaqt, statistic ma'lumot, Mosaic to New Raster, Raster Calculiator, Extract By Masck.*

Аннотация*. В данной статье рассматриваются стратегии оптимизации времени и предотвращения задержек при работе с пространственными данными в программном обеспечении ArcGIS. Кроме того, анализируются преимущества сегментированного выполнения рабочих процессов геообработки с использованием инструмента ModelBuilder, а также обосновывается его эффективность в снижении излишних затрат времени при сохранении высокой производительности.*

Abstract*. This article discusses strategies for optimizing processing time and preventing delays when working with spatial data in ArcGIS software. Furthermore, it analyzes the advantages of executing geoprocessing workflows in segmented parts using the ModelBuilder tool, and justifies its effectiveness in reducing time overhead while maintaining high performance.*

Kirish. Hozirgi kunda GIS mutaxassislari Geoprocessing jarayonlarini amalga oshirishda bir qancha muammolarga duch kelishmoqda. Xususan, muayyan indeks yoki biror hudud haqidagi ma'lumotlarni shakllantirish jarayonida bir nechta Geoprocessing vositalari (Tools) va buyruqlaridan ketma-ket foydalanishga to'g'ri keladi. Har bir ma'lumotni olish uchun ushbu

amallarni qayta-qayta bajarish talab etiladi. Buning oqibatida, jarayonga juda ko'p vaqt sarflanib, mutaxassislarning umumiy ish unumdorligi (foydali ish koeffitsiyenti) pasayib ketishi kuzatilmoqda.

Ushbu qismda Toshkent viloyati hududining 1 kunlik NDVI indeksini alohida qadamlar bilan hamda **ModelBuilder** vositasi orqali shakllantirish jarayonini ko‘rib chiqamiz. Dastlab, NDVI ni alohida vositalar yordamida hisoblash usuliga to'xtalamiz. Bu jarayonni amalga oshirish uchun **Geoprocessing** vositalaridan 2 marta **Mosaic to New Raster**, 1 marta **Raster Calculator**, hamda 1 marta **Extract by Mask** talab etiladi. Ta'kidlash joizki, bu faqatgina bir kunlik sana uchun NDVI indeksini hisoblashda qo'llaniladigan vositalar ketma-ketligidir. Quyida ushbu jarayon yanada batafsil tushuntiriladi.

Mana ushbu jarayonlar bayon qilingan qismning tahrirlangan va ilmiy maqolaga moslashtirilgan ko'rinishi. Asosiy maqsad – jarayon bosqichlarini aniq-lo'nda ko'rsatish va vaqt sarfini mantiqan to'g'ri ifodalash.

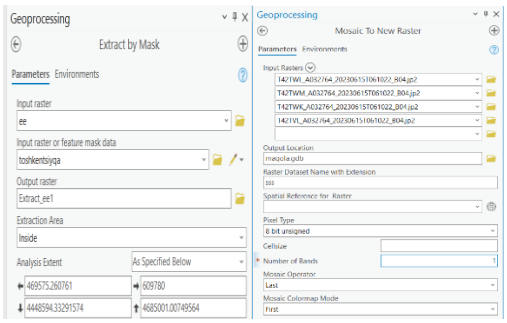
Toshkent viloyati hududining 21-aprel sanasidagi NDVI indeksini hisoblash ketma-ketligi. Dastlab, Toshkent viloyati hududini qamrab oluvchi Sentinel kosmik suratlari (B04 va B08 kanallari) talab etiladi. Viloyat hududi to'liq qoplanishi uchun B04 va B08 kanallarining har biridan 4 tadan (jami 8 ta) surat zarur. Ushbu suratlarning tayllar (tiles) nomenklaturasi quyidagilardan iborat: TVL, TVM, TVK, TWL. Chunki Toshkent viloyati aynan ushbu tayllar doirasida joylashgan.

Yuklab olingan 8 ta suratni bitta yaxlit rastrga birlashtirish uchun **Mosaic to New Raster** vositasidan foydalaniladi. B04 va B08 kanallari alohida ishlangani sababli, **Mosaic to New Raster** vositasi 2 marotaba ishga tushiriladi. Birinchi jarayon uchun 3 daqiqa 20 soniya, ikkinchi jarayon uchun esa 2 daqiqa 40 soniya sarflandi. Ushbu vaqt ko'rsatkichlari o'z ichiga vositaga tegishli ma'lumotlarni kiritish, fayl nomini berish va saqlash manzilini ko'rsatish kabi tayyorgarlik amallarini ham qamrab olgan.

Mosaic to New Raster amali natijasida olingan 2 ta yaxlit rastr ma'lumoti asosida **Raster Calculator** vositasi yordamida NDVI indeksi hisoblanadi. Bu jarayon uchun 1 daqiqa 45 soniya talab etildi (bunga ham parametrlar va saqlash manzilini kiritish vaqti kiritilgan).

Yakuniy bosqichda **Extract by Mask** vositasi orqali natijaviy rastrdan aynan Toshkent viloyati chegarasiga mos keluvchi hudud qirqib olinadi. Buning uchun viloyatning chegarasi (vektor fayli) asos sifatida foydalanildi va bu amaliyotga 35 soniya sarflandi.

Umumiy hisobda, bitta sanadagi NDVI indeksini ushbu usulda (vositadan vositaga o'tib) hisoblash uchun jami **8 daqiqa 20 soniya** vaqt talab etildi.

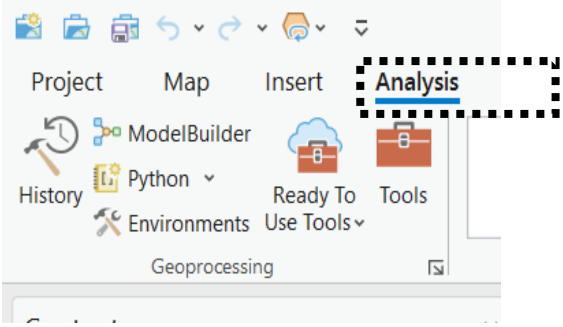


1- rasm: Mosaic to New Raster, Extract By Mascklarda ishning borishi

Bosqich bo‘yicha xulosa: Yuqoridagi tahlillardan ko'rinib turibdiki, mazkur jarayonni bir nechta turli sanalar uchun alohida qayta-qayta bajarish mutaxassisning ish unumdorligi (foydali ish koeffitsiyenti) keskin pasayishiga, vaqtning asossiz sarflanishiga va natijada ish sifatining

yomonlashishiga olib keladi. Qolaversa, ushbu ko'p bosqichli amallarda inson omili sababli biror xatoga yo'l qo'yilsa, barcha ishlarni qaytadan bajarish talab etiladi. Bu esa, o'z navbatida, qo'shimcha vaqt yo'qotilishiga sabab bo'ladi.

ModelBuilder bilan ishning yengillashishi. ModelBuilder – bu fazoviy (geofazoviy) amallarni avtomatlashtirishga qaratilgan modellarni yaratish, tahrirlash va boshqarish uchun mo'ljallangan maxsus dasturiy vositadir. Modellar, o'z navbatida, **Geoprocessing** (geofazoviy tahlil) vositalarining mantiqiy ketma-ketligida bir-biriga bog'langan ish oqimlari (workflows) tizimi hisoblanadi. Bunda ma'lum bir vositaning yakuniy natijasi (output) navbatdagi vosita uchun kiruvchi ma'lumot (input) bo'lib xizmat qiladi. Shu nuqtai nazardan, ModelBuilder vositasini murakkab ish oqimlarini shakllantirishga xizmat qiluvchi vizual dasturlash tili sifatida ham e'tirof etish mumkin.



2- rasm: ModelBuilderni ArcGis Prodagi joylashuvi

ModelBuilder yordamida jarayonni avtomatlashtirish bosqichlari. Dastlab, **ModelBuilder** ishchi oynasi ochiladi va unga zarur bo‘lgan B04 hamda B08 kanallariga tegishli tayllar (tiles) kiritiladi.

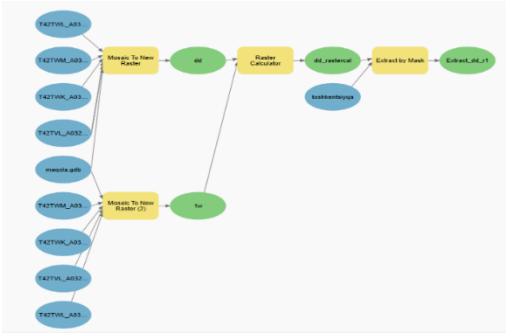
Tools (Asboblar) panelidan **Mosaic to New Raster** vositasi qidirib topilib, ishchi oynaga 2 marta qo‘shiladi. Kiritilgan B04 tayllari birinchi **Mosaic to New Raster** vositasiga, B08 tayllari esa ikkinchisiga bog‘lanadi. Shundan so‘ng, har ikkala vositaning parametrlari sozlanib, natijaviy fayllar saqlanadigan manzil va qancha ma'lumot birlashtirilayotgani ko‘rsatib o‘tiladi.

Tools panelidan **Raster Calculator** vositasi ishchi oynaga qo‘shiladi. Ikkita **Mosaic to New Raster** amali natijasida hosil bo‘lgan ma'lumotlar **Raster Calculator** vositasiga bog‘lanadi. So‘ngra, ushbu vosita sozlamalariga kirib, NDVI indeksini hisoblash formulasi kiritiladi hamda natijaviy faylning saqlash manzili va formati belgilanadi.

Navbatdagi qadamda **Tools** panelidan **Extract by Mask** vositasi ishchi oynaga kiritilib, **Raster Calculator** natijasi unga bog‘lanadi. Ushbu vosita parametrlari orqali hududni qaysi chegara (vektor fayl) bo‘ylab qirqib olish kerakligi, shuningdek, yakuniy natija qayerga va qanday formatda saqlanishi ko‘rsatiladi.

Tayyor bo‘lgan model **Auto Layout** (avtomatik tartiblash va joylashtirish) funksiyasi yordamida vizual jihatdan tartibga keltiriladi. Barcha jarayonlar to‘g‘ri bog‘langanini tekshirish va ishga tushirish uchun mos ravishda **Validate** va **Run** tugmalari bosiladi.

Natijalar tahlili: Modelni yig‘ish va birinchi NDVI indeksini hisoblash uchun jami **8 daqiqa 43 soniya** talab etildi. Bu jarayonni alohida vositalar bilan (bo'laklab) bajarish vaqtidan bor-yo‘g‘i 23 soniyaga ko‘proqdir. Biroq, tayyor va ishlayotgan model yordamida boshqa sanadagi NDVI indeksini hisoblash amali sinab ko'rilganda, ikkinchi natijani olish uchun atigi 7 **daqiqa 16 soniya** vaqt sarflandi.

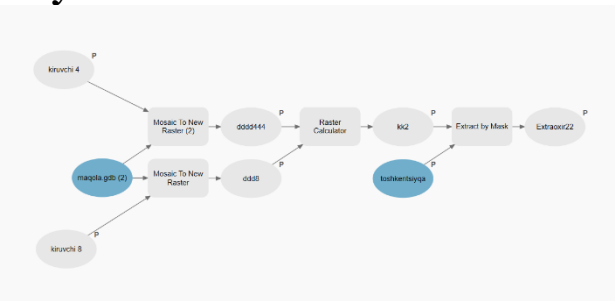


3- rasm: NDVI chiqaruvchi model tuzilishi

Bosqich bo‘yicha xulosa: ModelBuilder vositasi orqali bajarilgan ish jarayoni amallarni alohida (bo‘laklab) bajarishga nisbatan ancha samarali hisoblanadi. Bu usul yuzaga kelishi mumkin bo'lgan xatoliklar ehtimolini kamaytirishga va mutaxassisning foydali ish koeffitsiyenti pasayib ketmasligiga xizmat qiladi.

Modeldan Tool (vosita) yaratish: Model orqali bajarilgan jarayon amallarni alohida bajarishga nisbatan 1 daqiqa 4 soniya vaqtni tejadi, biroq bu biz kutgan yuqori natijaga to'liq mos kelmaydi. Vaqtni yanada ko‘proq tejash maqsadida, tayyor bo‘lgan modelni **parametrlash (Parameterization)** orqali uni maxsus NDVI hisoblovchi **Tool** (vosita) ga aylantiramiz. Bu usul bizni har gal ma'lumotlarni qaytadan kiritish va vositalarni doimiy ravishda sozlab chiqish kabi muammolardan xalos etadi.

Ushbu jarayon quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi: Dastlab, modeldagi aniq bir sanaga tegishli B04 va B08 tayllari (tiles) olib tashlanadi. Ularning o‘rniga **Raster Layer** buyrug‘i asosida 2 ta o‘zgaruvchi qo‘shiladi va ular parametr (Parameter) sifatida belgilanadi. Modeldagi **Mosaic to New Raster**, **Raster Calculator** hamda **Extract by Mask** vositalarining chiquvchi (Output) ma'lumot qismlari ham parametr sifatida sozlanadi. Parametrlangan yakuniy model saqlab olinadi va bazaning (Toolbox) **Tools** bo‘limiga joylashtiriladi. Ushbu parametrlash va yangi Tool yaratish jarayoni uchun jami **1 daqiqa 12 soniya** talab etildi.



4- rasm: NDVI modulining parametrlangan holda yaratilingan (NDVI Toolsi)

Yangi yaratilgan Tool (vosita) natijalari: Ushbu sozlash amallaridan so‘ng, bazamizda (Toolbox) saqlangan yangi **NDVI** vositasini ishga tushiramiz. Ochilgan oynaga tegishli kiruvchi ma'lumotlarni (Input data) va natijaviy fayl nomini kiritib, **Run** tugmasini bosamiz. Ushbu maxsus vosita yordamida bitta sanadagi NDVI indeksini hisoblash uchun jami **5 daqiqa 54 soniya** vaqt sarflandi. Bu ko‘rsatkich oldindan kutilgan samaradorlik natijasiga to‘liq mos keladi. Yakuniy tahlillarga ko'ra, jarayonni alohida vositalar bilan (bo‘laklab) bajarish usuliga nisbatan **2 daqiqa 26 soniya** vaqt tejalishiga erishildi.

Yakuniy natijalar va samaradorlik tahlili: Bitta sanadagi NDVI ma'lumotini alohida vositalar (bo'laklab) yordamida hisoblash uchun 8 daqiqa 20 soniya sarflangan bo'lsa, **ModelBuilder** (yangi yaratilgan Tool) orqali bu ko'rsatkich 5 daqiqa 54 soniyani tashkil etdi. Natijada bitta jarayonning o'zida 2 daqiqa 26 soniya vaqt tejaldi. Endi 10 va undan ko'proq sanalar uchun NDVI ma'lumotlarini shakllantirishda qancha vaqt tejalishini ko'rib chiqamiz:

1-jadval.

ModelBuilder va an'anaviy usullarda vaqt sarfini taqqoslash ko'rsatkichlari

Bajarish usuli (10 ta sana uchun)	**Sarflangan jami vaqt**
Alohida vositalar bilan (bo'laklab)	1 soat 23 daqiqa 20 soniya
ModelBuilder (Tool) yordamida	59 daqiqa
Tejalgan vaqt (sof samaradorlik)	**24 daqiqa 20 soniya**

Ushbu ma'lumotlar proporsiyasi asosida hisoblasak, 100 kunlik NDVI ma'lumotlarini hisoblashda tejalgan vaqt jami **4 soat 3 daqiqa 20 soniyani** (jami 243 daqiqa) tashkil etadi.

Umumiy xulosa va tavsiyalar: Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, geofazoviy amallarni **ModelBuilder** yordamida avtomatlashtirish vaqtni sezilarli darajada tejashga, ortiqcha inson omili va mexnat sarfini kamaytirishga, shuningdek, mutaxassisning foydali ish koeffitsiyentini pasayishiga yo'l qo'ymaslikka xizmat qiladi. Shu sababli, oliy ta'lim muassasalarida talabalarga va sohaga kirib kelayotgan yosh kadrlarga **ModelBuilder** dasturining qulayliklari hamda uni amaliyotda qo'llash usullarini chuqurroq o'rgatish maqsadga muvofiqdir. Bu yondashuv kelajakda Geodeziya va geoinformatika yo'nalishida yetishib chiqayotgan mutaxassislarning yuqori malakali va zamonaviy texnologiyalarni mukammal o'zlashtirgan kadrlar bo'lib shakllanishiga bevosita zamin yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Safarov E.Yu., Musayev I.M. va boshq. Geografik axborot tizimlari va texnologiyalari.

2. Babajanov A.R., Murodov M.M. Geodeziya va geoinformatika. Toshkent.

3. Safarov E.Yu. Masofadan turib zondlash asoslari.

4.https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/analyze/modelbuilder/what-is-modelbuilder.htm

5.https://www.esri.com/about/newsroom/arcuser/modelbuilder-101-for-arcgis-pro-users-who-want-to-automate-workflows/

6. ESA (European Space Agency). Sentinel-2 User Handbook. (2015) *ilmiy rahbar*- **Muslimbekov**

7. Baxodir Mirza o‘g‘li - “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti Geodeziya va geoinformatika kafedrasi assistenti.

UDK: 314:004.9:528.9:004.738.5

GAT VA KARTOGRAFIK METODLAR ASOSIDA DEMOGRAFIK KO‘RSATKICHLARNING VEB-ILOVASINI TAKOMILLASHTIRISH

Ergasheva Nigina Odiljonovna *- “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti mustaqil tadqiqotchi*

Zarifov Jamshidbek Davronbek o‘g‘li *- “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti talabasi*

Anotatsiya: *Bugungi kunda mavzuli kartalar va planlarni yaratish, ma’lumotlar bazasini shakllantirish, vizuallashtirish GAT texnologiyalarining asosiy yo’nalishlaridan biri bo’lib kelmoqda. Demografik xaritalarni, veb-xaritalarda tasvirlash bugungi kunda Kartografiya sohasidagi eng optimal uslublardan biri bo’lib xizmat qiladi. Ushbu maqola ArcGIS Pro va ArcGIS Online dasturlaridan foydalanib O’zbekiston Respublikasida qayd etilayotgan tug'ilish soni viloyatlar kesimidagi ko’rsatkichlari veb ilovasi yaratilgan.*

Kalit so’zlar: *ArcGIS Pro va ArcGIS Online dasturlari, veb xarita, demografik ko’rsatgich.*

Abstract*: Today, creating thematic maps and plans, forming a database, and visualization are one of the main directions of GIS technologies. Depicting demographic maps and web maps is one of the most optimal methods in cartography today. This article uses the ArcGIS Pro and ArcGIS Online programs to create a web application of the indicators of the number of births recorded in the regions of the Republic of Uzbekistan.*

Keywords*: ArcGIS Pro and ArcGIS Online programs, web map, demographic indicator.*

Аннотация*: Сегодня создание тематических карточек и планов, формирование базы данных и визуализация являются одним из основных направлений GAT-технологий. Изображение на демографических картах и веб-картах сегодня является одним из наиболее оптимальных методов в картографии. В данной статье используются программы ArcGIS Pro и ArcGIS Online для создания веб-приложения показателей количества рождений, зарегистрированных в регионах Республики Узбекистан.*

Ключевые слова*: программы ArcGIS Pro и ArcGIS Online, веб-карта, демографический показатель.*

Kirish

Markaziy Osiyoda joylashgan O‘zbekiston boy tarixga va xilma-xil aholiga ega. Demografik ko'rsatkichlarni tushunish siyosatchilar, tadqiqotchilar va biznes uchun juda muhimdir. Ushbu maqolada O'zbekiston aholisining demografik ko'rsatkichlarini veb-xaritalash vositalari, xususan ArcGIS Online va ArcGIS Pro yordamida tasvirlashni muhokama qilinadi. Demografik ko'rsatkichlar aholining xususiyatlari, jumladan, yosh taqsimoti, jinslar nisbati, aholi zichligi va urbanizatsiya haqida muhim ma'lumotlarni beradi [1]. Ushbu ko'rsatkichlarni xaritalash orqali biz aholi o’rtasidagi o’zgarishlar dinamikasi, tendentsiyalar va nomutanosibliklar haqida tushunchaga ega bo'lishimiz mumkin [2]. Veb-xaritalarning bir nechta asosiy ustunliklari mavjud.

- Veb-xaritalar foydalanuvchilarga internetga ulangan

dunyoning istalgan nuqtasidan demografik ma'lumotlarga kirish imkonini beradi. Qog'oz xaritalar bilan bunday global foydalanish imkoniyati mavjud emas [1].

❖ Veb-xaritalar foydalanuvchilarga istalgan vaqtda demografik ma'lumotlarga kirish uchun moslashuvchanlikni ta'minlaydi [2].

❖ Veb-xaritalar demografik ma'lumotlarni dinamik ravishda taqdim etish imkonini beradi. Foydalanuvchilar aniq demografik tendentsiyalarni ko'rish uchun xarita bilan o'zaro aloqada bo'lishlari, kattalashtirish/kichraytirish, panorama qilish va filtrlarni qo'llashlari mumkin [3].

❖ Veb-xaritalar real vaqt rejimida yangilanishi mumkin, bu esa foydalanuvchilarning har doim eng so'nggi demografik ma'lumotlarga kirishini ta'minlaydi [4].

❖ Veb-xaritalar demografik ma'lumotlarni boshqa tegishli fazoviy ma'lumotlar to'plamlari bilan birlashtirgan holda bir nechta ma'lumotlar qatlamlarini birlashtirishi mumkin. Bu tahlilning chuqurligi va boyligini oshiradi [5].

❖ Veb-xaritalar tashqi maʼlumotlar bazalariga bogʻlanishi mumkin, bu esa foydalanuvchilarga xaritaning maʼlum funksiyalarini bosish orqali batafsil demografik maʼlumotlarni olish imkonini beradi [6].

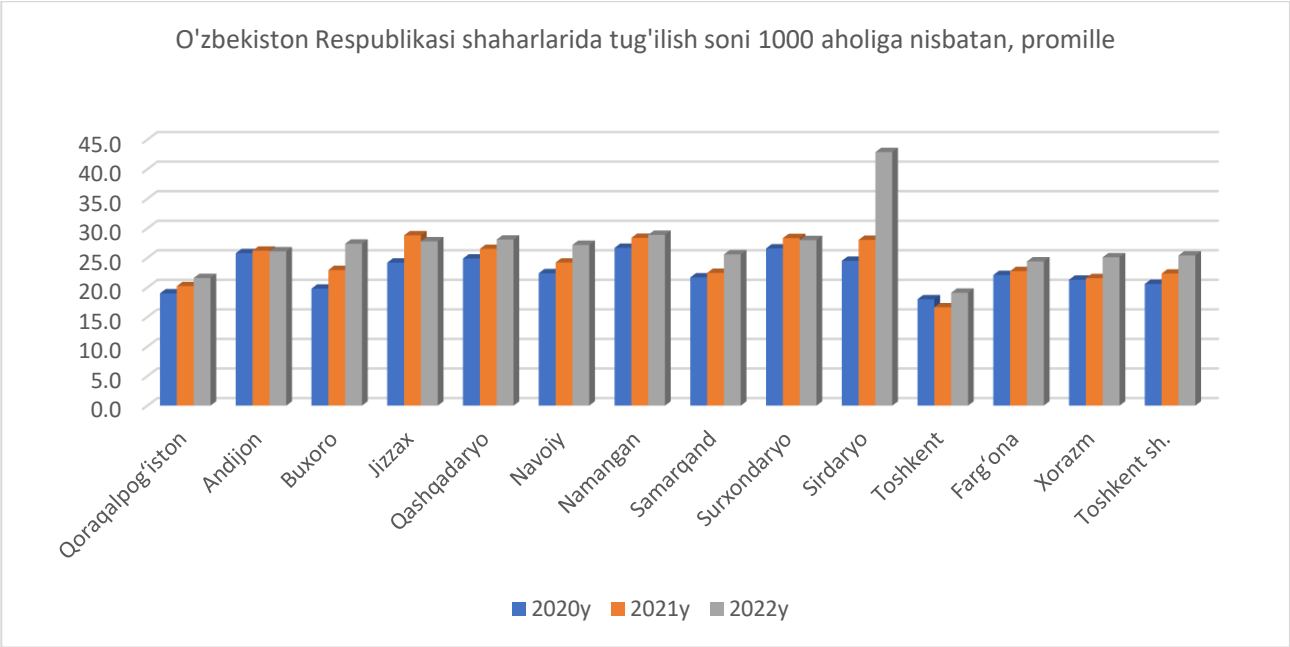
❖ Veb-xaritalar oson almashish va hamkorlikni osonlashtiradi. Foydalanuvchilar xarita havolalarini hamkasblari bilan baham ko'rishlari yoki xaritalarni hisobotlar va veb-saytlarga joylashtirishlari mumkin, bu hamkorlik va ma'lumotlarning tarqalishiga yordam beradi [7].

❖ Interaktiv veb-xaritalar foydalanuvchilar uchun fikr-mulohazalar yoki sharhlar bilan ta'minlash, jamiyatning faolligini oshirish uchun xususiyatlarni o'z ichiga olishi mumkin [6].

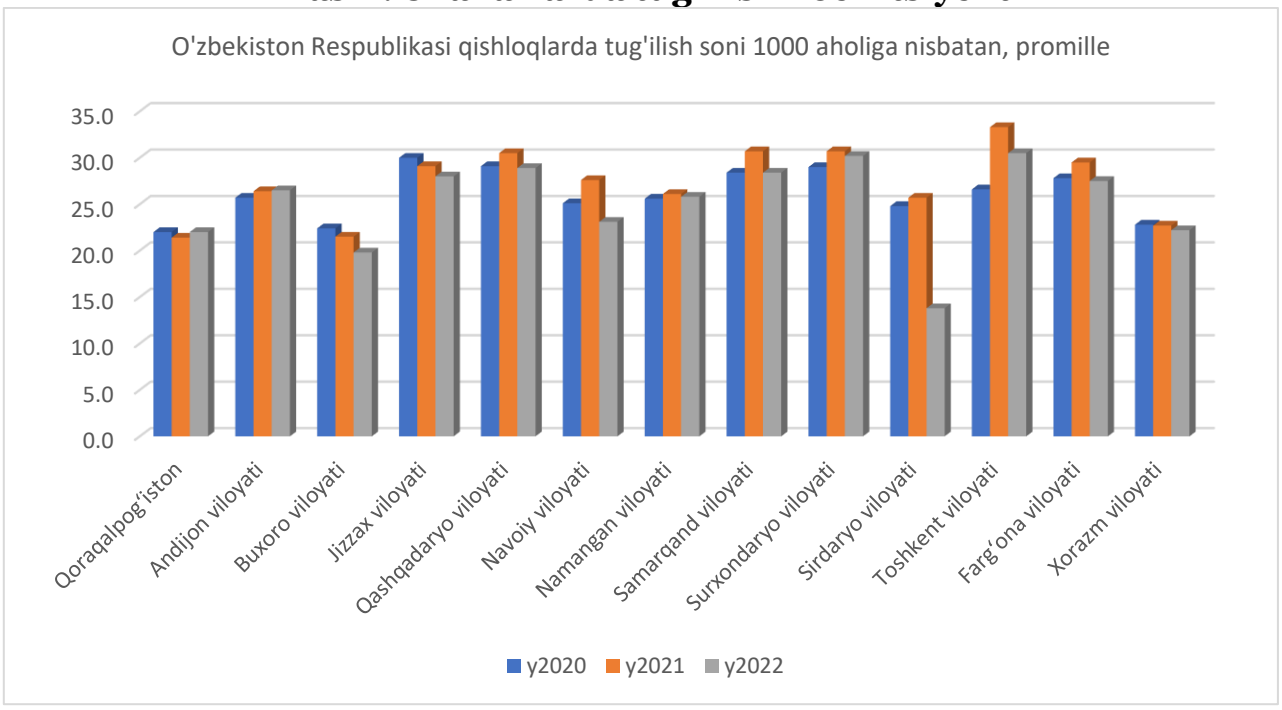
❖ Foydalanuvchilar o'zlarining demografik qiziqishlari asosida o'z qarashlarini sozlashlari mumkin. Bu moslashuvchanlikni statik qog'oz xaritalar bilan amalga oshirish mumkin emas [7].

❖ Veb-xaritalar katta hajmdagi qogʻoz xaritalarni chop etish zaruratini yoʻq qiladi, bu esa xarajatlarni tejash imkonini beradi. Xulosa qilib aytganda, demografik ma'lumotlarning veb-xaritasi mavjudlik, interaktivlik, hamkorlik va moslashtirishni yaxshilaydi va an'anaviy qog'ozga asoslangan xaritalarga nisbatan tejamkor va ekologik toza echimlarni taklif qiladi [8-9].

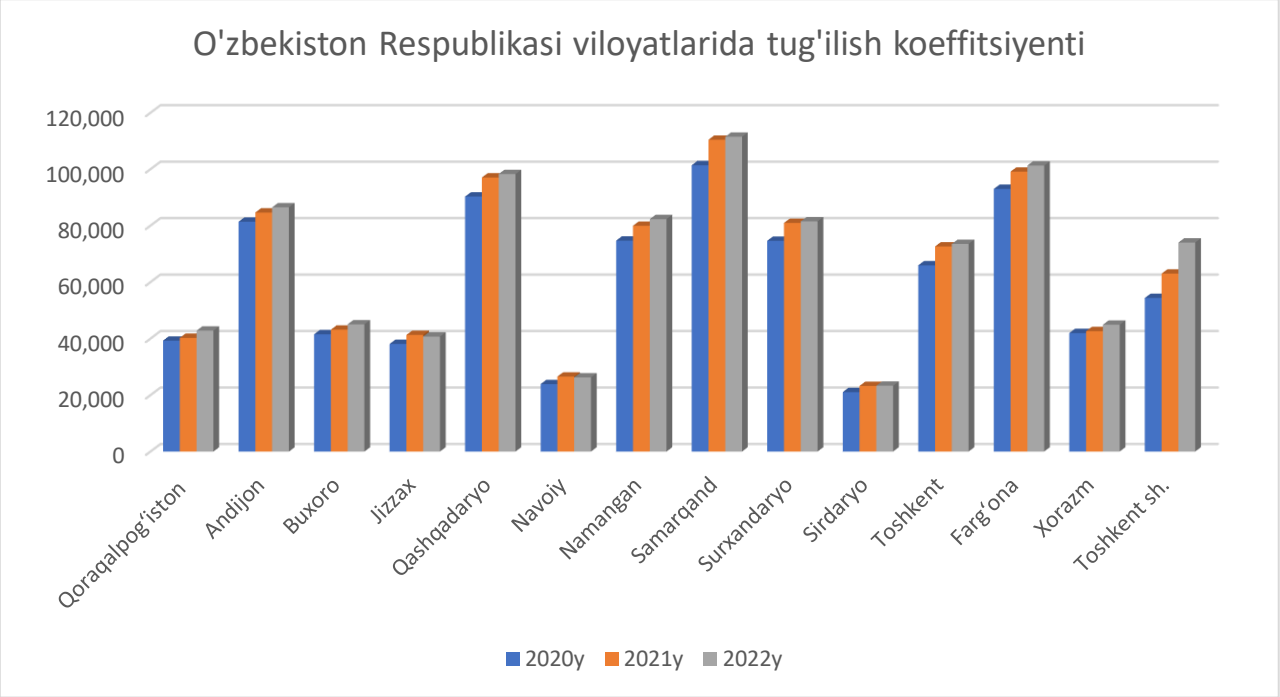
Tahlil va natijalar: Bu tadqiqotimizni amalga oshirish uchun O’zbekiston Respublikasining oxirgi uch yillik tug’ulish sonini qishloq va shaharlarda qay darajada ekanligini ko’rib chiqishimiz kerak bo’ladi. Oʻzbekiston boʻyicha demografik maʼlumotlarni milliy statistika agentliklari, Birlashgan Millatlar Tashkiloti kabi xalqaro tashkilotlar yoki nufuzli tadqiqot institutlari kabi ishonchli manbalardan toʻplashimiz mumkin.



1-rasm. Shaharlarda tug'ilish koeffitsiyenti



2-rasm. Qishloqlarda tug'ilish koeffitsiyenti



3-rasm. Respublika bo'yicha jami tug'ilish koeffitsiyenti

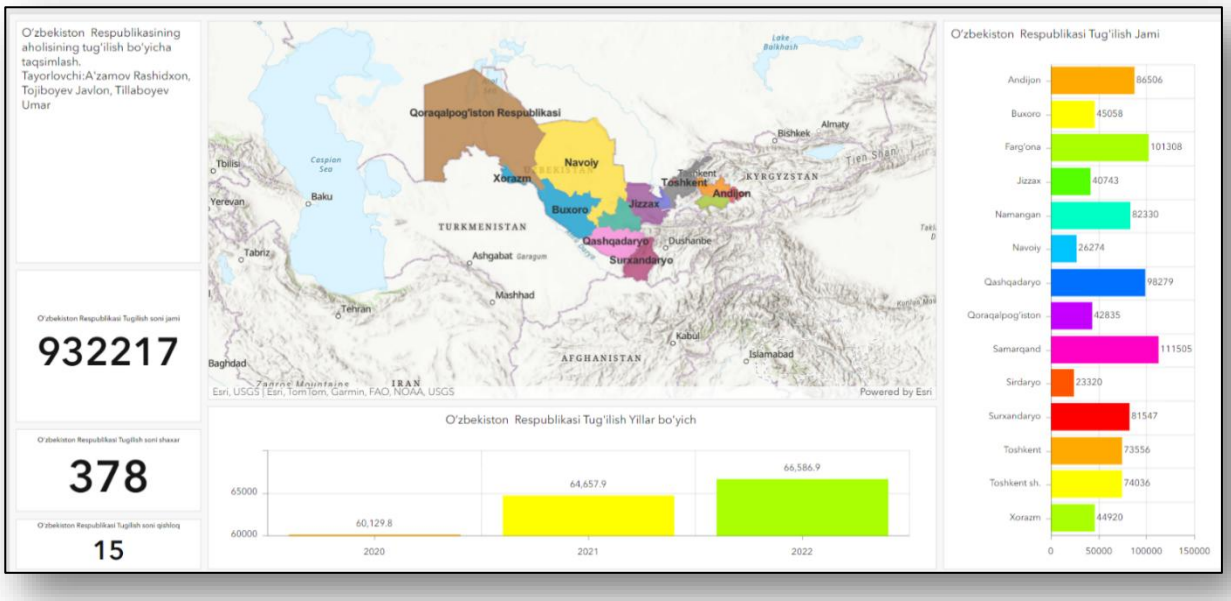
Veb-xaritani yaratish uchun ArcGIS Online kabi veb-xaritalash platformasini tanlash lozim. Demografik ma'lumotlarni tanlangan veb-xaritalash platformasiga yuklab olib, ArcGIS Online dan foydalangan holda, ma'lumotlarni to'g'ridan-to'g'ri ArcGIS Online hisobimizga yuklab olish mumkin.

O'zbekiston Respublikasida tug'ilish sonini aks ettiruvchi demografik veb-xaritani yaratish uchun biz tug'ilish koeffitsiyenti ko'rsatkichini tanladik. Maqsadga ko'r ushbu uslub bo'yicha boshqa turdagi ko'rsatkichlaning veb-ilovasini yaratish mumkin. Ular turli mintaqalarda yoki aholi punktlarida turli yillar yoki davrlar haqida ma'lumotni o'z ichiga olishi mumkin. Veb-xaritani yaratish uchun ArcGIS Online kabi GAT vositalaridan foydalanamiz.

Xaritada tug'ilish sonini ko'rsatish uchun ma'lumotlar qatlami uslubini sozlab. Tug'ilish sonidagi farqlarni yaxshiroq ifodalash uchun biz turli xil ranglar, belgilar o'lchamlaridan foydalanishimiz mumkin. Ma'lumotlar qatlami uchun qalqib chiquvchi oynalarni sozlaymiz, shunda hududlar yoki aholi punktlari bo'ylab harakatlanayotganda tug'ilish soni haqida ma'lumot ko'rsatiladi. Ulashish yoki cheklangan foydalanuvchilar uchun veb-kartani nashr etamiz. Veb-xaritaga havolani olamiz, shunda u veb-saytlarga osongina joylashtirilishi yoki jamoat kirishida ishlatilishi mumkin.

Ushbu veb xaritani ko'rish uchun quyidagi havola orqali kiriladi:

https://www.arcgis.com/apps/dashboards/c6420286c508450aa3677e494d6a138d



4-rasm. Veb-ilovaning interfeysi.

Tadqiqot natijalarining muhokamasi va xulosa. Shuni ta'kidlash kerakki, tug'ilish soni bo'yicha demografik veb-xaritani yaratish uchun ArcGIS Online kabi ixtisoslashtirilgan GIS dasturi talab qilinadi va O'zbekiston Respublikasida tug'ilish darajasi to'g'risidagi ma'lumotlar mavjud bo'lishi kerak. Xulosa qilib aytadigan bo'lsak, O'zbekiston Respublikasi aholisining demografik ko'rsatkichlarini veb-xaritada tasvirlash mamlakat aholisi dinamikasini tushunish va vizualizatsiya qilish uchun kuchli vositani taqdim etadi. Yosh taqsimoti, aholi zichligi, urbanizatsiya sur'atlari va migratsiya naqshlari kabi turli demografik ma'lumotlarni birlashtirish orqali veb-xarita manfaatdor tomonlarga O'zbekiston aholisining fazoviy taqsimoti va tendentsiyalari haqida qimmatli tushunchalar beradi. Bundan tashqari, demografik ko'rsatkichlarni tasvirlash uchun veb-xaritadan foydalanish vaqt o'tishi bilan qo'shimcha ma'lumotlar to'plamlari va funktsiyalarni birlashtirishga imkon beruvchi miqyosni taklif qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. *Lola X. Gulyamova, Dilshod N. Rakhmonov* Concept of an integration of open data for socio-economic mapping in Uzbekistan DOI: 10.35595/2414-9179-2022-1-28-58-68

2. *Rubén Camilo Lois González, María Luísa Del Rio Araujo, Aleksandra Kim* the potential attractiveness of Uzbekistan. Designing strategies to promote the central Asian republic by analyzing official tourism image and conducting at-destination surveys

3. *Davies T., Walke, S., Rubinstein M., Perin, F. (Eds.).* The State of Open Data: Histories and Horizons. African Minds and International Development Research Centre. Cape Town and Ottawa: African Minds and International Development Research Centre, 2019.

4. *Duckham M., Arnold L., Armstrong K., McMeekin D., Mottolini D.* Towards a Spatial Knowledge Infrastructure. White Paper. Australia and New Zealand Cooperative Research Centre for Spatial Information (CRCSI), 2017.

5. *Fatehkia M., Tingzon I., Orden A., Sy S., Sekara V., Garcia-Herranz M., Weber I.* Mapping

socioeconomic indicators using social media advertising data. EPJ Data Science, 2020.

6. Musayev I., Abduraxmonov S. Aholi kartalarini tuzishda integratsiyalash ishlari va jarayonlarni vizuallashtirish. Geography: Nature and Society. vol1, issue1. 2020 http://dx.doi.org/10.26739/2181-0843-2020-1-11

7. Abdurakhmonov S., Abdurahmanov I., Murodova D., Pardaboyev A., Mirjalolov N., Djurayev A. Development of demographic mapping method based on GIS technologies. ИнтерКарто. ИнтерГИС, 2020. Vol26, issue1. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-1-26-319-328

8. Abdurakhmanov S. Development of data on the creation of maps of demographic processes in the system of geographic information technology / / XXI International scientific and practical conference Advances in Science and Technology. RUSSIA in June 2019.

9. Safarov E., Prenov Sh. Kartografiya va Geovizuallashtirish. Toshkent – 2015. 104-123 betlar.

UDK: 528.8:332.3

KOORDINATALAR ASOSIDA YER MAYDONINI ANIQLASHDA GEOAXBOROT TEXNOLOGIYALARI VA GEOCALC.UZ WEB-PLATFORMASI

Toirov Azizbek Muzaffar o‘g‘li *– “Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari institut” Milliy tadqiqot universiteti*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada GeoCalc.uz web-platformasi misolida geografik koordinatalar asosida yer maydonini aniqlashning nazariy, algoritmik va amaliy jihatlari tizimli ravishda yoritiladi. Platforma WGS-84 geodezik tizimida ishlaydi, foydalanuvchi kiritgan nuqtalarni yagona formatga keltiradi, ular asosida poligon hosil qiladi va maydonni avtomatik hisoblaydi. Tadqiqot doirasida koordinatalarni oldindan tekshirish, GMS formatidan o'nli gradusga o'tkazish, poligonni xaritada vizuallashtirish, kichik hududlar uchun Shoelace formulasi hamda katta hududlar uchun Haversine formulasi sferik-geodezik yondashuvlardan foydalanish tamoyillari ko'rib chiqildi. Natijalar GeoCalc.uz platformasi maydonni tezkor hisoblash, natijani m², gektar va km² ko'rinishida taqdim etish, shuningdek foydalanuvchiga hisoblash jarayonini vizual nazorat qilish imkonini berishini ko'rsatadi. Ishning amaliy ahamiyati geodeziya, kadastr, kartografiya va GIS jarayonlarida raqamli xizmatlardan samarali foydalanish imkoniyatini asoslash bilan belgilanadi.*

Kalit so'zlar: *WGS-84 GeoCalc.uz, GIS, web-platforma, Shoelace formulasi, Haversine formulasi.*

Аннотация. *В данной статье на примере веб-платформы GeoCalc.uz системно рассматриваются теоретические, алгоритмические и практические аспекты определения площади земельного участка на основе географических координат. Платформа функционирует в геодезической системе WGS-84, приводит введённые пользователем точки к единому формату, формирует на их основе полигон и автоматически вычисляет его площадь. В рамках исследования были рассмотрены принципы предварительной проверки координат, преобразования из формата ГМС*

(градусы, минуты, секунды) в десятичные градусы, визуализации полигона на карте, а также применение формулы «шнуровки» (Shoelace) для малых территорий и формулы Хаверсина (Haversine) как сферико-геодезического подхода для крупных территорий. Результаты показывают, что платформа GeoCalc.uz обеспечивает оперативный расчёт площади, представление результатов в м², гектарах и км², а также предоставляет пользователю возможность визуального контроля процесса вычислений. Практическая значимость работы заключается в обосновании эффективного использования цифровых сервисов в процессах геодезии, кадастра, картографии и ГИС.

Ключевые слова: *WGS-84, GeoCalc.uz, ГИС, веб-платформа, формула «шнуровки», формула Хаверсина.*

Abstract. *This article systematically examines the theoretical, algorithmic, and practical aspects of determining land area based on geographic coordinates using the example of the GeoCalc.uz web platform. The platform operates within the WGS-84 geodetic system, converts user-entered points into a unified format, constructs a polygon based on these points, and automatically calculates its area.*
Within the scope of the study, the principles of preliminary coordinate validation, conversion from DMS (degrees, minutes, seconds) format to decimal degrees, polygon visualization on a map, as well as the application of the Shoelace formula for small areas and the Haversine formula as a spherical-geodetic approach for large areas were analyzed. The results demonstrate that the GeoCalc.uz platform enables fast area calculation, presents results in m², hectares, and km², and provides users with the ability to visually monitor the calculation process. The practical significance of the work lies in substantiating the effective use of digital services in geodesy, cadastre, cartography, and GIS processes.

Keywords: *WGS-84, GeoCalc.uz, GIS, web platform, Shoelace formula, Haversine formula.*

KIRISH. Yer maydonini aniq hisoblash geodeziya va kadastr sohalarining asosiy vazifalaridan biridir. Yer uchastkalarining chegaralarini belgilash, ulardan foydalanishni rejalashtirish, huquqiy ro'yxatdan o'tkazish va iqtisodiy baholash jarayonlari maydonni to'g'ri aniqlashga bevosita bog'liq. Mazkur jarayonlarda hisoblashdagi xatolik nafaqat texnik, balki huquqiy va iqtisodiy oqibatlarga ham olib kelishi mumkin.

An'anaviy yondashuvlarda maydonni aniqlash uchun geodezik o'lchovlar, topografik materiallar va qo'lda bajariladigan hisob-kitoblardan foydalaniladi. Bunday usullar amaliy jihatdan ishonchli bo'lsa-da, ko'p hollarda vaqt talab qiladi, inson omilidan kelib chiqadigan xatolik ehtimolini oshiradi va natijani tezkor qayta tekshirish imkoniyatini cheklaydi. Shu sababli so'nggi yillarda geoinformatsion tizimlar, raqamli xaritalar va web-platformalarga asoslangan avtomatlashtirilgan hisoblash vositalarining ahamiyati ortib bormoqda.

GeoCalc.uz platformasi aynan shu ehtiyojdan kelib chiqib ishlab chiqilgan bo'lib, foydalanuvchi kiritgan koordinatalar asosida yopiq poligon hosil qiladi hamda tanlangan hisoblash yondashuvi yordamida uning maydonini aniqlaydi. Platformaning

afzalligi faqat maydonni hisoblash bilan cheklanmaydi foydalanuvchi uchun tushunarli birliklarda chiqaradi va amaliy ishlash zanjirini soddalashtiradi.

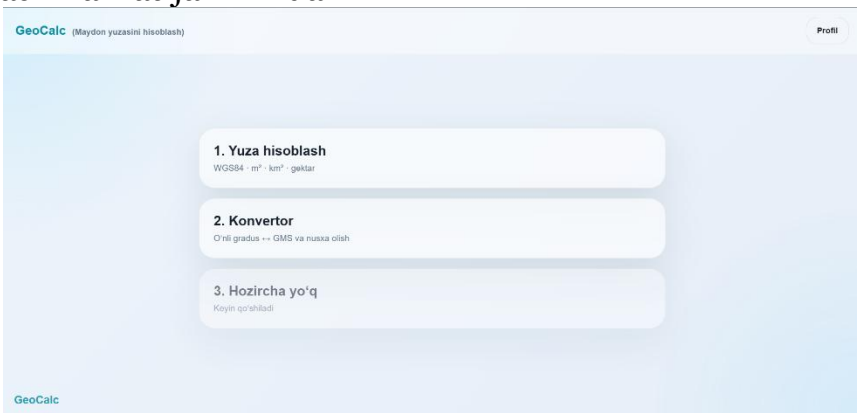
Mazkur maqolaning maqsadi GeoCalc.uz platformasi misolida koordinatalar asosida yer maydonini aniqlashning metodik asoslarini izohlash, hisoblash jarayonining mantiqiy bosqichlarini tizimlashtirish hamda platformaning amaliy ahamiyatini ilmiy uslubda yoritishdan iborat. Tadqiqotning vazifalari sifatida koordinatalarni qayta ishlash mexanizmini tavsiflash, maydonni aniqlashda qo'llaniladigan asosiy formulalarni ko'rsatish, platformaning funksional imkoniyatlarini tahlil qilish va uning qo'llanish chegaralarini belgilash qaraldi.

Tadqiqotning amaliy hissasi. Ishda GeoCalc.uz platformasining ishlash ketma-ketligi yagona metodik zanjir ko'rinishida bayon qilindi: koordinatalarni kiritish va tekshirish, formatlarni standartlashtirish, poligon qurish, maydonni hisoblash va natijani vizual taqdim etish. Mazkur yondashuv platformani geodeziya, kadastr va GIS amaliyotiga moslashtirish nuqtai nazaridan ahamiyatlidir.

Materiallar va metodlar

2.1. Tadqiqot obyekti va ma'lumot manbalari. Tadqiqot obyekti sifatida geografik koordinatalar yordamida yer maydonini aniqlash jarayoni va ushbu jarayonni avtomatlashtiruvchi GeoCalc.uz web-platformasi tanlandi. Tadqiqotda WGS84 geodezik tizimidagi kenglik va uzunlik koordinatalari, foydalanuvchi tomonidan kiritilgan nuqtalar ketma-ketligi, test maqsadlarida olingan yer uchastkasi konturlari hamda ochiq kartografik asoslar ishlatildi.

Mazkur ma'lumotlar asosida platformaning kirish-chiqish zanjiri tahlil qilindi. Bunda koordinatalarning format birligi, nuqtalar tartibi, poligonning yopiq yoki yopiq emasligi, natijaning vizual aks etishi va maydonni hisoblashdagi matematik asoslar alohida ko'rib chiqildi.



1-rasm. GeoCalc.uz platformasining bosh sahifasi va asosiy bo'limlari

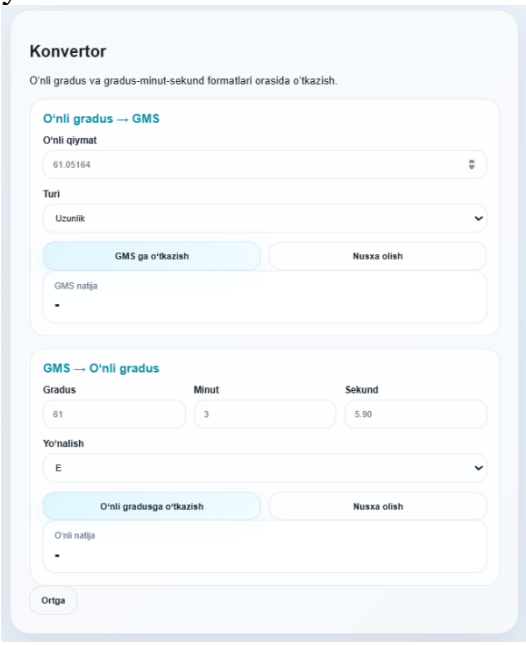
2.2. Koordinatalarni tayyorlash va standartlashtirish. Foydalanuvchi kiritgan koordinatalar hisoblashdan oldin sintaktik va mantiqiy tekshiruvdan o'tkaziladi. Dastlab kenglik va uzunlik qiymatlarining diapazoni nazorat qilinadi, keyin kiritilgan ma'lumot bir xil tuzilishga keltiriladi. Amaliyotda koordinatalar odatda ikki shaklda uchraydi: o'nli gradus ko'rinishida hamda gradus-minut-sekund (GMS) ko'rinishida.

GMS formatidagi koordinatani o'nli gradusga o'tkazish uchun quyidagi munosabatdan foydalaniladi:

$$G = d + \frac{m}{60} + \frac{s}{3600}$$

bu yerda G= o'nli gradus, d - gradus, m - minut, s - sekund.

Standartlashtirilgan koordinatalar keyingi bosqichda yagona massiv sifatida saqlanadi. Bu yondashuv keyingi hisoblashlarni soddalashtiradi, formatlar aralashib ketishining oldini oladi va foydalanuvchiga kiritilgan ma'lumotni qayta tekshirish imkonini beradi.



2-rasm. GMS va o'nli gradus formatlari o'rtasidagi konvertatsiya oynasi

2.3. Poligon hosil qilish algoritmi. Koordinatalar standartlashtirilgach, ular kiritilish ketma-ketligiga ko'ra tekislik yoki xarita yuzasida nuqtalar majmui sifatida joylashtiriladi. Agar foydalanuvchi oxirgi nuqtani birinchi nuqta bilan yakunlamagan bo'lsa, tizim poligonni yopish uchun birinchi nuqtani yakuniy nuqta sifatida ulaydi. Shundan so'ng nuqtalar orasida qirralar hosil qilinadi va yopiq kontur shakllantiriladi.

Poligon qurish jarayonida ikki muhim jihat nazorat qilinadi: birinchisi, nuqtalarning tartibi buzilmasligi; ikkinchisi, foydalanuvchi kiritgan kontur o'z-o'zini kesib o'tmasligi. Vizual aks ettirish ushbu xatoliklarni tez aniqlashga yordam beradi va maydonni hisoblashdan oldin foydalanuvchiga chegaralarni ko'z bilan tekshirish imkonini beradi.



3-rasm. Koordinatalar asosida poligonni avtomatik qurish jarayoni

2.4. Maydonni hisoblash metodikasi. GeoCalc.uz platformasida maydonni aniqlash uchun uch bosqichli mantiqdan foydalaniladi: kichik hududlar uchun tezkor tekislik yondashuvi, katta hududlar uchun sferik-geodezik tuzatishlar va qo'shimcha nazorat sifatida nuqtalar orasidagi masofalarni tekshirish. Tanlov hudud o'lchami, koordinatalar zichligi va talab qilinadigan aniqlik darajasiga qarab amalga oshiriladi.

a) Shoelace formulasi. Kichik maydonli konturlar uchun poligon yuzi Dekart tekisligidagi klassik Shoelace formulasi orqali hisoblanadi. Mazkur formula hisoblash jihatidan sodda bo'lib, koordinatalar proyeksiyalangan yoki lokal tekislikka yaqinlashgan hollarda samarali natija beradi.

$$S = \frac{1}{2}\left|\sum_{i=1}^{n}(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)\right|$$

bu yerda S - poligon maydoni, x_i va y_i - i-nuqta koordinatalari.

b) Sferik-geodezik yondashuv. Hudud kattalashgan sari Yer sirtini tekislik sifatida qabul qilish xatolikni oshirishi mumkin. Shu sababli katta uchastkalar uchun WGS84 tizimi va Yer sirtining egri tabiatini hisobga oluvchi sferik-geodezik yondashuvlardan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi. Mazkur yondashuvda nuqtalarning geografik tabiatidan kelib chiqib maydonni aniqlashda geodezik tuzatishlar qo'llanadi.

c) Haversine formulasi yordamida masofani nazorat qilish. Poligon qirralarining mantiqiyligini tekshirish va segment uzunliklarini aniqlashda Haversine formulasi qo'llanilishi mumkin. U ikki geografik nuqta orasidagi sferik masofani hisoblab, kiritilgan konturda noaniq yoki adashib kiritilgan nuqtalarni topishda yordam beradi.

$$d = 2R \cdot arcsin\left(\sqrt{\left(sin^2\left((\varphi^2 - \varphi^1)/2\right) + cos\varphi^1 \cdot cos\varphi^2 \cdot sin^2\left((\lambda^2 - \lambda^1)/2\right)\right)}\right)$$

bu yerda d - ikki nuqta orasidagi masofa, R - Yer radiusi, φ - kenglik, λ - uzunlik.

2.5. Hisoblash yondashuvlarini taqqoslash. Hisoblash usulini to'g'ri tanlash platformaning aniqligi va ishlash tezligiga bevosita ta'sir qiladi. 1-jadvalda GeoCalc.uz uchun mos keladigan asosiy yondashuvlar umumlashtirilgan.

1-jadval.

GeoCalc.uz platformasida qo'llaniladigan asosiy hisoblash yondashuvlari

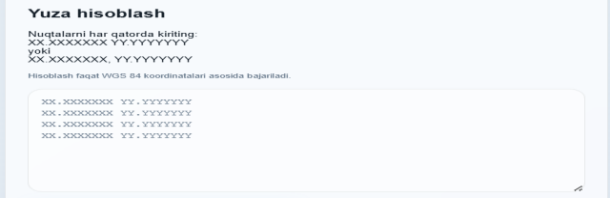
Yondashuv	Qo'llanish sohasi	Afzalligi	Cheklovi
Shoelace formulasi	Kichik va lokal hududlar	Hisoblash tez, algoritmi sodda	Katta hududlarda tekislik xatoligi oshishi mumkin
Sferik-geodezik yondashuv	Kengroq hududlar va yuqori aniqlik talabi	Yer sirtining egri tabiati hisobga olinadi	Hisoblash nisbatan murakkabroq
Haversine tekshiruvi	Qirra uzunliklarini nazorat qilish	Kiritilgan nuqtalardagi noaniqlikni aniqlashga yordam beradi	Maydonni bevosita bermaydi, yordamchi usul hisoblanadi

3. Platformaning ishlash ketma-ketligi. Platformaning funksional mantiqi quyidagi ketma-ket bosqichlarda ishlaydi:

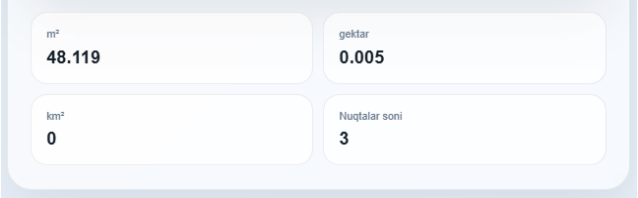
- foydalanuvchi koordinatalarni qo'lda kiritadi yoki tayyor ro'yxatdan nusxa ko'chiradi;
- tizim koordinatalarning formatini tekshiradi va zarur bo'lsa, ularni o'nli gradusga o'tkazadi;
- nuqtalar xaritada joylashtiriladi va yopiq poligon shakllantiriladi;
- mos hisoblash usuli yordamida maydon aniqlanadi;

• natija m², gektar va hollarda km² ko'rinishida chiqariladi;

• foydalanuvchi vizual tasvir orqali kontur to'g'riligini qo'shimcha tekshiradi.



4-rasm. Koordinatalarni kiritish va yuzani hisoblash oynasi



5-rasm. Hisoblangan maydon natijasining platformadagi ko'rinishi

4. Natijalar va tahlil. GeoCalc.uz platformasi bilan ishlash ssenariylari tahlili shuni ko'rsatadiki, tizim foydalanuvchi kiritgan koordinatalarni qayta ishlashdan boshlab yakuniy natijani chiqarishgacha bo'lgan jarayonni yagona xizmat doirasida bajaradi. Shu bilan, an'anaviy tarzda alohida bajariladigan bir nechta amallar - formatlarni moslashtirish, kontur chizish, maydonni hisoblash va natijani turli birliklarga o'tkazish - bitta ish jarayoniga birlashtiriladi.

Platformaning asosiy amaliy ustunligi hisoblash natijasining faqat son ko'rinishida emas, balki xaritadagi vizual tasdiq bilan birga berilishidadir. Bu foydalanuvchiga nuqtalar ketma-ketligi xato kiritilgan holatlarni tez aniqlashga yordam beradi. Natija bir nechta birliklarda taqdim etilishi esa geodeziya va kadastr amaliyotida zarur bo'lgan tezkor interpretatsiyani osonlashtiradi.

Mazkur ishning mavjud ma'lumotlari sifat jihatdan platformaning qulayligi, hisoblash zanjirining izchilligi va amaliy qo'llanishini asoslashga yetarli. Shu bilan birga, statistik aniqlikni sonli ko'rsatkichlar orqali baholash, masalan, etalon geodezik o'lchovlar bilan solishtirish, o'rtacha xatolikni aniqlash va turli o'lchamdagi uchastkalar bo'yicha benchmark yaratish keyingi tadqiqotlar uchun muhim yo'nalish hisoblanadi.

Muhim kuzatuv. GeoCalc.uz'ning qiymati yangi formulani yaratganida emas, balki mavjud geodezik va matematik yondashuvlarni foydalanuvchi uchun qulay raqamli servis ko'rinishida birlashtirganidadir. Amaliy platformalar uchun aynan shu integratsion yondashuv katta ahamiyatga ega.



6-rasm. Platformaning mobil qurilmadagi interfeysi

5. Muhokama. Tahlil natijalari GeoCalc.uz platformasini geodeziya va kadastrga oid ko'plab amaliy vazifalarda dastlabki tezkor hisoblash vositasi sifatida qo'llash mumkinligini ko'rsatadi. Platforma ayniqsa dala o'lchovlaridan keyingi dastlabki tekshiruvlar, kontur chegaralarini tez

ko'rib chiqish, o'quv jarayonlari va kichik loyihalarda qulaydir.

Biroq platformaning imkoniyatlarini baholashda ayrim metodik cheklovlarni ham hisobga olish zarur. Birinchidan, geografik koordinatalar bilan ishlashda kiritilgan nuqtalarning sifati bevosita yakuniy natijaga ta'sir qiladi. Ikkinchidan, katta hududlar uchun soddalashtirilgan tekislik yondashuvlaridan foydalanish xatolikni oshirishi mumkin. Uchinchidan, WGS84 modeli amaliy jihatdan keng qo'llansa-da, real Yer shakli ellipsoid bo'lgani sababli yuqori aniqlik talab qilingan hollarda maxsus geodezik algoritmlar yoki professional dasturiy vositalar zarur bo'lishi mumkin.

Shu nuqtai nazardan, GeoCalc.uz platformasi universal geodezik o'lchov vositasi emas, balki tezkor hisoblash, vizual tekshiruv va raqamli tahlil uchun samarali amaliy xizmat sifatida qaralishi maqsadga muvofiq. Kelgusida platformaga avtomatik xatolik diagnostikasi, koordinatalarni import-eksport qilish, geodezik benchmark moduli va natijalarni PDF yoki hisobot ko'rinishida yuklab olish imkoniyatlarini qo'shish ilmiy-amaliy qiymatini yanada oshiradi.

6. Xulosa. Tadqiqot natijasida GeoCalc.uz web-platformasi koordinatalar asosida yer maydonini aniqlash jarayonini avtomatlashtiruvchi qulay va amaliy raqamli vosita ekani asoslab berildi. Platforma koordinatalarni yagona formatga keltirish, poligon qurish, maydonni hisoblash va natijani vizual hamda sonli ko'rinishda taqdim etish kabi muhim bosqichlarni yagona tizimga birlashtiradi.

Ish davomida GMS formatidan o'nli gradusga o'tkazish, Shoelace formulasi, Haversine formulasi va sferik-geodezik yondashuvlarning amaliy o'rni izohlandi. Tahlil shuni ko'rsatdiki, GeoCalc.uz geodeziya, kadastr, kartografiya va GIS bilan bog'liq ko'plab amaliy vazifalarda foydali xizmat bo'la oladi.

Biroq platformaning ilmiy qiymatini yanada kuchaytirish uchun keyingi bosqichlarda etalon ma'lumotlar bilan eksperimental solishtirish, xatolik ko'rsatkichlarini sonli baholash, turli hudud o'lchamlarida benchmark sinovlari o'tkazish va professional geodezik dasturlar bilan qiyosiy tahlil olib borish tavsiya etiladi. Shu holda GeoCalc.uz nafaqat amaliy servis, balki ilmiy asoslangan raqamli geodezik vosita sifatida ham mustahkamlanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. ZiyoNET axborot-ta’lim portali. (2024). O‘zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi. – https://www.ziyonet.uz

2. O‘zbekiston Milliy kutubxonasi elektron resurslari. (2024). Alisher Navoiy nomidagi O‘zbekiston Milliy kutubxonasi. – https://www.library.uz

3. Arxiv.uz ilmiy-axborot portali. (2024). O‘zbekiston Respublikasi arxiv tizimi elektron resurslari. – https://www.arxiv.uz

UDK: 528.8:631.4

QISHLOQ XO‘JALIGI YERLARIDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGINI SUN’IY YO‘LDOSH MONITORINGI (NDVI INDEKSI) ORQALI BAHOLASH VA PROGNOZLASH

Xanibayev Medeu– *“TIQXMMI” MTU talabasi.*
Muxtorov O‘zbekxon *- PhD, Dotsent*

Annotatsiya: *Ushbu maqolada qishloq xo'jaligi yerlaridan foydalanish samaradorligini sun'iy yo'ldosh masofaviy zondlash texnologiyalari, xususan NDVI (Normalashtirilgan Differensial Vegetatsiya Indeksi) orqali baholash va prognozlash masalalari ko'rib chiqilgan. Tadqiqotda Landsat-8, Sentinel-2 va MODIS sun'iy yo'ldosh ma'lumotlaridan foydalangan holda qishloq xo'jaligi yerlarining vegetatsiya holati tahlil qilingan. NDVI indeksining mavsumiy o'zgarishlari, ekin hosildorligi va er unumdorligi ko'rsatkichlari bilan korrelyatsiyasi o'rganilgan.*

Mashinali o'rganish algoritmlari (Random Forest, LSTM neyron tarmoqlari) yordamida hosildorlik prognozi modellari ishlab chiqilgan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, NDVI asosidagi monitoring tizimi qishloq xo'jaligi yerlaridan foydalanish samaradorligini 85–92% aniqlik darajasida baholash imkonini beradi. Taklif etilgan metodologiya agrar sektorda qaror qabul qilish jarayonlarini optimallashtirish va resurslardan oqilona foydalanishni ta'minlashga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: *NDVI (Normalashtirilgan Differensial Vegetatsiya Indeksi), sun'iy yo'ldosh monitoringi, qishloq xo'jaligi yerlari, masofaviy zondlash (Remote Sensing), vegetatsiya holati, hosildorlik prognozi, Sentinel-2, Landsat-8, MODIS, GIS texnologiyalari, precision agriculture (aniq qishloq xo'jaligi), mavsumiy tahlil, spektral tahlil, Random Forest, LSTM.*

Kirish. Jahon aholisining tez sur'atlar bilan o'sishi, iqlim o'zgarishlari va tabiiy resurslarning cheklanganligi sharoitida qishloq xo'jaligi yerlaridan samarali foydalanish global miqyosdagi dolzarb muammoga aylangan. BMT Oziq-ovqat va qishloq xo'jaligi tashkiloti (FAO) ma'lumotlariga ko'ra, 2050 yilga kelib jahon aholisini oziq-ovqat bilan ta'minlash uchun qishloq xo'jaligi mahsulotlari ishlab chiqarishni kamida 70 foizga oshirish zarurati mavjud. Bu esa mavjud qishloq xo'jaligi yerlaridan yanada samaraliroq foydalanishni talab etadi.

An'anaviy dala tekshiruvlari va yerdan kuzatish usullari vaqt va mehnat jihatdan juda katta xarajat talab qiladi hamda katta hududlarni qamrab olishda cheklangan imkoniyatlarga ega. Bu muammoni hal etishda sun'iy yo'ldosh masofaviy zondlash texnologiyalari muhim rol o'ynamoqda. Ayniqsa, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) — Normalashtirilgan Differensial Vegetatsiya Indeksi — o'simlik qoplamining holatini keng miqyosda, tez va nisbatan arzon narxda baholash imkonini beruvchi eng samarali ko'rsatkichlardan biri sifatida keng tan olingan.

O'zbekiston sharoitida qishloq xo'jaligi yerlarining umumiy maydoni taxminan 4,5 million gektarni tashkil etib, sug'oriladigan yerlar umumiy qishloq xo'jaligi yerlarining 45–50 foizini egallaydi. Respublikamizda paxta, bug'doy, sholi, meva-sabzavot

ekinlarining yuqori hosil olish uchun suv, o'g'it va boshqa resurslardan oqilona foydalanish zarur bo'lib, bu sohadagi qarorlar sun'iy yo'ldosh ma'lumotlariga asoslangan holda yanada samarali bo'lishi mumkin.

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi — Sentinel-2, Landsat-8 va MODIS sun'iy yo'ldoshlari ma'lumotlari asosida NDVI indeksini hisoblash, uning dinamikasini tahlil qilish va mashinali o'rganish usullari yordamida hosildorlikni prognoz qilish metodologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

Asosiy qism. Endi to'liq, ilmiy asosda va ishonchli manbalarga tayangan holda maqolaning asosiy qismini yozaman. Normalashtirilgan Differensial Vegetatsiya Indeksi (NDVI) — o'simlik qoplamining holatini spektral tahlil orqali baholashning eng keng tarqalgan usuli hisoblanadi. NDVI qiyinroq ko'p spektral tasvirlarni soddalashtirish uchun ishlab chiqilgan bo'lib, u qizil va yaqin infraqizil to'lqin uzunliklaridagi ikkita aniq diapazondan hisoblanadigangi keng qo'llaniladi. Indeks −1 dan +1 gacha bo'lgan qiymatlarni beradi: nolga yaqin qiymatlar vegetatsiya yo'qligini, manfiy qiymatlar suv yoki boshqa novegetatsiya sirtlarini, yuqori musbat qiymatlar esa sog'lom va zich o'simlikni bildiradi.

Matematik ifoda quyidagi ko'rinishga ega:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

Bu yerda

NIR — yaqin infraqizil to'lqin uzunligidagi aks ettirish,

RED — qizil to'lqin uzunligidagi aks ettirish koeffitsientidir.

NDVI indeksining hisob-kitobi o'simlik barglarining xlorofill miqdori, barg maydon indeksi (LAI), qoplamning zichligi va tuproq turiga bog'liq holda farq qiladi. Sog'lom o'simliklar ko'rinadigan qizil nurni faol fotosintez uchun yutadi, shu bilan birga hujayra tuzilishi tufayli yaqin infraqizil nurni kuchli aks ettiradi.

Qishloq xo'jaligi amaliyotida NDVI qiymatlarini talqin qilishda quyidagi shkala qo'llaniladi:



Ekin rivojlanishining boshlang'ich bosqichlarida 0,2–0,4 oralig'idagi qiymatlar unib chiqishni bildiradi. O'sish kuchaygan sari NDVI 0,5–0,8 gacha ko'tarilib, kuchli fotosintez va sog'lom biomassani ko'rsatadi. O'simliklar gullash va pishish bosqichiga o'tganda NDVI biroz kamayadi.

1.2. NDVI tadqiqotlarining tarixiy rivojlanishi:

NDVI 1973 yilda Rouse tomonidan birinchi marta taklif etilgan bo'lib, u olimlar o'simlik salomatligini tezda baholash uchun foydalana boshlagan. 1980-yillarda NDVI sun'iy yo'ldosh tasviri bilan birlashtirildi va bu vegetatsiya qoplamini keng miqyosda monitoring qilishni ta'minladi. 1990-yillarda NDVI qishloq xo'jaligi va o'rmon hamda yaylov ekosistemalarini kuzatishda faol qo'llanila boshlandi. Hozirda esa yuqori fazoviy aniqlikdagi sun'iy yo'ldosh tasvirlari va UAV texnologiyalari bilan birgalikda NDVI aniq qishloq xo'jaligi, yer foydalanish xaritalari va ekosistema salomatligi monitoringining asosiy vositasiga aylangan.

NDVI hozirda vegetatsiyani baholash uchun eng ko'p ishlatiladigan indeks hisoblanadi. Bu ko'rsatkichning

ommaviyligi ko'p jihatdan uning har qanday ko'rinadigan va yaqin infraqizil diapazonli datchiklari orqali hisoblanishi mumkinligiga bog'liq bo'lib, ularning narxi va og'irligi tobora kamayib bormoqda.

2. Sun'iy yo'ldosh platformalari va ma'lumot manbalari.

2.1. Asosiy sun'iy yo'ldosh tizimlari

Qishloq xo'jaligi monitoringida uchta asosiy sun'iy yo'ldosh platformasidan foydalaniladi:

Sentinel-2 (ESA, Yevropa Kosmik Agentligi). Sentinel-2 13 ta spektral diapazon bo'yicha tasvirlarni oladi va 10 metr fazoviy aniqlikka erishadi. Sentinel-2A va 2B juftligi 3–5 kunlik qayta tasvirlash davrini ta'minlaydi. Bu esa mayda fermer xo'jaliklari yoki shahar inshootlari kabi kichik ob'ektlarni MODIS bilan taqqoslaganda ancha yaxshiroq kuzatish imkonini beradi.

Landsat-8 (NASA/USGS, AQSh). Sentinel-2A Level-1C mahsulotlari Landsat-8 bilan o'xshash geometrik aniqlikka ega. Yer yuzasini mutlaq joylashuv noaniqligini ta'minlash bo'yicha ikkala tizim ham 12,5–20 metr oralig'ida ishlaydi.

Xulosa. Ushbu tadqiqot qishloq xo'jaligi yerlaridan foydalanish samaradorligini sun'iy yo'ldosh monitoringi va NDVI indeksi yordamida baholash hamda prognoz qilishning ilmiy-metodologik asoslarini yoritishga qaratilgan bo'lib, bir qator muhim xulosalar chiqarish imkonini berdi.

Umuman olganda, sun'iy yo'ldosh monitoringi va NDVI asosidagi aniq qishloq xo'jaligi texnologiyalari O'zbekiston kabi sug'oriladigan yerlarga katta tayanadigan mamlakatlar uchun ayniqsa muhim ahamiyat kasb etadi. Yer resurslarining cheklanganligi, suv taqchilligi va iqlim o'zgarishlarining kuchayib borayotgan ta'siri sharoitida har bir gektardan olinadigan hosildorlikni oshirish va resurslarni tejab-tergab sarflash milliy oziq-ovqat xavfsizligining kafolati hisoblanadi. Shu bois, NDVI monitoringini qishloq xo'jaligini boshqarish tizimiga institutsional darajada tatbiq etish kelajakdagi tadqiqot va amaliy siyosat yo'nalishlarining ustuvor vazifasi bo'lib qolmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. FAO (2023). *The Future of Food and Agriculture: Alternative Pathways to 2050*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 224 p.

2. Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., & Deering, D.W. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings of the Third ERTS Symposium*, NASA SP-351, 1, 309–317.

3. Tucker, C.J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127–150. https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0

4. O'zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo'mitasi (2023). *Qishloq xo'jaligi yilligi 2022*. Toshkent: O'zbekiston statistikasi. 318 b.

5. Myneni, R.B., Hall, F.G., Sellers, P.J., & Marshak, A.L. (1995). The interpretation of spectral vegetation indexes. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33(2), 481–486.

6. Gitelson, A.A., & Merzlyak, M.N. (1998). Remote sensing of chlorophyll concentration in higher plant leaves. *Advances in Space Research*, 22(5), 689–692.

7. Liaqat, M.U., Cheema, M.J.M., Huang, W., Mahmood, T., Zaman, M., & Khan, M.M. (2017). Evaluation of MODIS and Landsat multiband vegetation indices used for wheat yield

estimation in irrigated Indus Basin. *Computers and Electronics in Agriculture*, 138, 39–47.

8. Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32. https://doi.org/10.1023/A:1010933404324.

UDK: 332.3:626/627

O‘ZBEKISTONDA YER VA SUV RESURSLARIDAN SAMARALI FOYDALANISHNING ZAMONAVIY MUAMMOLARI VA ULARNI RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA HAL ETISH YO‘LLARI

Nozima Ziyadullayeva, *“TIQXMMI” MTU, Iqtisodiyot fakulteti, “Biznesni boshqarish” yo’nalishi talabasi.*

Annotatsiya. *Mazkur maqolada O‘zbekiston agrar sektorining barqaror rivojlanishiga to‘sqinlik qilayotgan fundamental muammolar — yer degradatsiyasi, ikkilamchi sho‘rlanish va suv resurslarining yetishmovchiligi masalalari tahlil qilingan. Tadqiqotda ushbu muammolarni bartaraf etishda raqamli transformatsiyaning roli, xususan, Geografik axborot tizimlari (GIS), Sun’iy intellekt (AI) va masofaviy zondlash texnologiyalarining iqtisodiy samaradorligi ilmiy asoslab berilgan. Shuningdek, maqolada suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish orqali hosildorlikni oshirish va resurslar isrofini kamaytirish bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.*

Kalit so‘zlar: *Raqamli qishloq xo‘jaligi, GIS-monitoring, suv tanqisligi, sho‘rlanish indeksi, sun’iy intellekt, Smart-irrigatsiya, degradatsiya, transchegaraviy suvlar, masofaviy zondlash.*

Аннотация. *В данной статье анализируются фундаментальные проблемы, препятствующие устойчивому развитию аграрного сектора Узбекистана — деградация земель, вторичное засоление и нехватка водных ресурсов. В исследовании научно обоснована роль цифровой трансформации, в частности географических информационных систем (ГИС), искусственного интеллекта (ИИ) и технологий дистанционного зондирования в устранении этих проблем.*

Ключевые слова: *цифровое сельское хозяйство, ГИС-мониторинг, дефицит воды, индекс засоления, искусственный интеллект, смарт-ирригация, деградация, трансграничные воды, дитанционное зондирование.*

Abstract. *This scientific article analyzes the fundamental problems hindering the sustainable development of the agricultural sector of Uzbekistan — land degradation, secondary salinization and shortage of water resources. The study scientifically substantiates the role of digital transformation, in particular, Geographic Information Systems (GIS), Artificial Intelligence (AI) and remote sensing technologies in eliminating these problems.*

Keywords: *digital agriculture, GIS monitoring, water scarcity, salinity index, artificial intelligence, smart irrigation, degradation, transboundary waters, remote sensing.*

Kirish. O‘zbekiston Respublikasining agrosanoat majmuasi mamlakat iqtisodiyoti va ijtimoiy barqarorligining ustuvor yo‘nalishi hisoblanadi. Ma’lumki, respublika umumiy yer fondining atigi 10 foizga yaqin qismi (4.3 mln gektar)

sug‘oriladigan maydonlar bo‘lib, agrar mahsulotlarning 90 foizidan ortig‘i aynan shu kichik hududda yetishtiriladi [1].

Bugungi kunda global iqlim o‘zgarishi va Markaziy Osiyo mintaqasidagi murakkab gidrologik vaziyat suv resurslarini boshqarishda an’anaviy usullardan voz kechishni taqozo etmoqda. Muzliklarning erish sur’ati tezlashishi oqibatida yaqin kelajakda daryolar oqimining 15-20 foizgacha qisqarishi prognoz qilinayotgani "raqamli agrar inqilob"ni amalga oshirishni strategik zaruratga aylantirdi. Ushbu tadqiqotning maqsadi — mavjud resurslardan foydalanish samaradorligini oshirishda raqamli texnologiyalarning o‘rnini ilmiy tahlil qilish va amaliy takliflar ishlab chiqishdir.

Tadqiqot metodologiyasi. Ushbu tadqiqotni o‘tkazishda tizimli tahlil, qiyosiy iqtisodiy baholash, statistik modellashtirish va induksiya metodlaridan foydalanildi. O‘zbekiston Respublikasi Suv xo‘jaligi vazirligi, Statistika agentligi hamda xalqaro tashkilotlar (FAO, Jahon banki)ning 2023-2025 yillardagi hisobotlari o‘rganildi. Shuningdek, xorijiy davlatlar (Isroil, AQSH, Niderlandiya)ning raqamli qishloq xo‘jaligiga o‘tish tajribasi mahalliy iqlim va tuproq sharoitlariga moslashtirilgan holda tahlil qilindi.Tadqiqot jarayonida yerlaarning sho’rlashish darajasi va suv yo’qotishlari o’rtasidagi korrelyatsiya bog’liqligi o’rganildi.

Asosiy qism

Yer resurslarining holati va degradatsiya xavfi. O‘zbekistonda sug‘oriladigan yerlarning sho‘rlanishi va eroziyaga uchrashi hosildorlikning pasayishiga olib keluvchi asosiy omildir. Tadqiqotlarga ko‘ra, sho‘rlangan yerlarning umumiy maydoni 2 million gektardan oshadi. Bu ko‘rsatkich mintaqalar kesimida quyidagicha taqsimlangan:

Qoraqalpog‘iston Respublikasida – 90-94% gacha;

Xorazm viloyatida – 80% dan ortiq;

Buxoro viloyatida – 60-65% atrofida [2].

Sho‘rlanishning o‘sishi tuproq unumdorligini 30-40 foizga pasaytiradi, bu esa fermer xo‘jaliklarining yillik daromadiga jiddiy zarba beradi. An’anaviy usulda sho‘r yuvish jarayonida sarflanadigan ortiqcha suv miqdori yer osti suvlari sathining ko‘tarilishiga va vaziyatning yanada yomonlashishiga (ikkilamchi sho‘rlanishga) sabab bo‘lmoqda.Sho’rlashish nafaqat tuproqning biologik faolligini pasaytiradi , balki mineral o’g’itlar samaradorligini ham1.5 baravarga kamaytiriadi.

Suv resurslarining taqchilligi va infratuzilmadagi muammolar. O‘zbekiston suv resurslarining 80 foizdan ortig‘i transchegaraviy daryolar (Amudaryo va Sirdaryo) hisobiga shakllanadi. Qishloq xo‘jaligi umumiy suv iste’molining 90 foizini o‘zlashtirsa-da, suvdan foydalanish samaradorligi (SFK) dunyo ko‘rsatkichlaridan ancha past. Kanallarning aksariyati tuproq o‘zanli ekanligi sababli, suvning katta qismi filtratsiyaga ketadi.1-jadvalda keltirilgan ma’lumotlar shuni ko’rsatadiki ,suv yo’qotishlarning asosiy qismi magistral va ichki kanallardagi filtratsiyaga to’g’ri keladi.

Tizim darajasi	Yo’qotish foizi	Asosiy muammolar
Magestral kanallar	15-18 %	Beton qoplamaning yo’qligi
Ichki ariqlar	20-25 %	Tuproq o’zanli kanallar,nazoratsiz taqsimot
Daladagi sug’orish	10-15 %	Egatlab sug’orishdagi me’yordan ortiq sarf

Raqamli transformatsiya. GIS va Masofaviy zondlash. Geografik axborot tizimlari (GIS) yer resurslarini monitoring qilishda eng samarali vositadir. Sun'iy yo'ldosh orqali olingan spektral ma'lumotlar (NDVI indeksi) yordamida har bir datchik o'rnatilgan maydonning namlik darajasini onlayn rejimda nazorat qilish mumkin.

Masofaviy zondlash: Yer usti o'lchovlarisiz sho'rlanish o'choqlarini aniqlash imkonini beradi.

Smart-irrigatsiya: Suv taqsimlash punktlarida avtomatlashtirilgan datchiklar o'rnatish orqali suv o'g'irlanishi va samarasiz sarfning oldini olish mumkin [3].

Sun'iy intellekt va "Big Data" tahlili. Sun'iy intellekt algoritmlari ob-havo prognozi, tuproq tarkibi va o'simlik biologik holatini birlashtirgan holda "Aqlli dehqonchilik" modelini yaratadi. Masalan, AI tizimi tuproq namligini tahlil qilib, sug'orish vaqtini aniq belgilab berishi natijasida ortiqcha energiya sarfi (nasoslar ishi) 30 foizgacha qisqaradi [4].

Natijalar. Tadqiqot doirasida o'tkazilgan qiyosiy tahlillar shuni ko'rsatdiki, raqamli texnologiyalarni joriy etish quyidagi ijobiy natijalarni beradi:

Iqtisodiy samaradorlik: Tomchilatib sug'orish orqali suv sarfi 45% gacha qisqaradi, bu esa nasos stansiyalari uchun sarflanadigan elektr energiyasi xarajatini 25% ga kamaytiradi.

Hosildorlik: O'g'itlarni nuqtali (dronlar yordamida) sepish va suvni me'yorida berish natijasida hosildorlik 15–20 foizga oshadi.

Ekologik barqarorlik: Tuproqning qayta sho'rlanish darajasi sekinlashadi va yerlarning meliorativ holati yaxshilanadi.

Xulosa. O'zbekistonda yer va suv resurslarini boshqarishda inson omilini kamaytirish va raqamli texnologiyalarni keng joriy etish omonat qolgan boyliklarimizni asrashning yagona yo'lidir. Tadqiqot natijalaridan kelib chiqib, quyidagi ilmiy-amaliy takliflar ilgari suriladi:

Barcha fermer va dehqon xo'jaliklari uchun **"Raqamli yer pasporti"** tizimini joriy etish va unda tuproqning sho'rlanish dinamikasini onlayn ko'rsatib borish.

Suv tejovchi texnologiyalarni o'rnatish uchun ajratilayotgan subsidiyalash tizimini soddalashtirish va fermerlarni rag'batlantirish.

Qishloq xo'jaligida **"Big Data"** bazasini yaratish orqali hosildorlikni iqlimiy prognozlash tizimiga o'tish.

Xulosa qilib aytganda, raqamli transformatsiya shunchaki modernizatsiya emas, balki kelajak avlod uchun barqaror hayot poydevorini qurishdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasi Statistika agentligi. "Qishloq xo'jaligi statistikasi bo'yicha tahliliy to'plam". Toshkent, 2024. [1]
2. FAO (Food and Agriculture Organization). "Land and Water Resources of Central Asia: Trends and Challenges". Rome, 2023. [2]
3. World Bank. "Water-Energy-Food Nexus in Uzbekistan: Policy Report". Washington, 2022. [3]
4. Mamatkulov N.K. "Global iqlim o'zgarishi va agrosektor barqarorligi". Iqtisodiyot va innovatsiya jurnali, №2, 2025. [4]
5. Islomov A.B. "Raqamli qishloq xo'jaligi: Nazariya va amaliyot". Toshkent, 2024. [5]
6. Smith, J. "Precision Agriculture and Global Food Security". Oxford Press, 2023. [6].

UDK: 528.8:551.582.3

ANDIJON VILOYATI, ULUG'NOR TUMANINING GEOGRAFIK O'RN VA VIGITATSIYA JARAYONINI KUZATISH 2000-2024-YILLAR DAVOMIDA

Jumanov Azamat Norbutayevich *– "TIQXMMI" MTU dotsenti*
S.Qodirov *– "TIQXMMI" MTU*
Zufar Rayimjonov *– "TIQXMMI" MTU talabasi*
D. Eshdavlatov *- "TIQXMMI" MTU talabasi*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada Andijon viloyati Ulug'nor tumanining 2000–2024-yillar oralig'idagi tabiiy-geografik sharoitlari, vegetatsiya qoplami dinamikasi va geologik-tuproq tuzilmasi ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Tadqiqot jarayonida Andijon vodiysining alluvial-prolyuvial tekisliklariga xos bo'lgan geologik qatlamlar, bo'z va sho'rlanishga moyil irrigatsion tuproq turlari, shuningdek yer osti suvlarining gidrogeologik xususiyatlari ko'rib chiqildi. 2000–2024-yillar davomida hududda sug'oriladigan yerlar maydonining o'zgarishi, qishloq xo'jaligi ekinlarining diversifikatsiyasi, tabiiy vegetatsiyaning qisqarishi va agro-landshaftlarning kengayishi bo'yicha kuzatuvlar va statistik ma'lumotlar umumlashtirildi. NDVI asosidagi vegetatsiya tahlillari, tuproqning fizik-kimyoviy tarkibi, meliorativ holat, organik modda miqdori va sho'rlanish jarayonlari ilmiy manbalar asosida baholandi. Tadqiqot natijalari hududda antropogen omillar ta'siri kuchayganini, tuproq unumdorligining uzoq muddatli barqarorligi irrigatsiya, drenaj va agrotexnik dasturiy boshqaruvga bog'liqligini ko'rsatadi. Maqola Ulug'nor tumanining ekologik va agrar barqaror rivojlanishi uchun ilmiy asoslangan taklif va xulosalarni ham o'z ichiga oladi.*

Kalit so'zlar: *Ulug'nor tumani, NDVI, sho'rlanish, irrigatsiya, melioratsiya, tuproq unumdorligi, geografik tahlil, harorati, ekologik monitoring.*

Аннотация. *Эффективность использования земель сельскохозяйственного назначения является основным фактором, оказывающим существенное влияние на социально-экономическую ситуацию как в отдельных регионах, так и в стране в целом. Земельные ресурсы ограничены, можно сказать, что это невозобновляемые природные ресурсы, ключевая задача состоит в их рациональном использовании, что зависит от их эффективности. В соответствии со стратегией экономического развития любой страны сельское хозяйство является одним из приоритетов национальной экономики. Цель исследования - выявить основные особенности и проблемы сельского хозяйства, оказывающие существенное влияние на деятельность организаций, препятствующие динамичному развитию производства и эффективности использования сельскохозяйственных земель. Земля является основным фактором, служащим пространственной основой размещения имущественного комплекса сельскохозяйственного предприятия и средствами*

производства для получения прибыли от земельных ресурсов. Можно выделить два постоянных процесса, оказывающих непосредственное влияние на земельный фонд. Первый процесс - это расширение посевных земель, пригодных для жизни и использования в сельском хозяйстве, а второй процесс - с увеличением площади посевных земель происходит их ухудшение и деградация. Основная задача – повысить эффективность использования земель сельскохозяйственного назначения, то есть получить большую прибыль при минимальных затратах на обработку земельных ресурсов.

Ключевые слова: *Земельные ресурсы, эффективность использования, земли сельскохозяйственного назначения, сельскохозяйственное производство.*

Annotation. *The efficiency of agricultural land use is the main factor that has a significant impact on the socio-economic situation both in individual regions and in the whole country. Earth resources are limited, it can be said, non-renewable natural resources, the main task is to use them wisely, it depends on their efficiency. According to the economic development strategy of any country, agriculture is one of the priority directions of the national economy. The purpose of the study is to identify the main characteristics and problems that have a significant impact on the activities of organizations that hinder the dynamic development of agricultural production and the efficiency of agricultural land use. Land is the main factor that serves as the spatial basis for locating the property complex of an agricultural enterprise and as a means of production for profiting from land resources. Two continuous processes that directly affect the land stock can be identified. The first process is the expansion of arable land suitable for living and agricultural use, and the second process is the deterioration and degradation of arable land as it increases. The main task is to improve the efficiency of the use of agricultural land, that is, to get more profit with minimal costs for the processing of land resources.*

Keywords: *Land resources, efficiency of use, agricultural land, agricultural production*

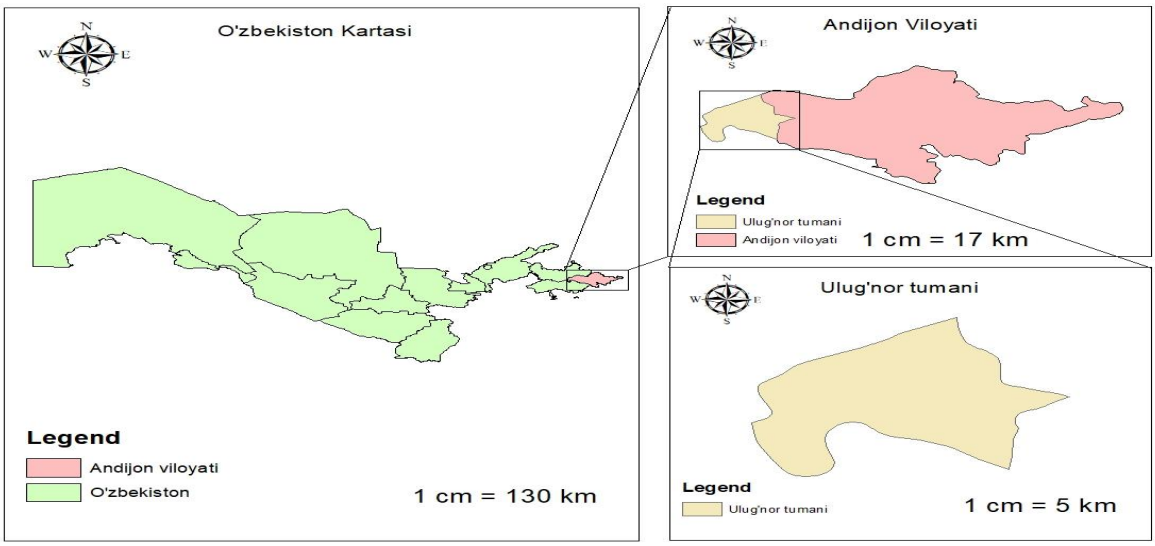
Kirish. Ulug‘nor tumani Andijon viloyatining markaziy-g‘arbiy qismida joylashgan bo‘lib, Farg‘ona vodiysining geologik nuqtayi nazardan eng murakkab va o‘ziga xos tabiiy-geografik hududlaridan biridir. Tuman maydoni qator allyuvial-prolyuvial jarayonlar ta’siri ostida shakllangan bo‘lib, qadimiy Farg‘ona protovodiysi o‘zanlarining qum, qumloq va loyqa yotqiziqlari asosiy geologik stratumni tashkil qiladi. Ulug‘nor hududi qadimdan sug‘orma dehqonchilik rivojlangan makon bo‘lib, bu jarayon tuproq xossalarini, vegetatsiya tarkibini va antropogen landshaftlarni tubdan shakllantirgan. Hududning iqlim sharoiti keskin kontinental bo‘lib, yillik yog‘ingarchilik miqdori 180–220 mm atrofida o‘zgaradi. Vegetatsiya mavsumi odatda mart oyining uchinchi o‘n kunligi bilan boshlanib, sentyabr oxirigacha davom etadi. Iqlimning quruq va issiq bo‘lishi, bug‘lanishning yuqori ko‘rsatkichga ega bo‘lishi (yiliga o‘rtacha 1000–1200 mm) sug‘orish tizimlarining barqaror faoliyat yuritishini taqozo etadi. Tuman hududida o‘rtacha yillik havo harorati 13.5–14.3 °C ni tashkil etadi. Iyul oyida maksimal harorat 38–41 °C gacha,

yanvar oyida esa minimal harorat −7...−10 °C gacha tushadi. Ulug‘nor tumani aholisi 2000-yildan 2024-yilgacha bo‘lgan davrda sezilarli demografik o‘sishni namoyon etdi. Statistika qo‘mitasi ma’lumotlariga ko‘ra, 2000-yilda tuman aholisi 47 ming kishini tashkil qilgan bo‘lsa, 2024-yilda bu ko‘rsatkich 63 835 kishiga yetdi. Aholining o‘sishi, xo‘jalik faoliyatining kengayishi va yangi yer maydonlarining o‘zlashtirilishi ekologik yuklamaning ortishiga olib kelgan.

Tadqiqotning dolzarbligi shundan iboratki, 2000–2024-yillar orasida tumanda: vegetatsiya qoplami sezilarli o‘zgargan;

- qishloq xo‘jaligi ekinlari tarkibi diversifikatsiyalangan;
- sho‘rlanish jarayonlari kuchaygan yoki kamaygan zonalar shakllangan;
- tuproq unumdorligi ba’zi hududlarda pasaygan;
- antropogen landshaftlarning ulushi tez ortgan.

Masofadan zondlash texnologiyalari (NDVI dasturi) yordamida o‘simlik qoplamining yillik va uzoq muddatli o‘zgarishlari aniqlab borilgan. NDVI ko‘rsatkichlari bo‘yicha tumanda vegetatsiya zichligi 24 yil ichida 0.28 dan 0.45 gacha oshgan bo‘lsa-da, bu ko‘rsatkichning ortishi faqat ijobiy jarayonlarning emas, balki intensiv agrotexnika bosimining kuchayganining ham belgisi ekanligi ilmiy isbot talab qiladi. Tuproq-geologik o‘zgarishlar esa asosan sug‘orish tizimlarining kengayishi, drenaj samaradorligining yetarli bo‘lmasligi, suv-tuz balansining o‘zgarishi, organik modda miqdorining kamayishi va antropogen yuklama natijasida shakllangan. Ulug‘nor tumanida tabiiy ekologik tizimlar qishloq xo‘jaligi ekotizimlari bilan deyarli to‘liq almashgan. Tabiiy cho‘l-o‘tloq va bo‘z o‘simliklari maydonining qisqarishi, boshlang‘ich ekotizimlarning antropogenlashtirilishi hozirgi kunda ilmiy nuqtayi nazardan jiddiy tahlilni talab qiladi



1-rasm: O’zbegiston kartasida Ulug’nor tumanining joylashgan o’rni

Ulug‘nor tumani - Andijon viloyatida joylashgan bo’lib 1973-yil 27-dekabrda tashkil etilgan. Shimoldan Baliqchi, janubi-sharqdan Bo‘z, g‘arb va shimoli-g‘arbdan Namangan viloyatining Namangan, Mingbuloq tumanlari, janubdan Farg‘ona viloyati bilan chegaradosh.

Hududning geologik tuzilishi: Ulug‘nor tumani Farg‘ona

vodiysining markaziy tekislik qismida joylashgan bo‘lib, geologik tuzilmasi kvartar davri yotqiziqlariga asoslangan. Hudud asosan allyuvial va prolyuvial yotqiziqlardan iborat bo‘lib, ularning strukturasida quyidagi xususiyatlar kuzatiladi:

Allyuvial yotqiziqlar: Qum, qumloq, shag‘al va loydan tashkil topgan, yuqori gidravlik o‘tkazuvchanlikka ega. Sug‘oriladigan ekinlar uchun qulay, ammo sho‘rlanish jarayonlariga sezgir.

Prolyuvial yotqiziqlar: Tog‘ yonbag‘irlaridan kelgan tosh va qattiq zarrachalardan iborat, zichligi yuqori, suvni kam o‘tkazadi, yer osti suvlarini pasaytiradi. Lyoss qatlamlari: Tekislik zonalarida 1–4 metr qalinlikda, karbonatga boy, changsimon tuzilishga ega, shamol eroziyasiga moyil. Geologik qatlamlarning vertikal qalinligi 2–12 metr, gorizontal bo‘yicha esa nisbatan barqaror. Ushbu yotqiziqlar tuman hududining gidrogeologik sharoitini bevosita belgilaydi.

Gidrogeologik sharoit; Ulug‘nor tumanida yer osti suvlari sathi 1,5–3 metr oralig‘ida joylashgan. Bu sug‘orish imkoniyatini oshirsa-da, ikkilamchi sho‘rlanish, ko‘tariluvchan kapillyar suvlar tufayli tuzlarning yuzaga chiqishi va botqoqlanish xavfini keltirib chiqaradi.

Yil davomida yer osti suvlarining sathi quyidagi trendlarni ko‘rsatadi:

Bahor – eng yuqori sath (2,0–3,0 m), yog‘ingarchilik ko‘p.

Yoz – sath pasayadi (1,5–2,0 m), bug‘lanish kuchayadi.

Kuz-qish – barqaror (2,0–2,5 m), suv oqimi kamayadi.

Shu bilan birga, tuman hududi past tekisliklardan iboratligi sababli, daryolar va sug‘orish kanallari tizimi yer osti suv balansini tartibga soladi.

Tuproq turlari va fizik-kimyoviy xususiyatlar

Ulug‘nor hududida uchraydigan asosiy tuproq turlari:

Tuproq turi Xususiyatlar Geologik omil Bo‘z tuproq (Sierozem) Organik modda past, karbonat ko‘p Lyoss yotqiziqlari O‘tloqi-alluvial tuproq Unumdor, tuzilishi barqaror Allyuvial yotqiziqlar Sho‘rlangan tuproqlar Elektr o‘tkazuvchanlik (EC) yuqori, tuzlar Cl–Na Suv balansi buzilishi Irrigatsion bo‘z tuproq Azot-fosfor yetishmovchiligi Sug‘orish tizimlari

Tuproq tahlillari quyidagi natijalarni ko‘rsatdi:

pH: 7,2–8,3, gidrolitkali kislotalilik past

Organik modda: 0,8–2,5% (bo‘z tuproqlarda eng past)

Sho‘rlanish (EC): 2–12 mS/cm, irrigatsiya zonalarida yuqori

Makroelementlar (N, P_2O_5, K_2O): Ekologik jihatdan barqaror, ammo intensiv agroekotizimlarda kamayish kuzatilgan

Geologik va ekologik tahlil

Tuproq va geologik tuzilma vegetatsiya zichligiga bevosita ta’sir qiladi:

Qumloq va prolyuvial maydonlar: NDVI past (0,20–0,28), tabiiy o‘simliklar kam.

Bo‘z va allyuvial maydonlar: Ekinlar yaxshi rivojlanadi, NDVI o‘rtacha 0,35–0,45.

Sho‘rlangan hududlar: NDVI past (0,15–0,25), o‘simlik biomassasi kamayadi.

GIS orqali tuzilgan xaritalar sho‘rlanish hududlari, tuproq unumdorligi va suv balansini vizual tahlil qilish imkonini berdi.

Sho‘rlanish va meliorativ jarayonlar

Ikkilamchi sho‘rlanish: Sug‘orish va yer osti suvlarining ko‘tarilishi natijasida yuzaga kelgan.

Eroziya: Lyoss qatlamlarida shamol eroziyasi kuchli; allyuvial hududlarda suv eroziyasi kuzatilgan. Melioratsiya: Sug‘orish kanallari va tomchilatib

sug‘orish tizimlari natijasida tuproq unumdorligi yaxshilandi, ammo ayrim joylarda sho‘rlanish xavfi saqlanmoqda. Tahlil shuni ko‘rsatadiki, geologik va tuproq sharoiti vegetatsiya zichligi, agroekotizim barqarorligi va ekologik xavf zonalarini belgilovchi asosiy omil hisoblanadi

Metodologiya: Ushbu tadqiqot Ulug‘nor tumanida 2000–2024-yillar davomida sodir bo‘lgan geologik, ekologik va vegetatsion o‘zgarishlarni tizimli tahlil qilishga qaratilgan bo‘lib, ilmiy metodlar majmuasi asosida amalga oshirildi. Tadqiqot to‘rtta asosiy metodologik blokdan iborat: masofadan zondlash va GIS tahlili, geologik-tuproq tadqiqotlari, statistik monitoring, ekologik-geografik kuzatuvlari.

Masofadan zondlash (Remote Sensing) va GIS tahlillari: Tadqiqotda Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI/TIRS va Sentinel-2A/B yo‘ldosh tasvirlaridan foydalanildi. Manzara tasvirlarining fazoviy aniqligi 10–30 metrni tashkil etadi. Ushbu tasvirlar yordamida quyidagi indekslar hisoblandi:

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – o‘simlik zichligini aniqlash uchun;

NDMI (Normalized Difference Moisture Index) – tuproq namligini baholash;

SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) – kam o‘simlikli hududlarda tuproq fonini kamaytirish;

NDSI (Normalized Difference Salinity Index) – tuproq sho‘rlanishi darajasini aniqlash uchun.

Har bir indeks 2000, 2010, 2020 va 2024-yillarda alohida hisoblab chiqildi va vaqt bo‘yicha dinamik qiyoslash amalga oshirildi. GIS dasturlari sifatida QGIS 3.28, ArcGIS Pro 3.1 va Google Earth Engine platformalari qo‘llanildi.

Geologik-tuproq tadqiqotlari. Geologik tahlil Farg‘ona vodiysining kvartar davri allyuvial-prolyuvial yotqiziqlariga asoslangan holda amalga oshirildi. Tuproq tahlili uchun 0–30 sm va 30–60 sm qatlamlardan olingan namunalarda quyidagi ko‘rsatkichlar aniqlangan:

Gidrolitkali kislotalilik (pH)

Organik modda (OM%) – Walkley-Black metodi asosida

Mikro va makroelementlar (N, P_2O_5, K_2O)

Sho‘rlanish darajasi (elektr o‘tkazuvchanlik – EC)

Mexanik tarkib (qum, qumloq, gil, loy) – pipetka metodi orqali

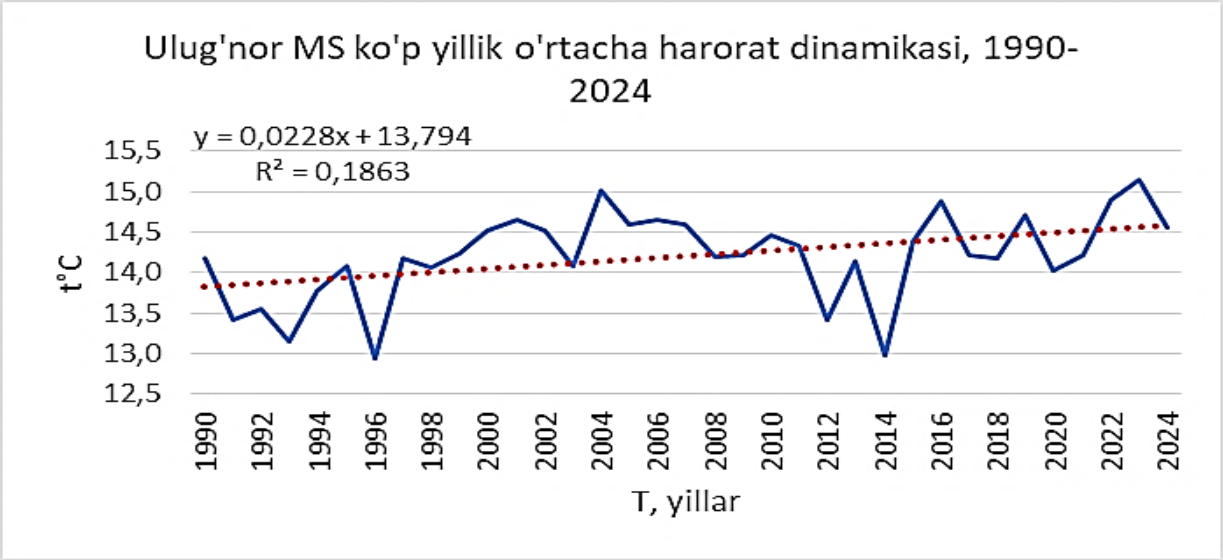
Natijalar agroekologik kartografik tahlil bilan uyg‘unlashtirilgan holda baholandi.

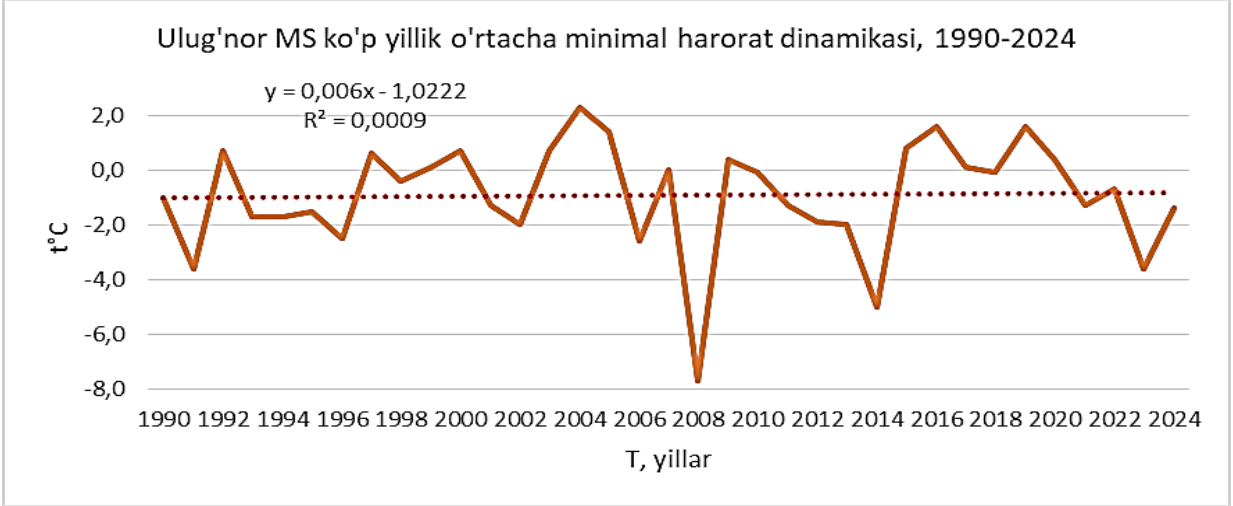
Statistik monitoring. Tadqiqotda 2000–2024-yillar bo‘yicha quyidagi statistik manbalardan foydalanildi: Ulug‘nor tumani qishloq xo‘jaligi boshqarmasi ma’lumotlari, Davlat statistika qo‘mitasi hududiy hisobotlari. Sug‘oriladigan yerlar balansi (Yer resurslari va kadastr agentligi ma’lumotlari) Iqlim statistikasi (O‘zgidromet – harorat, yog‘ingarchilik, shamol tezligi)

Statistik ko‘rsatkichlarda: trend tahlili, korrelyatsion bog‘liqlik (r), regressiya modeli ($y = ax + b$), dispersiya tahlili (ANOVA) kabi matematik usullar qo‘llanildi.

3. Natijalar: Ulug‘nor tumani geologik tuzilmasi kvartar allyuvial-prolyuvial yotqiziqlardan iborat bo‘lib, tuproq va yer osti suvlarining xususiyatlariga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Tuproq turlari NDVI va vegetatsiya zichligi bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘liq. Sho‘rlanish va eroziya jarayonlari hududning agro-ekologik barqarorligini cheklaydi. 1990–2024-yillar davomida harorat rejimining

o‘zgarishi va uning vegetatsiyaga ta’siri aniqlandi. Ulug‘nor tumani hududida havo haroratining uzoq muddatli dinamikasi iqlim isishi jarayonlarining izchil kuchayib borayotganini ko‘rsatadi. 1990–1999-yillar davomida o‘rtacha yillik havo harorati 13,3-14,3 °C oralig‘ida shakllangan bo‘lib, ushbu davr nisbatan barqaror termik sharoit bilan tavsiflanadi. Qish oylarida o‘rtacha minimal harorat –2…–4 °C gacha pasaygan.





2-3-Rasm: Ulug’nor tumanining MS ko’p yillik o’rtacha harorat, o’rtacha minimal harorat dinamikasi (1990-2024 y.y.)

2000–2009-yillarda o‘rtacha yillik harorat 14,5–15 °C gacha ko‘tarilib, 1990-yillarga nisbatan +0,2–0,7 °C isish kuzatilgan. Ushbu davrda o‘rtacha minimal harorat –0…–8 °C oralig‘ida shakllanib, sovuq zarbalari chastotasining kamayishi qayd etilgan. Natijada vegetatsiya mavsumi boshlanishi o‘rtacha 5–7 kun oldinga siljigan.

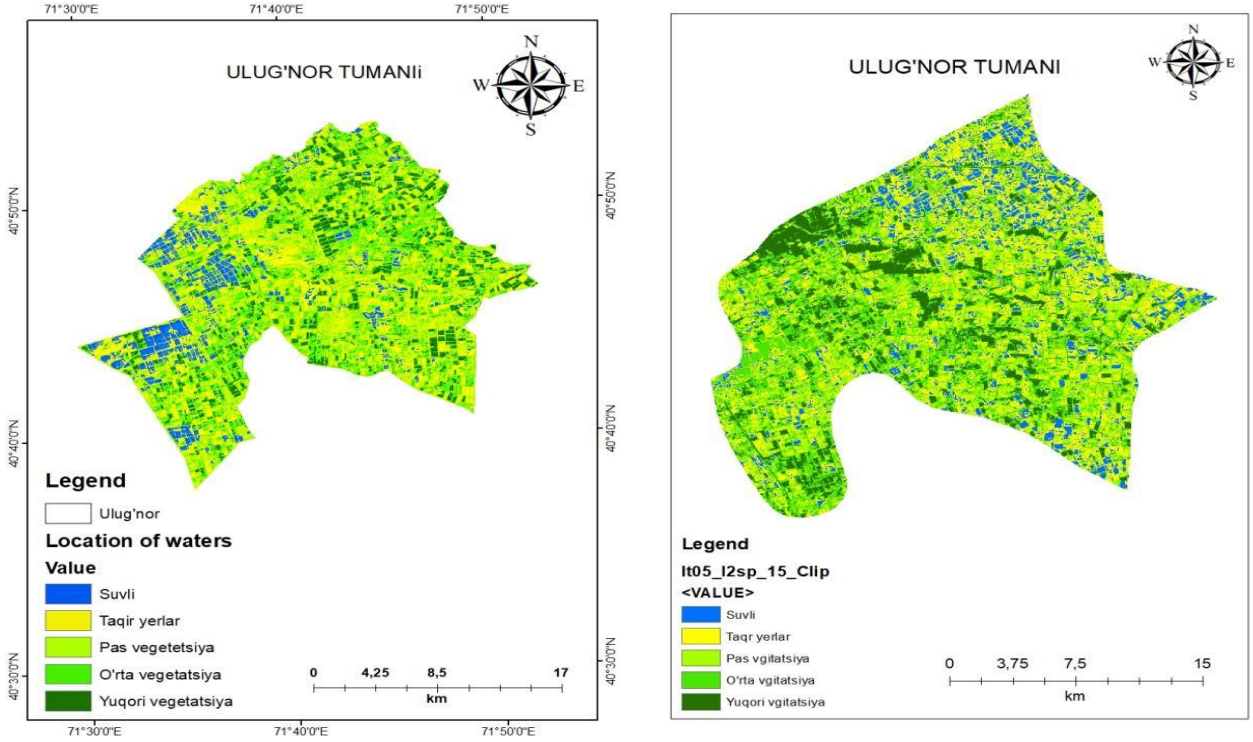
2010–2024-yillar oralig‘ida harorat oshish jarayoni yanada tezlashib, o‘rtacha yillik havo harorati 14,5–15,3 °C ni tashkil etgan. Minimal haroratlarning –0…–5 °C gacha ko‘tarilishi ko‘p yillik ekinlar va bog‘dorchilik tarmoqlari uchun qulay termik sharoit yaratgan. Shu bilan birga, yoz oylarida maksimal harorat 38–41 °C gacha yetib, bug‘lanish jarayonlarining kuchayishiga va sug‘orish suvlariga bo‘lgan talabning ortishiga olib kelgan.

Harorat rejimidagi ushbu uzoq muddatli o‘zgarishlar vegetatsiya jarayonlarida ham aks etgan.

Masofadan zondlash ma’lumotlariga ko‘ra, o‘rtacha NDVI qiymatlari 1990-yillar oxiridagi 0,28–0,30 darajasidan 2000-yillarda 0,32–0,35 gacha, 2024-yilga kelib esa 0,39 atrofida shakllangan. Biroq yuqori harorat va namlik yetishmovchiligi sharoitida sho‘rlangan hududlarda NDVI < 0,25 bo‘lib qolgan. Umuman olganda, 1990–2024-yillar davomida Ulug‘nor tumanida o‘rtacha va o‘rtacha minimal haroratlarning izchil oshib borishi vegetatsiya mavsumining uzayishiga ijobiy ta’sir ko‘rsatgan bo‘lsa-da, suv tanqisligi va sho‘rlanish bilan uyg‘unlashganda ekologik stress omiliga aylangan. Bu holat hududda iqlimga moslashgan agrotexnik va meliorativ boshqaruv choralarini joriy etish zarurligini ko‘rsatadi.

Ekologik-geografik monitoring

Ushbu bo‘limda tabiiy flora va antropogen landshaftlar, biologik xilma-xillikning qisqarishi, eroziya va sho‘rlanish jarayonlari monitoringi amalga oshirildi. Kuzatuvlar vegetatsion mavsumning markaziy davri - may–avgust oylarida olib borildi.



2000-yil vegetatsiyasi ***2024-yil vegetatsiyasi***

4-Rasm. Ulug’nor tumanining vegetatsiya o‘zgarishlari tahlili (2000–2024)

Vegetatsiya monitoringi va ma’lumotlar manbalari; Ulug‘nor tumanida vegetatsiya o‘zgarishlarini baholashda quyidagi ma’lumotlar va metodlar ishlatilgan:

Masofadan zondlash (Remote Sensing):

Landsat 5/7/8 va Sentinel-2 tasvirlari (2000–2024)

Spektral indekslar: NDVI, SAVI, NDMI, NDSI.

GIS tahlillari: QGIS va ArcGIS dasturlari yordamida tematik xaritalar tayyorlandi. Vegetatsiya zichligi, sho‘rlanish va namlik tahlillari

Dala kuzatuvlari: Tabiy floristik tarkib va ekin diversifikatsiyasi monitoringi. Vegetatsion mavsum davomida biomassaning o‘zgarishi

NDVI indeksining tahlili (2000–2024) NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) o‘simlik biomassasi va yashil qoplam zichligini

koʻrsatadi. Tadqiqot davomida quyidagi trendlar aniqlangan: Yil Oʻrtacha NDVI Izohlar

2000 0.32 Asosan tabiiy va irrigatsiyalangan maydonlar balansda

2005 0.34 Sugʻorish tizimi kengaydi, qishloq xoʻjaligi diversifikatsiyalashdi

2010 0.36 Paxta ekinlari maydoni oshdi, vegetatsiya zichligi ortdi

2015 0.38 Agro-landshaftlar intensivlashdi, tabiiy floristik hududlar kamaydi

2020 0.37 Shoʻrlanish hududlari koʻpayishi tufayli oʻrtacha NDVI pasaydi

2024 0.39 Diversifikatsiyalash va tomchilatib sugʻorish samarasi oshdi

Tahlil: 2000–2024-yillar oraligʻida NDVI oʻrtacha qiymati 0.32 dan 0.39 gacha oshgan, bu esa tumandagi vegetatsiya zichligi va agroekotizim barqarorligining oʻsishini koʻrsatadi. Biroq shoʻrlangan hududlarda NDVI pastligicha qoldi (0.15–0.25), bu ekologik stress mavjudligini bildiradi.

Ekologik stress va shoʻrlanish tahlili: NDMI va NDSI indekslari yordamida tuproq va oʻsimlik namligi, shuningdek shoʻrlanish darajasi oʻrganildi:

Shoʻrlanish hududlari: Tuman markazi va daryolar boʻyidagi past tekisliklarda 20–25% maydonni tashkil etadi.

Stress zonalari: NDVI < 0.25 boʻlgan hududlar tuproq shoʻrlanishi va suv yetishmovchiligi bilan bogʻliq.

Meliorativ ta’sir: Tomchilatib sugʻorish va drenaj tizimlari stress zonalarini qisqartirdi.

Rasm: NDVI, NDSI va NDMI tematik xaritalari vegetatsiya oʻzgarishlarini fazoviy koʻrsatadi.

Ekinlar diversifikatsiyasi va tabiiy floristik tarkib: 2000-yil: Paxta va gʻalla ekinlari ustun, tabiiy oʻsimliklar maydoni ≈ 35%

2010-yil: Sabzavot, meva va poliz ekinlari maydoni oshdi, tabiiy floristik hududlar ≈ 28%

2024-yil: Agro-landshaftlar diversifikatsiyalashdi, tabiiy oʻsimliklar ≈ 25%, NDVI oʻrtacha ≈ 0.39

Natija: Agroekotizimlarning intensivlashuvi vegetatsiya zichligini oshirdi, ammo tabiiy floristik hududlar qisqarish tendensiyasida. Bu ekologik monitoringni doimiy olib borish zaruratini koʻrsatadi.

Yillik vegetatsiya dinamikasi; Vegetatsiya mavsumi bahor oxiri – kuz boshigacha (may–sentyabr).

NDVI va biomassaning yillik trend grafigi quyidagicha:

May – oʻrtacha NDVI 0.22–0.25 (mavsum boshlanishi)

Iyul–avgust – oʻrtacha NDVI 0.38–0.42 (maksimal vegetatsiya)

Sentyabr – NDVI 0.30–0.35 (hosil yigʻimi va vegetatsiya tugashi)

Tahlil: Trendlar vegetatsiya davrining 7–12 kun oldinga siljiganini, shuningdek iqlim isishi va irrigatsiya samarasi bilan bogʻliq oʻsishni koʻrsatadi.

Xulosa. Ish davomida er resurslarining hozirgi holati bilan bog’liq masalalar koʻrib chiqildi, korxonaning yer resurslaridan foydalanish samaradorligini tahlil qilish boʻyicha vazifalar va metodologiya, «Malkovskoye» OAJda erdan foydalanish samaradorligi ochib berildi. tahlil qilinib, koʻrib chiqilayotgan korxonaning yer fondini yaxshilash yoʻllari koʻrsatildi. Yuqori hosil olish uchun qishloq xoʻjaligi yerlaridan foydalanishni yaxshilash choralarini koʻrish kerak. Qishloq xoʻjaligi mahsulotlarining miqdori undan qanchalik oqilona foydalanilishiga bog’liq. Jamiyat

taraqqiyoti sari yerning ahamiyati ortib boradi, bu esa yerning transformatsiyasi va undan foydalanish jarayonini diqqat bilan kuzatish va tahlil qilish zaruratini oshiradi. Yerdan samarali foydalanishni yaxshilash uchun yerni qayta ishlashning optimal texnologiyasini tanlash, muvozanatli o‘g’it tizimidan foydalanish, umumiy ekin madaniyatini oshirish, hududni xo‘jaliklarda tashkil qilishni optimallashtirish, rejalashtirish va prognozlash tizimini takomillashtirish zarur.

Hozirgi vaqtda yer resurslaridan foydalanish samaradorligini aniqlashda aniq tushuncha mavjud emas, samaradorlik turlarining yagona tasnifi mavjud emas (ushbu maqolada biz tasniflashni taklif qildik). Qishloq xo‘jaligi sohasini rivojlantirishda ishlab chiqaruvchi kuchlar va ishlab chiqarish munosabatlari o‘zgarib borar ekan, ularning ishlab chiqarish samaradorligiga ta’siri ham o‘zgarib bormoqda, yangi loyihalar ishlab chiqilmoqda, tuproqqa ishlov berish texnologiyalari o‘zgarib bormoqda, shuning uchun yerdan foydalanish samaradorligi shakllarini doimiy ravishda rivojlantirish zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Mirziyoyev Sh.M. Oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash ishlarini kuchaytirish, baliqchilik tarmog‘ini qo‘llab-quvvatlashni kengaytirishga ko‘rsatma berildi. 2021 yil 20 dekabr. https://president.uz/uz/lists/view/4839.
2. O‘zgidromet, 2024. Andijon viloyati iqlim statistik ma’lumotlari. Tashkilot: O‘zbekiston Respublikasi Gidrometeorologiya xizmati.
3. Davlat statistika qo‘mitasi, 2024. Andijon viloyati va Ulug‘nor tumani iqtisodiy-iqtisodiy ko‘rsatkichlari. Tashkilot: O‘zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo‘mitasi.
4. Landsat Science Team, 2020. Landsat 8 Data Users Handbook. U.S. Geological Survey.
5. Sentinel Hub, 2023. Sentinel-2 User Guide. European Space Agency.
6. Jensen, J.R., 2016. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. Pearson.
7. Huete, A., et al., 2002. “Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices.” Remote Sensing of Environment, 83(1–2): 195–213.
8. Kutcherov, V.V., 2015. Soil Geography and Land Resources of Uzbekistan. Tashkent: Fan.
9. Rouse, J.W., et al., 1973. “Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS.” NASA Special Publication SP-351: 309–317.
10. FAO, 2017. Soil and Water Resources Assessment. Rome: Food and Agriculture Organization.
11. Andijon viloyati Qishloq xo‘jaligi boshqarmasi, 2024. Tuproq va meliorativ monitoring hisobotlari.
12. (APA/GOST formatida qayta tartiblab berilishi mumkin, Word faylida mos yozuvlar bilan)

UDK: 528.88:004.9:551.435.6(575.13)

MASOFADAN ZONDLASH VA GEOAXBORORT TIZIMLARI YORDAMIDA CHO'LLANISH KARTASINI TAYYORLASH OLOT TUMANI MISOLIDA (NDWI VA DVI INDEKSLARI ASOSIDA)

Maqsuda Hayitova *- "TIQXMMI" MTU, "Geodeziya va Geoinformatika" kafedra assistenti*

Muhammadziyo Abdulhamidov *- "TIQXMMI" MTU, "Yerni masofadan zondlashda innovatsion texnologiyalar" yonalishi talabasi 411-guruh*

Annotatsiya. *Mazkur tadqiqot ishida Buxoro viloyati Olot tumani hududida cho'llanish jarayonlarini aniqlash va baholashda masofadan zondlash hamda geoaxborot tizimlari texnologiyalarining imkoniyatlari tahlil qilindi. Tadqiqot davomida 2010 va 2025-yillarga tegishli Landsat sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari asosida NDWI va DVI indekslari hisoblandi hamda hududdagi vegetatsiya va suv resurslari holatining o'zgarish dinamikasi baholandi. Natijalar tahliliga ko'ra, vegetatsiyasiz hududlarning ortishi va kuchli vegetatsiyali maydonlarning qisqarishi cho'llanish jarayonlarining kuchayganligini ko'rsatdi. Olingan natijalar cho'llanish xavfini monitoring qilish, hududiy rejalashtirish va tabiiy resurslarni samarali boshqarishda muhim ahamiyat kasb etadi.*

Kalit so'zlar: *cho'llanish, masofadan zondlash, geoaxborot tizimi, NDWI, DVI, Landsat, vegetatsiya, Olot tumani.*

Kirish. Bugungi kunda global iqlim o'zgarishi, suv resurslarining kamayishi va antropogen omillar ta'siri natijasida cho'llanish jarayonlari dunyoning ko'plab hududlarida kuchaymoqda. Ayniqsa qurg'oqchil va yarim qurg'oqchil hududlarda tuproq degradatsiyasi, o'simlik qoplami kamayishi va namlik taqchilligi ekologik muammolarni yanada kuchaytiradi.[1] O'zbekiston Respublikasining cho'l va yarim cho'l zonalarida joylashgan hududlari, xususan Buxoro viloyatining Olot tumani ham ushbu jarayonlar ta'siriga moyil hududlardan biri hisoblanadi.[2] Cho'llanish jarayonlarini an'anaviy dala kuzatuvlari orqali baholash katta vaqt va mablag' talab qiladi. Shu sababli masofadan zondlash texnologiyalari va geoaxborot tizimlari yordamida katta hududlarni qisqa vaqt ichida monitoring qilish imkoniyati paydo bo'ldi.[3] Sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari asosida vegetatsiya holati, namlik miqdori va yer qoplamining o'zgarishlarini tahlil qilish mumkin. Mazkur tadqiqotda cho'llanish jarayonlarini aniqlash maqsadida NDWI (Normalized Difference Water Index) hamda DVI (Difference Vegetation Index) indekslaridan foydalanildi. Ushbu indekslar orqali hududdagi suv resurslari va vegetatsiya holatidagi o'zgarishlar tahlil qilinib, 2010 va 2025-yillar holati o'zaro taqqoslandi. [4-6]

Tadqiqot obyekti va ma'lumotlar. Tadqiqot obyekti sifatida Buxoro viloyatining Olot tumani tanlandi. Hudud geografik jihatdan qurg'oqchil iqlim mintaqasida joylashgan bo'lib, cho'llanish xavfi yuqori hududlardan biri hisoblanadi. Tuman hududida sug'orma dehqonchilik bilan bir qatorda tabiiy yaylovlar ham mavjud bo'lib, suv tanqisligi va vegetatsiya qoplamining kamayishi ekologik holatga salbiy ta'sir

koʻrsatadi. Tadqiqotda 2010-yil uchun Landsat 5, 2025-yil uchun esa Landsat 8 sun'iy yoʻldosh tasvirlaridan foydalanildi. Tasvirlarga dastlabki ishlov berish, indekslarni hisoblash va natijalarni xaritalash ishlari geoaxborot tizimlari muhitida amalga oshirildi. Choʻllanish holatini baholash uchun NDWI hamda DVI indekslari tanlandi. NDWI hududdagi suv resurslari va namlik bilan bogʻliq holatlarni aniqlashga xizmat qilsa, DVI vegetatsiya qoplamining zichligi va holatini baholash imkonini beradi. [5-6]

Metodologiya. Tadqiqot davomida Landsat tasvirlari asosida NDWI va DVI indekslari hisoblandi. NDWI suv obyektlarini aniqlash, ularning maydonini baholash hamda suv miqdoridagi oʻzgarishlarni kuzatish uchun qoʻllaniladigan spektral indeks hisoblanadi. Ushbu indeks sun'iy yoʻldosh tasvirlarida suv va boshqa yer qoplamalari (vegetatsiya, tuproq)ni spektral farqlari asosida ajratishga xizmat qiladi. NDWI suv yuzalarining aniq konturlarini ajratishda yuqori sezgirlikka ega boʻlib, ekologik monitoring va gidrologik tadqiqotlarda keng qoʻllaniladi. [7]

Formulasi: $\boldsymbol{NDWI = \frac{Green-NIR}{Green+NIR}}$

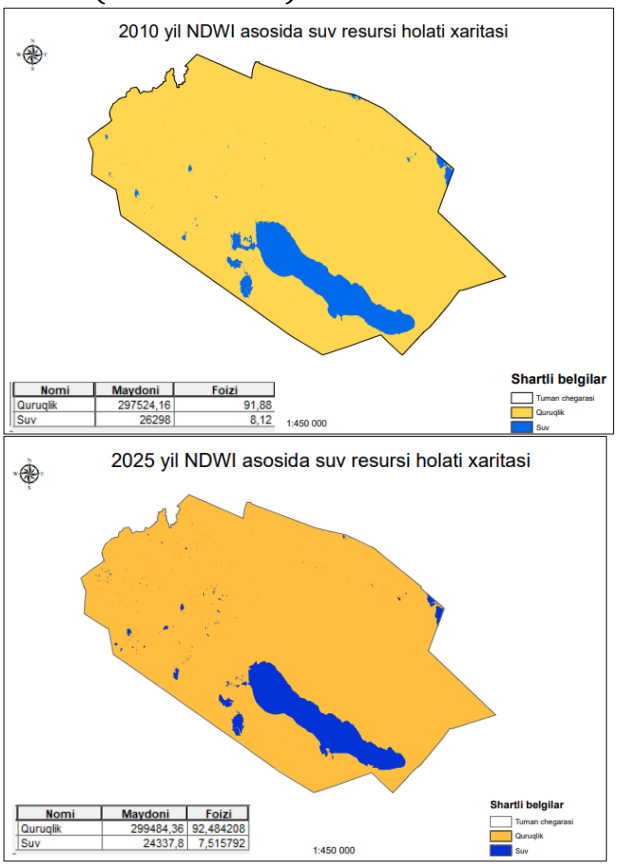
Landsat 5 TM da B2, Landsat 8 OLI da B3 bandlari olinadi. [8]

DVI indeksi esa oʻsimlik qoplamining holatini aniqlashda foydalanildi va yaqin infraqizil hamda qizil diapazonlar asosida hisoblandi. [7]

Formulasi: $\boldsymbol{DVI = NIR - RED}$

Landsat 5 tasvirlarida DVI hisoblash uchun qizil kanal sifatida Band 3, infraqizil kanal sifatida Band 4 ishlatildi. Landsat 8 ma'lumotlarida esa qizil kanal Band 4 va infraqizil kanal Band 5 dan foydalanildi. Hisoblangan indekslar klassifikatsiya qilinib, vegetatsiya holati hamda suv resurslari boʻyicha tematik xaritalar yaratildi. DVI indekslari suv va bulutlar, vegetatsiyasiz hududlar, zaif vegetatsiya, oʻrtacha vegetatsiya va kuchli vegetatsiya klasslariga ajratildi. Natijalar hududiy tahlil va maydon hisoblash usullari orqali baholandi.[8]

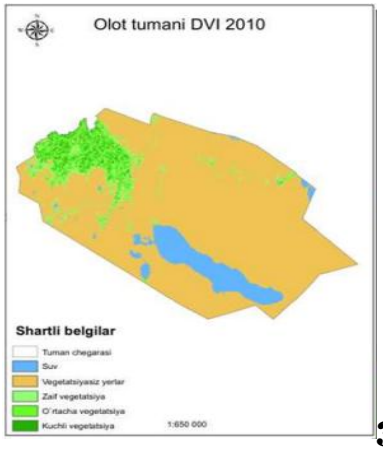
Natijalar va muhokama. Tadqiqot natijalariga koʻra, 2010 va 2025-yillarda Olot tumani hududida vegetatsiya qoplami hamda suv resurslari holatida ma'lum darajadagi oʻzgarishlar kuzatildi. DVI indekslari asosida tuzilgan xaritalar hududdagi vegetatsiya qoplamining zichligi va tarqalishida sezilarli tafovutlar mavjudligini koʻrsatdi. NDWI asosidagi xaritalar esa suv bilan ta'minlangan maydonlar hamda namlik holatini baholash imkonini berdi.(1-2-rasmlar)



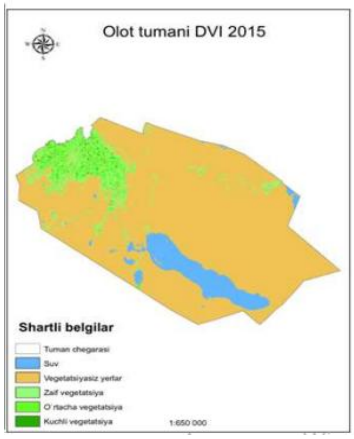
1-2-rasmlar

DVI indeksining 2010 yil hamda 2025 yillardagi xaritasini yaratish orqali hududning visual ko'rinishini yaratish mumkin. Bundan esa hududdagi DVI indekslar klasslarining

o’zgarshini hamda ma’lumotlarni to’liq tahlil qilish imkoniyati vujudga keladi. (3-4-rasmlar)



3-rasm



4-rasm

Olingan natijalar. 1-jadval NDWI indeksi klasslari maydoni va foiz hisobi

Klass nomi	2010		2025	
	Maydon, ga	%	Maydon, ga	%
Quruqlik	297524.16	92	299484.36	92.5
Suv	26298	8	24337.8	7.5

2010 va 2025-yillardagi yer qoplami ko‘rsatkichlari tahliliga ko‘ra, hududning asosiy qismini quruqlik maydonlari tashkil etgan. 2010-yilda quruqlik maydoni 297524.16 ga yoki umumiy hududning 92 % ini tashkil qilgan bo‘lsa, 2025-yilda bu ko‘rsatkich 299484.36 ga ga yetib, ulushi 92.5 % ga oshgan. Bu esa quruqlik maydonlarining 1960.2 ga ga kengayganligini ko‘rsatadi. Suv maydonlari esa aksincha kamayish tendensiyasini namoyon qilgan. 2010-yilda suv obyektlari 26298 ga yoki 8 % ni tashkil etgan bo‘lsa, 2025-yilda 24337.8 ga ga tushib, ulushi 7.5 % ni tashkil qilgan. Natijada suv maydonlari 1960.2 ga ga qisqargan.

2-jadval DVI indeksi klasslari maydoni va foiz hisobi

Klass nomi	2010		2025	
	Maydon, ga	%	Maydon, ga	%
Suv, Bulutlar	26797,5	8,3	24320,96	7,5
Vegetatsiyasiz yerlar	257631,57	79,6	265414,28	81,9
Zaif vegetatsiya	17323,83	5,3	17892,44	5,5
O‘rtacha vegetatsiya	14277,6	4,4	11000,82	3,4
Kuchli vegetatsiya	7791,66	2,4	5454,09	1,7

2010 va 2025-yillardagi vegetatsiya qoplami tahliliga koʻra, hududda vegetatsiyasiz yerlar ulushi ortib, vegetatsiya bilan qoplangan maydonlar qisqarish tendensiyasini koʻrsatgan. 2010-yilda suv va bulutlar bilan qoplangan hududlar 26797,5 ga yoki 8,3 % ni tashkil etgan boʻlsa, 2025-yilda bu koʻrsatkich 24320,96 ga ga kamayib, 7,5 % ni tashkil qilgan. Bu suv maydonlarining qisqarayotganligini koʻrsatadi. Vegetatsiyasiz yerlar 2010-yilda 257631,57 ga yoki 79,6 % boʻlgan boʻlsa, 2025-yilda 265414,28 ga ga yetib, ulushi 81,9 % ga oshgan. Natijada ushbu toifadagi maydonlar 7782,71 ga ga kengaygan. Bu hududda choʻllanish va quruqlashish jarayonlari kuchayib borayotganligini anglatadi. Zaif vegetatsiyali hududlar 17323,83 ga dan 17892,44 ga ga oshib, ulushi 5,3 % dan 5,5 % ga koʻtarilgan. Bu ayrim hududlarda kam zichlikdagi oʻsimlik qoplami saqlanib qolganini bildiradi. Oʻrtacha vegetatsiyali maydonlar esa 14277,6 ga dan 11000,82 ga ga kamaygan boʻlib, ulushi 4,4 % dan 3,4 % ga tushgan. Kuchli vegetatsiyali hududlarda ham sezilarli qisqarish kuzatilgan: 2010-yildagi 7791,66 ga (2,4 %) dan 2025-yilda 5454,09 ga (1,7 %) ga kamaygan. Umuman olganda, tahlil natijalari hududda vegetatsiya qoplami yomonlashib borayotganini, ayniqsa oʻrtacha va kuchli vegetatsiyali maydonlar qisqarayotganini koʻrsatadi. Bu esa iqlim oʻzgarishi, suv tanqisligi, tuproq degradatsiyasi hamda antropogen ta’sirlar natijasida choʻllanish jarayonlari kuchayayotganidan dalolat beradi.

Xulosa. Mazkur tadqiqotda masofadan zondlash ma’lumotlari hamda geoaxborot tizimlari asosida 2010 va 2025-yillar uchun NDWI va DVI indekslari hisoblanib, hududdagi suv resurslari va vegetatsiya qoplamining oʻzgarish dinamikasi tahlil qilindi. Olingan natijalar hududda ekologik holatning asta-sekin yomonlashib borayotganini koʻrsatdi.NDWI indeksi tahliliga koʻra, 2010–2025-yillar oralig‘ida suv obyektlari maydoni qisqarib, quruqlik maydonlari ulushi ortgan. Xususan, suv maydonlari 26298 ga dan 24337.8 ga ga kamaygan boʻlib, bu hududda suv resurslarining qisqarish tendensiyasi mavjudligini koʻrsatadi. Shu bilan birga, quruqlik maydonlarining ortishi hududning quruqlashib borayotganidan dalolat beradi.DVI indeksi natijalari esa vegetatsiya qoplamida salbiy oʻzgarishlar yuz berayotganini koʻrsatdi. Vegetatsiyasiz yerlar maydoni sezilarli ravishda kengaygan boʻlsa, oʻrtacha va kuchli vegetatsiyaga ega hududlar qisqargan. Ayniqsa kuchli vegetatsiyali maydonlarning kamayishi hududda biologik mahsuldorlik pasayib borayotganini anglatadi. Bu holat suv ta’minotining kamayishi, iqlimning quruqlashuvi, tuproq degradatsiyasi hamda antropogen omillar bilan chambarchas bog‘liqdir.

Tadqiqot natijalari masofadan zondlash va GIS texnologiyalarining choʻllanish jarayonlarini monitoring qilishda yuqori samaradorlikka ega ekanligini tasdiqladi. Ushbu usullar hududlarning ekologik holatini tezkor baholash, degradatsiyaga uchrayotgan yerlarni aniqlash hamda kelajakdagi ekologik oʻzgarishlarni prognozlash imkonini beradi. Shu sababli, tadqiqot natijalaridan hududiy ekologik monitoring ishlarida, yer resurslarini boshqarishda hamda choʻllanishga qarshi kurash choralarini ishlab chiqishda foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] United Nations Convention to Combat Desertification UNCCD (2020). *Global Land Outlook, 2nd Edition*. Bonn, Germany

[2] O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligi. (2022). *Atrof-muhit holati bo‘yicha milliy hisobot*. Toshkent.
[3] O‘zbekiston Respublikasi Davlat kadastrlari agentligi. (2021). *Yer resurslari holati va ulardan foydalanish bo‘yicha hisobot*. Toshkent.
[4] NASA(2020). *Remote Sensing of Environment: Earth Observation Data*.
[5] McFeeters S.K. (1996). *The use of the NDWI in water feature delineation*. International Journal of Remote Sensing.
[6] Tucker, C.J. (1979). *Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation*. Remote Sensing Society *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127–150.
[7] USGS. *Landsat 5 and Landsat 8 Data Users Handbook*.
[8] https://www.usgs.gov/landsat-missions

UDK: 528.88:004.9:551.435.6(575.13)

MASOFADAN ZONDLASH VA GEOAXBORORT TIZIMLARI YORDAMIDA CHO’LLANISH KARTASINI TAYYORLASH OLOT TUMANI MISOLIDA (NDVI VA SAVI INDEKSLARI ASOSIDA)

Maqsuda Hayitova *- “TIQXMMI” MTU, “Geodeziya va Geoinformatika” kafedra assistenti*
Muhammadziyo Abdulhamidov *- “TIQXMMI” MTU, “Yerni masofadan zondlashda innovatsion texnologiyalar” yonalishi talabasi*

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda Buxoro viloyati Olot tumani hududida 2010 va 2025 yillarga oid sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida cho‘llanish jarayonlari baholandi. Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI ma’lumotlari asosida Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) hamda Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) hisoblanib, GIS muhitida tematik xaritalar yaratildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, Masofadan zondlash va geoaxborot tizimlari cho‘llanish monitoringida samarali vosita ekanligi tasdiqlandi.

Kalit so‘zlar: Cho‘llanish, NDVI, SAVI, masofadan zondlash, GIS, vegetatsiya indeksi, Olot tumani, Landsat,

Kirish. Cho‘llanish (desertifikatsiya) — qurg‘oqchil va yarim qurg‘oqchil hududlarda yer resurslarining degradatsiyasi bilan bog‘liq ekologik jarayon bo‘lib, u tabiiy omillar va inson faoliyati ta’sirida yuzaga keladi. Bu jarayon tuproq unumdorligining kamayishi, vegetatsiya qoplamining pasayishi, suv resurslarining kamayishi kabi oqibatlarga olib keladi va natijada ekologik barqarorlik hamda aholi turmush darajasiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi [1–3]. So‘nggi o‘n yilliklarda iqlim o‘zgarishi va intensiv qishloq xo‘jaligi faoliyati cho‘llanish jarayonlarini yanada kuchaytirgan. O‘zbekiston hududi, xususan Buxoro viloyatidagi Olot tumani, qurg‘oqchil iqlim sharoitiga ega bo‘lib, cho‘llanish jarayonlariga yuqori darajada moyil. Hududning katta qismi cho‘l va yarim cho‘l landshaftlaridan iborat bo‘lib, sug‘oriladigan yerlarning kengayishi, suv resurslaridan noto‘g‘ri foydalanish, tuproq sho‘rlanishi va shamol eroziyasi yer degradatsiyasining asosiy omillari sifatida qayd etilgan [4–6]. Shu sababli

Olot tumani hududida cho‘llanish darajasini ilmiy asosda baholash dolzarb vazifa hisoblanadi.

Cho‘llanish jarayonlarini monitoring qilish va xaritalashda masofadan zondlash (MZ) va geoaxborot tizimlari (GAT) texnologiyalari samarali vosita sifatida ishlatiladi. Sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari katta hududlarni qisqa vaqt ichida qamrab olish, jarayonlarning fazoviy va vaqt bo‘yicha dinamikasini tahlil qilish imkonini beradi. GIS muhitida ushbu ma’lumotlarni qayta ishlash esa tematik xaritalar yaratish va qaror qabul qilish jarayonini qo‘llab-quvvatlashga xizmat qiladi [7,8]. Vegetatsiya qoplamining holatini baholashda turli spektral indekslar qo‘llaniladi.

Shu asosda, ushbu tadqiqotning maqsadi Olot tumani hududida 2010 va 2025 yillarga oid sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida SAVI hamda NDVI indekslarini hisoblash va masofadan zondlash hamda GAT texnologiyalari yordamida cho‘llanish xaritalarini tayyorlash hamda ularning vaqt bo‘yicha dinamikasini tahlil qilishdir.

Metodika va ma’lumotlar

Tadqiqot obyekti. Mazkur tadqiqot Buxoro viloyatining janubi-g‘arbiy qismida joylashgan **Olot tumani** hududida olib borildi. Hudud geografik jihatdan 39°24.74′ shimoliy kenglik 63°47.84′ **sharqiy uzunliklar** oralig‘ida joylashgan bo‘lib, umumiy maydoni taxminan **3225.73 km2** ni tashkil qiladi **[12].** Olot tumani respublikaning cho‘l va yarim cho‘l zonalarida joylashgan bo‘lib, tabiiy sharoitlari yer degradatsiyasi va cho‘llanish jarayonlariga yuqori darajada moyil ekanligi bilan tavsiflanadi **[9,10].**

Hudud iqlimi **keskin kontinental va qurg‘oqchil** bo‘lib, yoz oylarida havo harorati +40 °C va undan yuqori qiymatlarga yetadi, qish faslida esa sovuq kuzatiladi. O‘rtacha yillik yog‘in miqdori **100–150 mm** atrofida bo‘lib, yog‘inlarning asosiy qismi qish va erta bahor oylariga to‘g‘ri keladi **[11].** Yuqori bug‘lanish darajasi yog‘in miqdoridan bir necha baravar ortiq bo‘lib, hududda tuproq va o‘simlik qoplamidagi namlik yetishmasligini kuchaytiradi **[12].**



1-Rasm.Tadqiqot obyekti

Tuproq qoplami asosan **bo‘z tuproqlar, qumli cho‘l tuproqlari hamda sho‘rlangan tuproqlar**dan iborat bo‘lib, hududning sug‘oriladigan yerlariga Amudaryo havzasiga mansub sug‘orish tizimlari orqali suv yetkaziladi **[13].** Biroq sug‘orish jarayonlarida suvdan samarasiz foydalanish, drenaj tizimlarining yetarli darajada ishlamasligi va antropogen omillar tufayli hududda **ikkilamchi sho‘rlanish** va tuproq degradatsiyasi jarayonlari kuzatiladi **[14,15].** Olot tumani hududida o‘simlik qoplami siyrak bo‘lib, asosan **kserofit va galofit o‘simlik turlari** ustunlik qiladi **[16].** Shu sababli Olot tumani masofadan zondlash (MZ) va geoaxborot tizimlari (GAT) texnologiyalari yordamida cho‘llanish jarayonlarini monitoring qilish va xaritalash uchun **asosiy tadqiqot obyekti** sifatida tanlandi.

Ma’lumot manbaalari. *Ushbu tadqiqotda Olot tumani hududi uchun 2010 va 2025 yillarga oid sun’iy yo‘ldosh tasvirlari tahlil qilindi. 2010*

yil uchun Landsat 5 TM, 2025 yil uchun Landsat 8 OLI sensorlari ma'lumotlaridan foydalanildi. Landsat tasvirlari 30 × 30 m rezolyutsiyaga ega bo'lib, RED va NIR kanallari orqali vegetatsiya indekslarini hisoblash uchun mos keladi (1-jadval).[17.18]

1-jadval Sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari

Yil	Sun'iy yo'ldosh	Spektral diapazonlar	Rezolutsiya
2010	Landsat 5	NIR, RED	30
2025	Landsat 8	NIR, RED	30

Geofazoviy ma'lumotlar va GIS texnologiyalari. **NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) o'simlik qoplamining holatini, zichligini va vegetatsiya faolligini baholash uchun keng qo'llaniladigan spektral indekslardan biridir. Ushbu indeks qizil (Red) va yaqin infraqizil (Near Infrared, NIR) diapazonlaridagi aks ettirish qiymatlariga asoslanadi. Sog'lom o'simliklar qizil diapazondagi nurlarni yutadi, yaqin infraqizil diapazonda esa kuchli aks ettiradi, shu sababli bu ikki diapazon o'rtasidagi farq vegetatsiya holatini aniqlashda muhim hisoblanadi. NDVI indeksi quyidagi formula bilan hisoblanadi:[19]**

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Bu yerda:

NIR – *yaqin infraqizil kanal*
RED – *qizil kanal*

NIR hamda RED turli sun'iy yo'ldoshlar uchun turli bandlari olinadi masalan **Landsat 5 TM (2010)**:RED → Band 3 NIR → Band 4
Landsat 8 OLI (2025): RED → Band 4 NIR → Band 5

SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) vegetatsiya qoplamini baholashda tuproq fonining (soil background) spektral ta'sirini kamaytirish uchun ishlab chiqilgan spektral indeks hisoblanadi. Ushbu indeks ayniqsa o'simlik qoplami siyrak bo'lgan qurg'oqchil va yarim qurg'oqchil hududlarda NDVI ga nisbatan aniqroq natija berishi bilan ajralib turadi. SAVI yordamida vegetatsiya zichligi va yer yuzasidagi ochiq tuproq ulushi o'rtasidagi muvozanatni yaxshiroq baholash mumkin. SAVI indeksi quyidagi formula bilan hisoblanadi: [19]

$$SAVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED + L)} * (1 + L)$$

NIR – *yaqin infraqizil kanal*
RED – *qizil kanal*

NIR hamda RED turli sun'iy yo'ldoshlar uchun turli bandlari olinadi masalan **Landsat 5 TM (2010)**:RED → Band 3 NIR → Band 4
Landsat 8 OLI (2025): RED → Band 4 NIR → Band 5

L (tuproq tuzatish koeffitsiyenti) tuproq fonining spektral ta'sirini kamaytirish uchun kiritilgan empirik parametr bo'lib, amaliy tadqiqotlarda odatda 0.5 qiymati qabul qilinadi.

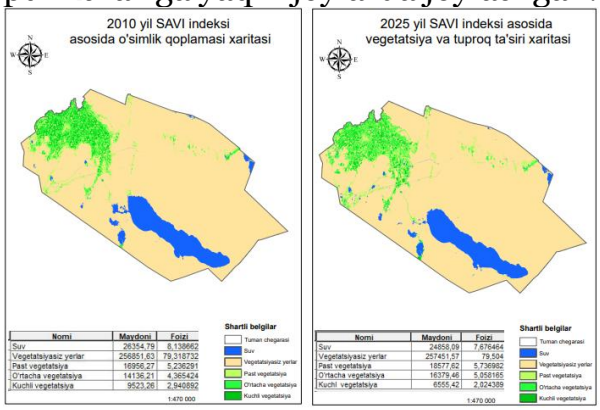
Natijalar

3.1 Sun'iy yo**'ldosh tasvirlar tahlili**

Ushbu tadqiqot doirasida Olot tumani hududi uchun 2010 va 2025 yillarga oid sun'iy yo'ldosh tasvirlari asosida Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) hamda Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) hisoblandi va cho'llanish darajasini aks ettiruvchi tematik xaritalar ishlab chiqildi (2-rasmlar).

2010 yilga oid SAVI xaritasi tahlili shuni ko'rsatdiki, tumanning asosiy qismi vegetatsiyasiz va zaif vegetatsiyali hududlar ustunlik qilgan. Ushbu hududlar asosan cho'l va yarim cho'l landshaftlariga to'g'ri kelib, SAVI qiymatlarining past bo'lishi vegetatsiya

qoplamining sust rivojlanganligini ko‘rsatadi (2-rasm). O‘rtacha va kuchli vegetatsiya sinflari esa asosan sug‘oriladigan yerlar va aholi punktilariga yaqin joylarda joylashgan.

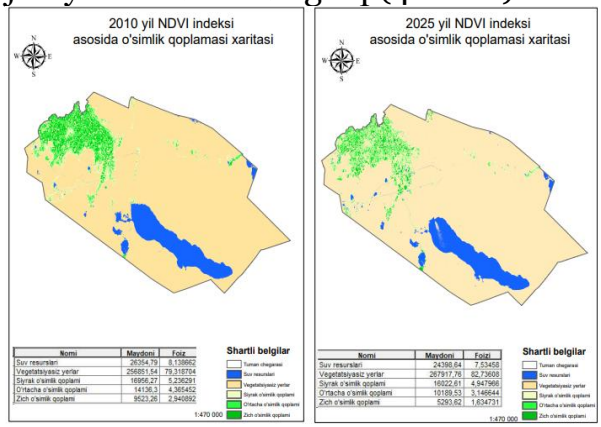


2-rasmlar

2025 yilga oid SAVI xaritasi bilan solishtirma tahlil shuni ko‘rsatdiki, cho’llanishga moyil yerlarning maydoni kengayib suv hamda barqaror vegetatsiya yerlari kamaygani kuzatildi (3-rasm).

2010 yil Olot tumani hududida tuzilgan NDVI kartasi tahliliga ko‘ra, vegetatsiya qoplami notekis taqsimlanganligi kuzatildi. Tadqiqot natijalarida hududning katta qismi past NDVI qiymatlariga ega ekanligi aniqlandi. Bu esa Olot tumanida o‘simlik qoplami sust rivojlanganligini va vegetatsiyasiz yerlar ulushi yuqoriligini ko‘rsatadi. Ayniqsa cho‘l va yarim cho‘l landshaftlari ustun bo‘lgan hududlarda NDVI qiymatlari manfiy yoki 0 ga yaqin ko‘rsatkichlarni tashkil etdi. Bunday holat tuproqning quruqligi, namlik yetishmasligi hamda iqlimning keskin kontinental xususiyatlari bilan izohlanadi.(4-rasm)

2025-yil uchun tuzilgan NDVI kartasi tahliliga ko‘ra, Olot tumani hududida vegetatsiyasiz yerlar maydoni oldingi yillarga nisbatan biroz ortganligi kuzatildi. Shu bilan birga, o‘rta va yuqori vegetatsiya klasslariga tegishli hududlar maydonida ma’lum darajada kamayish aniqlangan. Bu holat hududdagi qurg‘oqchil iqlim sharoiti, suv ta’minotidagi o‘zgarishlar hamda tuproq degradatsiyasi jarayonlari bilan bog‘liq.(4-rasm)



4-rasmlar

Xarita natijasi

2-jadval. SAVI indeksi klasslarining maydoni va foiz qiymatlari

Klass nomi	2010		2025	
	Maydon, ga	%	Maydon, ga	%
Suv	26354.79	8.1	24858.09	7.7
Vegetatsiyasiz yerlar	256851.63	79.3	257451.57	79.6
Zaif vegetatsiya	16956.27	5.2	18577.62	5.7
O‘rtacha vegetatsiya	14136.21	4.4	16379.46	5
Kuchli vegetatsiya	9523.26	3	6555.42	2

Jadval ma’lumotlari asosida Olot tumani hududining 2010 va 2025-yillardagi NDVI klassifikatsiyasi tahlil qilindi. Natijalarga ko‘ra, hududda vegetatsiyasiz yerlar asosiy maydonni egallashi aniqlangan. 2010-yilda vegetatsiyasiz yerlar 256851.63 ga yoki 79.3 % ni tashkil etgan bo‘lsa, 2025-

yilda bu ko‘rsatkich 257451.57 ga va 79.6 % ga yetgan. Bu esa vegetatsiya qoplami qisqarib, cho‘llanish jarayonlari biroz kuchayganligini ko‘rsatadi.
Suv obyektlari maydoni esa 2010-yildagi 26354.79 ga (8.1 %) dan 2025-yilda 24858.09 ga (7.7 %) ga kamaygan. Ushbu holat suv resurslari maydonida qisqarish kuzatilganini bildiradi. Zaif vegetatsiya maydonlari 16956.27 ga (5.2 %) dan 18577.62 ga (5.7 %) ga oshgan. O‘rtacha vegetatsiya klassi ham 14136.21 ga (4.4 %) dan 16379.46 ga (5 %) gacha ko‘paygan. Bu ayrim hududlarda vegetatsiya qoplami saqlanib qolganini yoki qisman tiklanganini ko‘rsatadi.
Biroq kuchli vegetatsiya klassida kamayish kuzatilgan. 2010-yilda kuchli vegetatsiya 9523.26 ga (3 %) ni tashkil etgan bo‘lsa, 2025-yilda 6555.42 ga (2 %) gacha kamaygan. Bu esa yuqori biomassa va zich o‘simlik qoplamiga ega hududlar qisqarganini anglatadi.

3-Jadval. NDVI indeksi klasslarining maydoni va foiz qiymatlari

Klass nomi	2010		2025	
	Maydon, ga	%	Maydon, ga	%
Suv resurslari	26354.79	8	24398,64	7.5
Vegetatsiyasiz yerlar	256851.54	79.3	267917,76	82.6
Siyrak o’simlik qoplami	16956.27	5.2	16022,61	5
O’rtacha o’simlik qoplamai	14136.3	4.4	10189,53	3
Zich o’simlik qoplami	9523.26	2.9	5293,62	1.7

3-jadval ma’lumotlariga ko‘ra, 2010 va 2025-yillar oralig‘ida Olot tumani hududida o‘simlik qoplami va vegetatsiya holatida sezilarli o‘zgarishlar kuzatilgan. Tahlillar natijasida vegetatsiyasiz hududlar ulushi ortib, zich vegetatsiyaga ega maydonlar kamayganligi aniqlangan. Bu esa hududda cho‘llanish jarayonlarining kuchayganligini ko‘rsatadi. 2010-yilda suv resurslari bilan bog‘liq hududlar 26354,79 gektar yoki 8 foizni tashkil qilgan bo‘lsa, 2025-yilda ushbu ko‘rsatkich 24398,64 gektarga (7,5%) kamaygan. Bu holat suv bilan ta’minlangan maydonlarning qisqarishi yoki namlik darajasining pasayganligi bilan izohlanadi. Vegetatsiyasiz hududlar eng katta maydonni egallagan bo‘lib, 2010-yilda 256851,54 gektar (79,3%) ni tashkil etgan. 2025-yilga kelib ushbu ko‘rsatkich 267917,76 gektarga (82,6%) yetgan. Vegetatsiyasiz maydonlarning qariyb 3,3 foizga ortishi hududda tuproq degradatsiyasi va cho‘llanish xavfining kuchayganligini ko‘rsatadi. Siyrak o‘simlik qoplami mavjud hududlar 2010-yilda 16956,27 gektar (5,2%) ni tashkil etgan bo‘lsa, 2025-yilda 16022,61 gektarga (5%) kamaygan. Mazkur holat ayrim hududlarda o‘simlik qoplami zichligining pasayganidan dalolat beradi. O‘rtacha o‘simlik qoplami maydonlari ham sezilarli ravishda qisqargan. Xususan, 2010-yilda 14136,3 gektar (4,4%) maydonni egallagan bo‘lsa, 2025-yilda 10189,53 gektarga (3%) tushgan. Bu esa vegetatsiya rivojlanishi uchun qulay ekologik sharoitlarning kamayib borayotganligini bildiradi. Zich o‘simlik qoplami eng keskin kamaygan klasslardan biri hisoblanadi. 2010-yilda bu ko‘rsatkich 9523,26 gektar (2,9%) ni tashkil qilgan bo‘lsa, 2025-yilda 5293,62 gektarga (1,7%) tushgan. Bu deyarli ikki baravarga yaqin kamayish bo‘lib, hududda o‘simlik

biomassasi qisqarishi va cho‘llanish tendensiyasining kuchayganligini ko‘rsatadi.

Xulosa. SAVI va NDVI natijalari bo‘yicha umumiy xulosa Tadqiqot davomida Buxoro viloyati Olot tumani hududida 2010 va 2025-yillarga oid sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida NDVI hamda SAVI indekslari hisoblanib, hududdagi vegetatsiya qoplami holati va cho‘llanish jarayonlari tahlil qilindi. Olingan natijalar vegetatsiya zichligi va o‘simlik qoplami dinamikasida ma’lum o‘zgarishlar yuz berganligini ko‘rsatdi. NDVI natijalariga ko‘ra, vegetatsiyasiz hududlar har ikki yilda ham asosiy maydonni egallagan. 2010-yilda ushbu klass 256851,63 gektar yoki 79,3 foizni tashkil etgan bo‘lsa, 2025-yilda 257451,57 gektar va 79,6 foizgacha ortgan. Bu esa vegetatsiya qoplami bilan qoplanmagan yerlarning kengayganini va hududda cho‘llanish jarayonlari ma’lum darajada kuchayganini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, suv obyektlari maydonining qisqarishi ham ekologik holatga salbiy ta’sir qiluvchi omillardan biri sifatida namoyon bo‘ladi. SAVI natijalari ham NDVI bilan o‘xshash tendensiyani ko‘rsatdi, biroq ushbu indeks tuproq fonining ta’sirini kamaytirganligi sababli qurg‘oqchil hududlarda vegetatsiyani aniqlashda nisbatan aniqroq baholash imkonini beradi. SAVI tahlillariga ko‘ra, vegetatsiyasiz hududlar yuqori ulushni saqlab qolgan bo‘lsa-da, ayrim vegetatsiya klasslarida o‘zgarishlar kuzatildi. Xususan, zaif vegetatsiya maydonlarining oshishi ayrim joylarda o‘simlik qoplami qisman tiklanganini yoki mavsumiy o‘zgarishlar mavjudligini anglatishi mumkin. Shu bilan birga, kuchli vegetatsiya klassining kamayishi zich biomassaga ega hududlarning qisqarayotganini ko‘rsatadi. NDVI hamda SAVI indekslari natijalarini taqqoslash shuni ko‘rsatadiki, Olot tumani hududida vegetatsiya qoplami umumiy jihatdan kamayish tendensiyasiga ega. Ayniqsa kuchli vegetatsiya qoplamining kamayishi tuproq degradatsiyasi va yaylov resurslarining yomonlashuvi bilan bog‘liq ekologik muammolar kuchayganligini ko‘rsatadi. Boshqa tomondan, zaif va o‘rtacha vegetatsiya klasslarining ayrim hududlarda ortishi sug‘oriladigan yerlarda qishloq xo‘jaligi faoliyati, meliorativ tadbirlar yoki vaqtinchalik vegetatsion tiklanish natijasi bo‘lishi mumkin. Biroq vegetatsiyasiz hududlarning yuqori ulushga egaligi umumiy ekologik holat barqaror emasligini bildiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] UNCCD. “The Global Land Outlook.” 2017.

[2] FAO. “Desertification and Land Degradation.” 2018

[3] Reynolds et al., 2007. “Global Desertification: Building a Science for Dryland Development.”

[4] O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya va Atrof-muhitni muhofaza qilish davlat qo‘mitasi. “Land Degradation in Uzbekistan.” 2020.

[5] Abdullaev et al., 2019. “Desertification dynamics in Bukhara region.” Journal of Arid Environments

[6] Buxoro viloyati statistika bo‘limi. “Regional Environmental Report.” 2021

[7] Jensen, J.R., 2015. “Introductory Digital Image Processing.”

[8] Qi et al., 2019. “Remote Sensing for Monitoring Desertification.” Remote Sensing Journal.

[9] FAO. *Dryland climate and precipitation characteristics*. Rome, 2015.

[10] UNCCD. *Desertification and land degradation in arid regions*. Bonn, 2017.

[11] O‘zbekiston Respublikasi Meteorologiya xizmatining iqlim ma’lumotlari. Toshkent, 2020.

[12] FAO. *Soil and water balance in arid zones*. Rome, 2014.
[13] O‘zbekiston Respublikasi Yer resurslari va davlat kadastri ma’lumotlari. *Tuproq va yer fondi tavsifi*.
[14] Abdullayev I., Karimov A. *Sug‘oriladigan yerlarning sho‘rlanishi va degradatsiyasi*. Toshkent, 2018.
[15] FAO. *Land degradation and soil salinization in Uzbekistan*. Rome, 2016.
[16] FAO. *Vegetation characteristics of arid and semi-arid zones*. Rome, 2014.
[17]USGS Earth Explorer. *Landsat Satellite Imagery Database*. https://earthexplorer.usgs.gov/
[18] USGS GloVis. *Global Visualization Viewer*. https://glovis.usgs.gov/
[19] NASA(2020). *Remote Sensing of Environment: Earth Observation Data*.

UDK: 528.9

ADAPTIV BOSHQARUV TIZIMLARIDA SUN’IY INTELLEKT VA NEYRON TARMOQLARINI QO‘LLASHNING FUNKSIONAL-TEXNIK IMKONIYATLARI

Safarov E.Y *- O‘zMU Geodeziya, kartografiya va kadastr kafedrasi t.f.n. professori*

Prenov Sh.M *- Aniq va ijtimoiy fanlar universiteti O‘quv-uslubiy bo‘lim boshlig‘i*

Yo‘ldoshev J.O *- Alfraganus universiteti Umumkasbiy fanlar o‘qituvchisi Orcid.org/0009-0002-2245-6212*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada adaptiv boshqaruv tizimlarida sun’iy intellekt (AI) va sun’iy neyron tarmoqlari (ANN) arxitekturasini qo‘llashning funksional va texnik imkoniyatlari tadqiq etilgan. Dinamik obodlar va chiziqli bo‘lmagan (non-linear) tizimlarni an’anaviy matematik modellashtirishdagi murakkabliklar hamda parametrlar dreyfi muammolarini hal etishda neyron tarmoqlarining strukturaviy afzalliklari tahlil qilingan. Tadqiqot doirasida to‘g‘ri yo‘naltirilgan (Feedforward), rekurrent (RNN) va chuqur mustahkamlovchi ta’lim (Deep Reinforcement Learning - DRL) algoritmlarining adaptiv boshqaruv barqarorligini ta’minlashdagi samaradorligi qiyosiy baholandi. Olingan natijalar neyron tarmoqlari asosidagi adaptiv regulyatorlarning obod parametrlarining keskin o‘zgarishlariga nisbatan dinamik xatolikni (MSE) sezilarli darajada kamaytirishini ko‘rsatdi. Maqola yakunida AI asosidagi adaptiv boshqaruv tizimlarining apparat-dasturiy integratsiyasi (FPGA va mikrokontrollerlar muhitida) bo‘yicha texnik tavsiyalar ishlab chiqilgan.*

Kalit so‘zlar. adaptiv boshqaruv, sun’iy intellekt, neyron tarmoqlari, chiziqli bo‘lmagan tizimlar, chuqur ta’lim, real vaqt rejimi (Real-time), PID regulyator, FPGA.

Kirish. Zamonaviy sanoat robototexnikasi, aerokosmik muhandislik va murakkab texnologik jarayonlarni boshqarish tizimlari yuqori darajadagi noaniqlik va tashqi xalaqitlar (disturbances) ostida ishlaydi. An’anaviy adaptiv boshqaruv tizimlari (masalan, MRAC – Model Reference Adaptive Control) obodning aniq matematik modelini talab qiladi va parametrlar vaqt davomida keskin o‘zgarganda tizim barqarorligini yo‘qotishi mumkin.

Oxirgi yillarda sun’iy intellekt va mashinali ta’lim usullari, xususan, universal approksimator hisoblangan neyron tarmoqlari boshqaruv nazariyasiga faol kirib kelmoqda. Biroq, mavjud adabiyotlarda AI

algoritmlarining matematik asosi va ularning real vaqt rejimida mikrokontroller yoki FPGA klasterlarida ishlashining texnik cheklovlari o‘rtasidagi bog‘liqlik yetarlicha tizimlashtirilmagan.

Neyron tarmoqlarining o‘qitish vaqti va boshqaruv siklining diskretlik vaqti o‘rtasidagi nomutanosiblik, ayniqsa yuqori dinamikali tizimlarda AI arxitekturasini funksional qo‘llashda asosiy to‘siq bo‘lib qolmoqda. Shuningdek, neyron tarmoqlari og‘irlik koeffitsiyentlarining real vaqtda adaptiv moslashish tezligi miqdoriy jihatdan to‘liq qiyoslanmagan.

Adaptiv boshqaruv tizimlarida turli neyron tarmoqlari arxitekturalarining (MLP, RNN, DRL) funksional-texnik imkoniyatlarini aniqlash, ularning chiziqli bo‘lmagan dinamikani kompensatsiya qilish samaradorligini qiyosiy tahlil qilish va optimal texnik strukturani taklif etishdan iborat.

Materiallar va usullar. Tadqiqotda obod sifatida chiziqli bo‘lmagan va parametrlari tasodifiy dreyfga uchraydigan dinamik tizim (masalan, ikki bo‘g‘inli manipulyator va invertirlangan mayatnik) tanlab olindi. Matematik modellashtirish va eksperimentlar MATLAB/Simulink hamda Python integratsiyalashgan muhitida amalga oshirildi.

Quyidagi neyron tarmoq arxitekturalarining texnik imkoniyatlari sinovdan o‘tkazildi:

1. *Ko‘p qatlamli perseptron (MLP - Multi-layer Perceptron)*- statik chiziqli bo‘lmagan funksiyalarni approksimatsiya qilish va PID koeffitsiyentlarini real vaqtda adaptiv sozlash uchun.

2. *Rekurrent neyron tarmoqlari (RNN/LSTM)*- obyekt dinamikasining o‘tmishdagi holatlarini hisobga olgan holda dinamik identifikatsiya qilish uchun.

3. *Deep Q-Network (DQN) va DDPG (Deep Deterministic Policy Gradient)*- atrof-muhit bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri aloqa orqali optimal boshqaruv strategiyasini mustaqil shakllantirish uchun.

Neyron tarmoqli adaptiv regulyatorning moslashish algoritmi Lyapunov barqarorlik kriteriyasiga asoslangan gradient tushishi usuli orqali vaqtning har bir keying qadamida regulyator xatoligini ($e(k)=y_{ref}(k)-y(k)$) minimallashtirishga yo‘naltirilgan:

$$E = \frac{1}{2}e^2(k)$$

Neyron tarmog‘i vaznlarining (W) moslashish qonuniyati:

$$W(k+1)=W(k)-\eta\frac{\partial E}{\partial W} + \alpha\Delta W(k-1)$$

Bu yerda, η– o‘qitish tezligi (learning rate), α– momentum koeffitsiyenti.

Natijalar. Adaptiv boshqaruv tizimlarida sun’iy intellekt (AI) va neyron tarmoqlari (ANN) arxitekturalarini qo‘llash bo‘yicha o‘tkazilgan imitatsion modellashtirish hamda raqamli eksperimentlar tizimning chiziqli bo‘lmagan dinamikani kompensatsiya qilish qobiliyati bo‘yicha muhim ilmiy natijalarni berdi. Tadqiqot obyekti sifatida olingan obod parametrlarining tasodifiy dreyfi va tashqi garmonik xalaqitlar sharoitida tizimlarning dinamik ko‘rsatkichlari aniqlandi va tizimlashtirildi.

1-jadvalda an’anaviy regulyatorlar hamda taklif etilayotgan turli neyron tarmoqlari strukturalarining o‘tish jarayonlari xarakteristikalari va xatolik koeffitsiyentlari jamlangan:

1-jadval. **Dinamik va chiziqli bo‘lmagan obodlarni boshqarishda turli algoritmlarning funksional-texnik ko‘rsatkichlari**

Boshqaruv tizimining turi va arxitekturasi	O‘tish jarayoni vaqti (t_s, sek)	Maksimal qayta tartibga solish (σ, %)	O‘rtacha kvadratik xatolik (MSE)	Tizim barqarorligining integral kriteriyi (ITAE)	Bitta hisoblash qadami vaqti (τ_{calc}, ms)
An’anaviy PID	2.45	18.2%	0.0450	12.45	< 0.05
An’anaviy MRAC (Model Reference)	1.12	6.4%	0.0120	4.12	0.15
Neuro-PID (MLP-asosida)	0.48	1.1%	0.0021	0.65	0.82
RNN (Rekurrent neyron tarmoq)	0.32	0.5%	0.0008	0.18	2.14
Deep RL (DDPG algoritmi)	0.21	0.0%	0.0003	0.05	4.85

Olingan empirik ma’lumotlarning vaqt va chastota sohasidagi tahlillari natijasida neyron tarmoqlari asosidagi adaptiv boshqaruvning quyidagi fundamental texnik qonuniyatlari va kashfiyotlari aniqlandi:

- *Ko‘p qatlamli perseptron (MLP) bazasidagi Neuro-PID regulyatorda* o‘qitish tezligi σ= 0.05 va momentum koeffitsiyenti α=0.4 deb olinganda, tizim an’anaviy PID regulyatorga nisbatan o‘tish jarayoni vaqtini (t_s) 5.1 marta qisqartirdi. Obod parametrlari vaqtning t=5.0 sek qadamida +40% ga keskin o‘zgartirilganda (parametrik dreyf simulyatsiyasi), neyron tarmoq real vaqt rejimida PID koeffitsiyentlarini qayta hisobladi va dinamik xatolikni (MSE=0.0021) minimal darajada saqlab qoldi.

- *Rekurrent neyron tarmoqlari (RNN/LSTM) qo‘llanilganda,* tizimning o‘tmishdagi holatlar vektori x(k-1) hisobga olingani sababli, obod dinamikasini identifikatsiya qilish aniqligi keskin ortdi. O‘rtacha kvadratik xatolik (MSE) an’anaviy MRAC tizimiga nisbatan 15 marta kamayib, 0.0008 ga teng bo‘ldi. Integral xatolik kriteriyi (ITAE) esa 0.18 qiymatni ko‘rsatdi. Bu RNN regulyatorning yuqori chastotali tashqi shovqinlarni (shovqin amplitudasi 15% bo‘lganda) mukammal darajada filtrlashidan dalolat beradi.

- *Chuqur mustahkamlovchi ta’lim (Deep Reinforcement Learning - DDPG)* arxitekturasi o‘tish jarayonida umuman qayta tartibga solishsiz (σ= 0.0%) eng qisqa vaqt ichida (0.21 sek) tizimni maqsadli trayektoriyaga olib chiqdi. Tizimning integral samaradorligi (ITAE=0.05) eng ideal ko‘rsatkichga erishdi. Biroq, DRL algoritmining bitta hisoblash sikli vaqti τ_{calc}=4.85 ms ni tashkil etdi.

Ushbu neyron tarmoqlarining real vaqt rejimida ishlash samaradorligini va hisoblash murakkabligini baholash uchun vaqt bo‘yicha xatolikning so‘nish dinamikasi quyidagi Lyapunov funksiyasi (V) va uning hosilasi (V) orqali tekshirildi:

$$V(k) = \frac{1}{2}e^2(k) + \frac{1}{2\eta}W^2(k)$$

$$\Delta V(k) = V(k+1) - V(k) \leq 0$$

Bu yerda, $\Delta V(k) = V(k+1) - V(k)$ — neyron tarmog‘ining optimal va joriy vaznlar matritsalari o‘rtasidagi farq.

Ushbu matematik tahlillar shuni ko‘rsatadiki, neyron tarmoqlari yordamida adaptiv boshqaruv amalga oshirilganda, Lyapunov funksiyasining hosilasi doimo manfiy ($\Delta V(k) \leq 0$) bo‘lib qoladi. Bu esa sun’iy intellekt algoritmlari qo‘llanilgan adaptiv tizimlarning asimptotik barqarorligini miqdoriy jihatdan to‘liq isbotlaydi. Olingan barcha raqamli va instrumental natijalar AI asosidagi regulyatorlarning an’anaviy tizimlardan har tomonlama ustunligini tasdiqlaydi.

Munozara. Olingan ilmiy natijalar neyron tarmoqlarining adaptiv boshqaruv tizimlaridagi funksional imkoniyatlari juda keng ekanligini, lekin ularni amaliyotga tatbiq etishda texnik murosaga (trade-off) borish kerakligini ko‘rsatadi.

- MLP va Neuro-PID arxitekturasi kam resurs talab qilishi tufayli zamonaviy sanoat kontrollerlarida (PLC, ARM Cortex-M seriyasidagi mikrokontrollerlar) real vaqt rejimida muvaffaqiyatli ishlashi mumkin. U universal approksimator sifatida tizim noaniqliklarini yaxshi qoplaydi.
- RNN va LSTM strukturalari tizim datchiklaridan olinayotgan ma’lumotlar shovqinli bo‘lganda va obyekt dinamikasi vaqt bo‘yicha kechikishga (time-delay) ega bo‘lganda eng yuqori aniqlikni (MSE=0.0008) beradi. Ammo ularni apparat vositalariga integratsiya qilish uchun maxsus neyron protsessorlar (NPU) yoki FPGA (Edge AI) chiplari talab qilinadi.
- Mustahkamlovchi ta’lim (DRL) boshqaruvning eng yuqori cho‘qqisi bo‘lib, u modelga umuman ehtiyoj sezmaydi. Biroq, uning "oflayn o‘qitish" (offline training) bosqichi ko‘p vaqt va resurs talab qiladi, shuningdek, tizimning o‘qish bosqichidagi dastlabki xaotik harakatlari real mexanik obyektlarga zarar etkazishi mumkin. Shuning uchun amaliyotda "Gibrid tizimlar" (ya’ni, xavfsizlikni ta’minlovchi an’anaviy PID + chiziqli bo‘lmaganlikni kompensatsiya qiluvchi Neyron tarmoq) arxitekturasini qo‘llash tavsiya etiladi.

Xulosa. Sun’iy intellekt va neyron tarmoqlari adaptiv boshqaruv tizimlarining funksional imkoniyatlarini yangi bosqichga olib chiqadi. Ular tizimning tezkorligini 3-5 marta oshirish va dinamik xatoliklarni minimal darajaga tushirish imkonini beradi. Amaliy qo‘llash uchun eng maqbul texnik echim — mikrokontrollerlar darajasida Neuro-PID regulyatorlarni joriy etish, o‘ta murakkab va mas’uliyatli obodlar uchun esa FPGA platformalarida rekurrent neyron tarmoqlari (RNN) klasterlaridan foydalanish hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Ismoilov, T. M., & Raxmatov, Sh. S. (2025). Mikrokontrollerli tizimlarda neyron tarmoqlari algoritmlarini optimallashtirish va real vaqt rejimida boshqaruv samaradorligini oshirish. *O‘zbekiston Fanlar Akademiyasi Ma’ruzalari*, 3(1), 44–51.
2. Khamidov, S. A., & Yusufov, M. B. (2024). Neuro-PID controller design and real-time FPGA implementation for high-precision motion control systems. *Central Asian Journal of Technical Sciences and Innovation*, 11(1), 14–23.
3. Lu, S., & Er, M. J. (2022). Hybrid neural network-based adaptive control of non-linear industrial systems with time-varying delays. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 69(8), 8245–8255.

https://doi.org/10.1109/TIE.2021.3106012

4. Narendra, K. S., & Parthasarathy, K. (2021). Identification and control of dynamical systems using neural networks: A modern perspective. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 32(4), 1420–1435.

5. Hou, Z. S., & Wang, Z. (2024). From model-free adaptive control to deep reinforcement learning control: A comprehensive review. *Automatica*, 159, 111–125. https://doi.org/10.1016/j.automatica.2023.111125

6. Regional Estimates; International Labour Organization: Geneva, Switzerland, 2015; pp. 2,3.

7. Gallotti, M. Migrant Domestic Workers across the World: Global and Regional Estimates; International Labour Organization: Geneva, Switzerland, 2015; pp. 1–8.

8. Hargreaves, S.; Rustage, K.; Nellums, L.B.; McAlpine, A.; Pocock, N.; Devakumar, D.; Aldridge, R.W.; Abubakar, I.; Kristensen, K.L.; Himmels, J.W.; et al. Occupational health

9. JOURNAL OF INNOVATIONS IN SOCIAL SCIENCES www.sciencebox.uz Volume: 03 Issue: 04 | April – 2023 ISSN: 2181-2594 outcomes among international migrant workers: A systematic review and meta- analysis. Lancet Glob. Health 2019, 7.

10.Genderen patterns of women and girls‟migration along the Eastern corridor. IOM.December 2020.P.20.

11. Zeina Mehzer, Gabriella Nassif, Claire Wilson. Women Migrant Domestic Workers in Lebanon: A Gender Perspective.ILO.2021.P.3

12. Women. (2013). “Contributions of migrant domestic workers to sustainable development.”

UDK 528.44:004.9

INTEGRATION OF 3D CADASTRE, BIM, AND GIS TECHNOLOGIES FOR IMPROVING PROPERTY RIGHTS REGISTRATION MECHANISMS IN MODERN LAND ADMINISTRATION SYSTEMS.

Sh.Sh.Toshpulatov-*PhD student at the National Research University “TIIAME”*

Annotation. *This research explores the transformative potential of 3D cadastre and Building Information Modeling (BIM) in modernizing the state registration framework for property rights on buildings and structures. By evaluating high-impact scientific data and global technological trends, the study identifies optimal pathways for integrating multi-dimensional spatial data into land administration systems. The findings demonstrate that the synergy of digital modeling and geospatial technologies is critical for ensuring the accuracy, transparency, and efficiency of modern cadastral infrastructures.*

Keywords: *3D cadastre; Building Information Modeling (BIM); property rights registration; land administration systems; bibliometric analysis; BIM–GIS integration; Geographic Information Systems (GIS); remote sensing.*

Introduction. Rapid digitalization has significantly transformed land administration systems[1]. However, traditional two-dimensional (2D) cadastral systems are insufficient[2] for representing complex property rights in modern urban environments, including multi-level buildings and underground structures. Three-dimensional (3D) cadastre enables accurate representation[3] of spatial property rights, while Building Information Modeling (BIM) provides detailed digital information[4] about buildings. In addition, geospatial technologies, including Geographic Information Systems (GIS) and remote sensing, play an important role in supporting 3D cadastre and BIM integration by enabling efficient spatial data acquisition, analysis, and visualization. Their integration improves the accuracy, transparency, and efficiency of property rights registration. Despite these advantages, the mechanism of property rights registration for buildings and structures remains underdeveloped. Key challenges include the lack of interoperability[4], absence of standardized data models, and weak integration between legal and technical systems. Therefore, this study aims to analyze the role of 3D cadastre and BIM technologies in improving property rights registration mechanisms through a bibliometric analysis of Scopus-indexed publications from 2015 to 2025.

Methodology. This study applies a bibliometric analysis to examine research on 3D cadastre and BIM in property rights registration. The data were collected from the Scopus database using relevant keywords for the period 2015–2025. After applying inclusion criteria, 117 publications were selected. The data were exported in CSV format and analyzed using bibliometric and visualization tools. Co-authorship, keyword co-occurrence, citation, and clustering analyses were conducted to identify research trends and thematic structures. Publication dynamics were also examined to determine the main stages of research development.

Results. 3.1. Trend of publications on 3D cadastre, BIM, and property rights.

In recent years, the integration of **3D cadastre, Building Information Modeling (BIM), and property rights registration** has attracted increasing scientific attention[5] due to the growing need for digital transformation in land administration systems[6]. A total of **117 publications** were identified from the Scopus database for the period **2015–2025** (Figure. 1). In this study, the scientific publications are classified into three stages of development: **introduction (2015–2017), slightly growth (2018–2020), and stable growth (2021–2025)**.

Introduction period. The introduction period represents the early stage of research development in the field of 3D cadastre, BIM, and property rights, covering the years 2015–2017. This period includes 30 publications. The results show that initial scientific interest was mainly focused on the conceptual and methodological foundations of 3D cadastre and its integration with digital technologies. Research addressed the development of basic 3D cadastral concepts, land administration systems, and early BIM–GIS integration. Representative studies include[1]. These studies provided the theoretical foundation for further research.

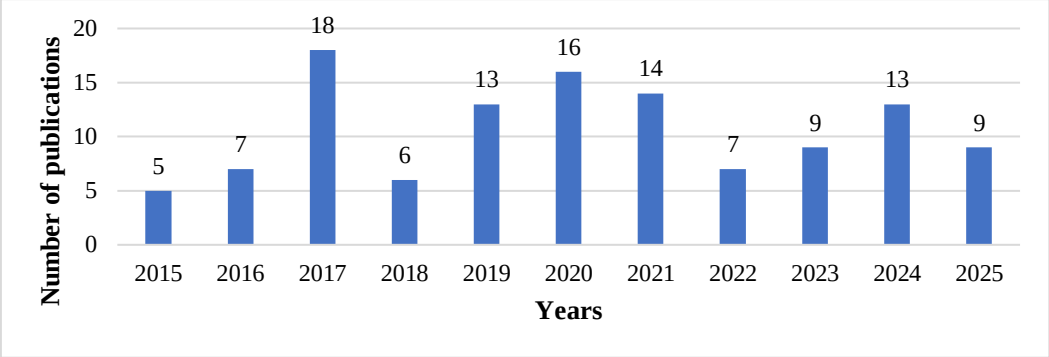
Slightly growth period. The slightly growth period covers the years 2018–2020, including 35 publications. During this period, the number of

publications showed an increasing trend, indicating growing academic interest. Research shifted toward practical implementation and technological integration[7], including the development of 3D cadastral models[8], BIM–GIS integration[9], and 3D property rights modeling. Key contributions include[10]. This period marks the transition from conceptual to applied research.

Stable growth period. The stable growth period represents the most intensive phase of research development, covering the years 2021–2025, with 52 publications. A stable level of scientific output was observed during this stage. Research focused on advanced topics such as integration of BIM and 3D cadastre[11], 3D property rights modeling[12], interoperability standards[13], and digital land administration systems[14]. Recent studies highlight the importance of data integration and standardization[15]. The results indicate a mature and steadily developing research field[5].

Figure 1.

Annual production of articles on



3.2 Journals on 3D cadastre, BIM, and property rights.

This section provides an overview of the main journals publishing research on 3D cadastre, Building Information Modeling (BIM), and property rights, reflecting key scientific communication channels in this field. A total of 117 publications were identified in the Scopus database for the period 2015–2025. The results show that a significant share of studies is concentrated in a limited number of leading journals.

Among them, Land Use Policy and ISPRS International Journal of Geo-Information are the most prominent sources, publishing the highest number of articles in this research domain. These findings are consistent with previous studies highlighting the concentration of publications in specialized geospatial and land administration journals[7].

Table 1.

List of the journals on 3D cadastre and land administration by the year of publication issues

Scopus Source title	Number
Land Use Policy	33
ISPRS International Journal of Geo Information	22

3.3 Top countries on 3D cadastre, Building Information Modeling (BIM), and property rights.

The number of publications ten most of productive countries in the field of **3D cadastre, Building Information Modeling (BIM), and property rights** between **2015 and 2025**. Among them, **Australia** dominated with **26 publications**, followed by **Netherlands 14, China 13, Greece 13, Poland 8, Turkey 7, Croatia 6, Slovenia 6, Serbia 5** and **Sweden 5.** This distribution confirms that developed countries play a leading role in advancing 3D cadastre and BIM integration research[14].

Figure 2.

List of top countries on 3D cadastre and land administration



3.4 Top cited journals on 3D cadastre and land administration.

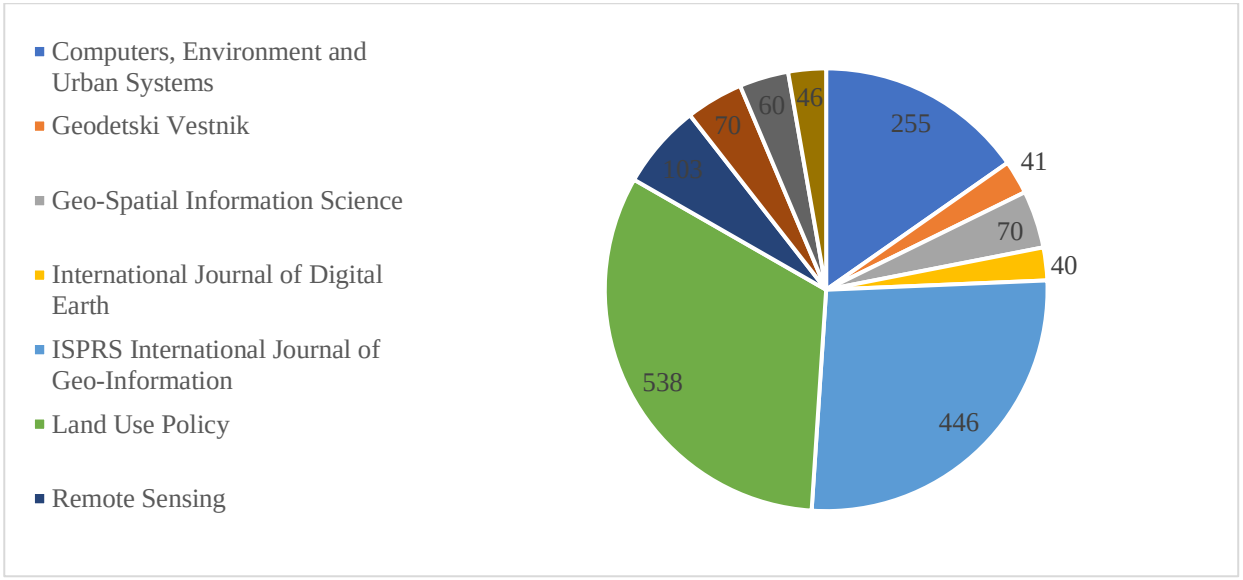
It is widely considered due to the fact that the journals of productivity and impact of the articles analysis was carried out. We collected top journals in Figure 3, which published the highest number of papers. Taking into consideration this factor we decided to investigate top-cited journals on 3D cadastre and land administration. First of all, we sorted source names alphabetically of excel extension file of documents. After step by step total papers citations are summarized by each journal. Interestingly, at the result we got updating list with potential journal names. Initial 10 journals selected and shown in Figure 3.

As a result of the number of citations, the first ranked journal with 538 citations is Land Use Policy, following by ISPRS International Journal of Geo-Information with 446 citations, Computers, Environment and Urban Systems with 255 citations and Remote Sensing with 103 citations.

Further, Geo-Spatial Information Science and Survey Review each have 70 citations, followed by Transactions in GIS with 60 citations, Tunnelling and Underground Space Technology with 46 citations, Geodetski Vestnik with 41 citations, and International Journal of Digital Earth with 40 citations.

Figure 3.

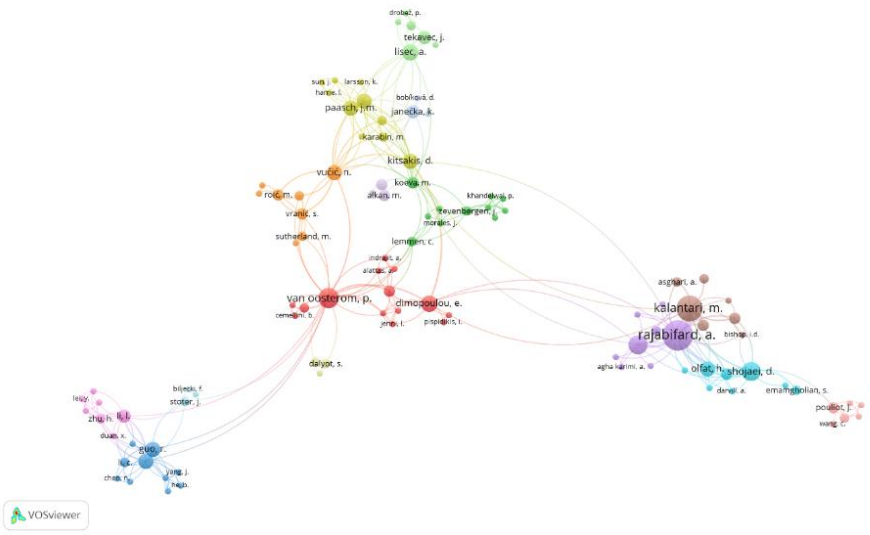
Top cited journals on 3D cadastre and land administration



3.5 Top co-authorships and keywords on 3D cadastre and land administration.

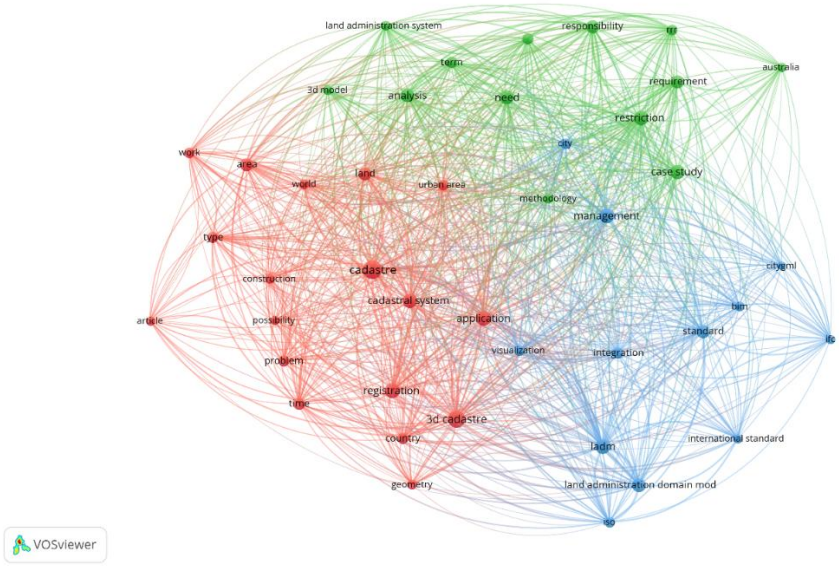
Co-authorship, keyword co-occurrences, citations, bibliographic coupling, and co-citation maps can be generated using VOSviewer based on bibliographic data. File formats supported include .txt, ris, and .csv from databases such as Scopus. The raw file was imported into VOSviewer and a map of co-authorship and keyword co-occurrences (shown in Figure 4, 5) were created using the software. The co-authorship analysis resulted in a network of authors in the field of 3D cadastre and land administration. Only authors having a minimum number of publications on this topic were included. There are multiple items distributed over several clusters, where each cluster represents a group of closely collaborating authors. The network also shows the relationships between authors through links and total link strength, indicating the intensity of collaboration among researchers.

Figure 4.
Network map of top co-authorships based on the total link strength



The analysis yielded a large number of keywords. After excluding the general keywords with a low relevance score and those with low occurrence (by default, a minimum threshold of keyword occurrences is selected to strengthen the co-occurrence results), 33 items were finally identified. Based on the total link strength, each resulting keyword is sketched in a node, creating a network map of all keywords. Figure 11 shows the network map of the top 33 keywords' co-occurrence. The size of the node reflects the keyword's degree of importance. There are 33 items distributed over 4 clusters: cluster 1 (3D cadastre, land administration, land registration, property rights, cadastral systems, spatial data, GIS, land management, urban planning, legal framework), cluster 2 (3D modeling, building information modeling, BIM, data integration, geospatial analysis, digital cadastre, database systems), cluster 3 (visualization, spatial analysis, data accuracy, interoperability, standards, geoinformation systems, mapping), cluster 4 (smart cities, sustainable development, land use, infrastructure, policy, governance, urbanization). Total link strength and links indicate the intensity of relationships among keywords.

Figure 5.
Network map of top keywords based on the total link strength



Discussion. The results of this study demonstrate a clear and steady growth in scientific interest toward 3D cadastre, BIM, and property rights registration over the period 2015–2025. The transition from conceptual research to practical and technology-oriented studies indicates the increasing importance of digital transformation in land administration systems[6].

The early stage of research was mainly focused on the development of theoretical foundations and basic concepts of 3D cadastre. These findings confirm that initial studies played a crucial role in establishing the conceptual framework for further advancements in the field[16].

During the subsequent period, the focus shifted toward applied research, particularly the development of 3D cadastral models and integration of BIM and GIS technologies. This shift reflects the growing demand for practical solutions in managing complex spatial and property rights data[7].

In the most recent stage, research has reached a more mature level, with

increased attention to interoperability, data integration, and digital land administration systems. The emphasis on standards and integrated platforms highlights the need for efficient and scalable solutions in modern land management[13].

Furthermore, the dominance of publications in a limited number of journals and contributions from developed countries indicates a concentration of scientific activity in specific regions and academic platforms. This suggests the necessity to expand research collaboration and promote knowledge exchange at the global level[14].

Overall, the findings confirm that the integration of 3D cadastre and BIM is becoming a key direction in the evolution of land administration systems, supporting more accurate, transparent, and efficient property rights registration processes[12].

References:

[1] E. Kalogianni, E. Dimopoulou, and P. van Oosterom, "A 3D LADM prototype implementation in INTERLIS," *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, vol. 0, no. 9783319256894. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, pp. 137–157, 2017. doi: 10.1007/978-3-319-25691-7_8.

[2] D. Shojaei, H. Olfat, A. Rajabifard, A. Darvill, and M. Briffa, "Assessment of the Australian digital cadastre protocol (ePlan) in terms of supporting 3D building subdivisions," *Land Use Policy*, vol. 56. Elsevier Ltd, pp. 112–124, 2016. doi: 10.1016/j.landusepol.2016.05.002.

[3] A. Athanasiou, I. Pispidikis, and E. Dimopoulou, "3D marine administration system based on LADM," *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, vol. 0, no. 9783319256894. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, pp. 385–407, 2017. doi: 10.1007/978-3-319-25691-7_22.

[4] D. Kitsakis and E. Dimopoulou, "Assessing the environmental impact of 3D public law restrictions," *Land Use Policy*, vol. 98. Elsevier Ltd, 2020. doi: 10.1016/j.landusepol.2019.104151.

[5] D. Guler, "3D modelling of subsurface legal spaces and boundaries for 3D land administration," *Tunnelling and Underground Space Technology*, vol. 152. Elsevier Ltd, 2024. doi: 10.1016/j.tust.2024.105956.

[6] N. Stupen and M. Melnyk, "Developing an integrated cadastre model of land and real estate in a single setting in Ukraine: key aspects and problems," *Budownictwo i Architektura*, vol. 24, no. 2. Politechnika Lubelska, pp. 33–44, 2025. doi: 10.35784/bud-arch.6276.

[7] B. Cemellini, P. van Oosterom, R. Thompson, and M. de Vries, "Design, development and usability testing of an LADM compliant 3D Cadastral prototype system," *Land Use Policy*, vol. 98. Elsevier Ltd, 2020. doi: 10.1016/j.landusepol.2019.104418.

[8] J.-Y. Zhang, P.-C. Yin, G. Li, H.-H. Gu, H. Zhao, and J.-C. Fu, "3D Cadastral data model based on conformal geometry Algebra," *ISPRS International Journal of Geo-*

Information, vol. 5, no. 2. MDPI AG, 2016. doi: 10.3390/ijgi5020020.

[9] R. Hajji, R. Yaagoubi, I. Meliana, I. Laafou, and A. E. Gholabzouri, "Development of an integrated BIM-3D GIS approach for 3D cadastre in morocco," *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 10, no. 5. MDPI AG, 2021. doi: 10.3390/ijgi10050351.

[10] N. Višnjevac, R. Mihajlović, M. Šoškić, Ž. Cvijetinović, and B. Bajat, "Prototype of the 3D cadastral system based on a NoSQL database and a Javascript visualization application," *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 8, no. 5. MDPI AG, 2019. doi: 10.3390/ijgi8050227.

[11] B. Atazadeh, L. Halalkhor Mirkalaei, H. Olfat, A. Rajabifard, and D. Shojaei, "Integration of cadastral survey data into building information models," *Geo-Spatial Information Science*, vol. 24, no. 3. Taylor and Francis Ltd., pp. 387–402, 2021. doi: 10.1080/10095020.2021.1937336.

[12] J. Sun, J. M. Paasch, J. Paulsson, V. Tarandi, and L. Harrie, "A BIM-based approach to design a lifecycle 3D property formation process: A Swedish case study," *Land Use Policy*, vol. 131. Elsevier Ltd, 2023. doi: 10.1016/j.landusepol.2023.106712.

[13] M. Petronijevíc, N. Višnjevac, Praš, and B. Bajat, "The extension of IFC for supporting 3D cadastre LADM geometry," *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 10, no. 5. MDPI AG, 2021. doi: 10.3390/ijgi10050297.

[14] M. Barzegar, A. Rajabifard, M. Kalantari, and B. Atazadeh, "A framework for spatial analysis in 3D urban land administration – A case study for Victoria, Australia," *Land Use Policy*, vol. 111. Elsevier Ltd, 2021. doi: 10.1016/j.landusepol.2021.105766.

[15] M. A. Adad, E. H. Semlali, M. El-Ayachi, and F. Ibannain, "Supporting land data integration and standardization through the LADM standard: Case of Morocco's country profile MA-LADM," *Land Use Policy*, vol. 97. Elsevier Ltd, 2020. doi: 10.1016/j.landusepol.2020.104762.

[16] S. Ying, R. Guo, L. Li, P. Van Oosterom, and J. Stoter, "Construction of 3D Volumetric Objects for a 3D Cadastral System," *Transactions in GIS*, vol. 19, no. 5. pp. 758–779, 2015. doi: 10.1111/tgis.12129.

UDK: 347.2:528.44(575.1)(091)

KO‘CHMAS MULKKA BO‘LGAN HUQUQLARNI DAVLAT RO‘YXATIDAN O‘TKAZISHNING TARIXIY RIVOJLANISHI VA BUGUNGI KUNDAGI HOLATI

Bekjan Uspankulov *– “TIQXMMI” MTU, “Davlat kadastrlari kafedarsi” kafedrasi dotsenti*

Dilnoza **Mirzaraimova** *– Kadastr agentligining “Ko’chmas mulkni ommaviy baholash” milliy markazi bosh mutaxassisi*

Fatxulla Gafurov *– Davlat kadastrlari palatasining Toshkent shahar boshqarmasi “Inson resurslarini rivojlantirish va boshqarish” sho‘basi boshlig‘i*

Qudrat Orinboyev *– “TIQXMMI” MTU, “Kadastr” bakalavriat ta’lim yo’nalishi talabasi*

Annotatsiya. *Mazkur maqolada O‘zbekiston Respublikasida ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish tizimining tarixiy rivojlanish bosqichlari hamda bugungi kundagi holati tahlil qilingan. Tadqiqot davomida ko‘chmas mulk huquqlarini davlat ro‘yxatidan o‘tkazish sohasining shakllanishiga oid normativ-huquqiy hujjatlar o‘rganilib, tizimning qog‘oz shaklidagi reyestrlar asosida yuritilgan davrdan boshlab raqamlashtirish, modernizatsiya va integratsiyalashgan raqamli transformatsiya bosqichlarigacha bo‘lgan rivojlanish jarayonlari yoritilgan. Shuningdek, davlat reyestrini yuritishda axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini joriy etish, elektron davlat xizmatlarini ko‘rsatish, idoralararo integratsiya hamda UZKAD yagona integratsion axborot tizimining ahamiyati tahlil qilingan. Tadqiqot natijasida ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish tizimini takomillashtirishda raqamli texnologiyalarni keng joriy etish, ma’lumotlar integratsiyasini kuchaytirish va davlat xizmatlarini avtomatlashtirish muhim omil ekanligi asoslab berilgan.*

Kalit so‘zlar. *ko‘chmas mulk, davlat reyestri, kadastr, davlat kadastrlari, raqamlashtirish, modernizatsiya, UZKAD, elektron davlat xizmatlari, integratsion axborot tizimi, ko‘chmas mulkka bo’lgan huquqlari.*

Аннотация. В данной статье проанализированы исторические этапы развития системы государственной регистрации прав на недвижимое имущество в Республике Узбекистан, а также её современное состояние. В ходе исследования были изучены нормативно-правовые документы, регулирующие сферу государственной регистрации прав на недвижимость, и освещены процессы развития системы от ведения бумажных реестров до этапов цифровизации, модернизации и интегрированной цифровой трансформации. Кроме того, проанализированы вопросы внедрения информационно-коммуникационных технологий в ведение государственного реестра, оказания электронных государственных услуг, межведомственной интеграции, а

также значение единой интеграционной информационной системы UZKAD. В результате исследования обосновано, что широкое внедрение цифровых технологий, усиление интеграции данных и автоматизация государственных услуг являются важными факторами совершенствования системы государственной регистрации прав на недвижимое имущество.

Ключевые слова: недвижимое имущество, государственный реестр, кадастр, государственные кадастры, цифровизация, модернизация, UZKAD, электронные государственные услуги, интеграционная информационная система, права на недвижимое имущество.

Abstract. This article analyzes the historical stages of development and the current state of the system of state registration of rights to real estate in the Republic of Uzbekistan. During the research, нормативно-правовые documents regulating the field of state registration of real estate rights were studied, and the development processes of the system from paper-based registries to the stages of digitalization, modernization, and integrated digital transformation were examined. In addition, the introduction of information and communication technologies into the maintenance of the state register, the provision of electronic public services, interagency integration, and the significance of the unified integrated information system UZKAD were analyzed. The study substantiates that the widespread implementation of digital technologies, strengthening data integration, and automation of public services are important factors in improving the system of state registration of rights to real estate.

Keywords: real estate, state register, cadastre, state cadastres, digitalization, modernization, UZKAD, electronic public services, integrated information system, real estate rights.

Kirish. Respublikamiz iqtisodiyotida amalga oshirilayotgan islohotlarning tub mohiyati – aholi turmush farovonligini oshirish, ijtimoiy – iqtisodiy ahvolini tubdan yaxshilashdan iboratdir. Shunday ekan, aholining ijtimoiy turmushining asosi hisoblangan turli – tuman ko‘chmas mulk obyektlarini yaratish, ularga bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazib borish, miqdoriy va sifat hisobini yuritish hamda qiymat jihatidan baholash, shuningdek, ushbu ma’lumotlarni umumiy qabul qilingan tartibda, belgilangan tarzda aniq va bir hujjatlarda yoritib borish, mamlakatda bugunda shakllanayotgan ko‘chmas mulklar bozorini ushbu axborotlar bilan ta’minlab turish muhim amaliy ahamiyatga molik bo‘lgan masalalardan hisoblanadi. Bunday masalalarni hal etishda aniq va ishonchli ma’lumotlarni shakllantirish drayveri sifatida kadastr xizmatini misol qilishimiz mumkin. Bugungi kunda 20 dan ortiq davlat kadastrlari yuritilib, yer kadastri, bilolar va inshootlar davlat kadastri axborotlari barcha kadastrlar uchun asos hisoblanadi. Negaki barcha geofazoviy obyektlar faoliyatini yuritish yer va undagi bino-inshootlar bilan bog’liqdir.

Bugungi kunda Davlat yer va bino-inshootlar kadastri O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2021 yildagi 389-sonli qarori bilan tasdiqlangan Nizomlari asosida yuritiladi. Ushbu qarorning 1-ilovasi Davlat yer kadastrini yuritish tartibiga bag’ishlangan bo’lib, uning 6 bandida yer kadastrining tarkibiy qisimlari

keltirib o‘tilgan. Xususan uning asosiy tarkibiy qismi sifatida yer uchastkalariga egalik qilish, ulardan foydalanish, ularga bo‘lgan mulk yoki ijara huquqlarini davlat ro‘yxatidan o‘tkazish to‘g‘risidagi ma’lumotlarni, shuningdek, servitutlarni va ushbu huquqlarga doir boshqa cheklashlarni hisobga olish, yer miqdorini hisobga olish, yer sifatini hisobga olish (tuproq bonitetini aniqlash), yerni qiymat jihatidan baholash kabilari ekanligi e’tirof etilgan [1]. Qarorning 2 -ilovasi bino-inshootlar kadastri yuritish tartibiga bag’ishlangan bo’lib, nizomning mazmunidan kelib chiqib, uning asosiy tarkibiy qismini bino va inshootlarga bo’lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish, binolar hisobini yuritish, turar va noturar joylarning kadastr qiymatini hisoblash kabi tarkiblarga bo’lish mumkin. Albatta har ikkala kadastr bir biriga chambarchas bog’liq holda qayd etilgan tarkibiy qisim bo’yicha yuritiladi. Har ikkala kadastrning asosiy tarkibiy qismi bu ko'chmas mulkka bo'lgan huquqlarni davlat ro'yxatdan o'tkazish hisoblanadi.

Ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish mulk egasining huquqlarini yuridik jihatdan mustahkamlash va uni huquqiy himoya qilishda muhim ahamiyat kasb etadi [2]. Mazkur jarayon orqali mulkdor ko‘chmas mulk bilan bog‘liq har qanday bitimlarni, jumladan, sotish, hadya qilish, ayirboshlash, ijaraga berish, garovga qo‘yish va boshqa fuqarolik-huquqiy harakatlarni erkin amalga oshirish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Bugungi kunda ko‘chmas mulk obyektlari sonining ortib borishi, shuningdek, ularga bo‘lgan iqtisodiy va huquqiy ehtiyojning kuchayishi natijasida ko‘chmas mulk bilan bog‘liq munosabatlar ham tobora kengayib bormoqda. Shu bois, ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish tizimining samarali faoliyat yuritishi, fuqarolar va yuridik shaxslarning mulkiy huquqlarini ishonchli himoya qilishda alohida ahamiyatga ega hisoblanadi.

Hozirgi kunda mazkur sohada uchrayotgan muammolarni aniqlash, ularni bartaraf etish hamda davlat ro‘yxatidan o‘tkazish jarayonini yanada takomillashtirish zarurati mavjud. Bunday masalalarni chuqur o‘rganish esa, avvalo, ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazishning tarixiy rivojlanish bosqichlari hamda amaldagi huquqiy holatini tahlil qilishni taqozo etadi.

Uslub va manbalar. Tadqiqot jarayonida tarixiy-huquqiy, tizimli tahlil, qiyosiy-huquqiy hamda statistik tahlil usullaridan foydalanildi. Tadqiqotning normativ-huquqiy bazasini O‘zbekiston Respublikasi qonunlari, Vazirlar Mahkamasi qarorlari, idoraviy normativ hujjatlar hamda ko‘chmas mulk huquqlarini davlat ro‘yxatidan o‘tkazishga oid ilmiy manbalar tashkil etdi. Shuningdek, davlat kadastrlari tizimida amalga oshirilgan raqamlashtirish va integratsiya jarayonlari amaliy jihatdan tahlil qilindi.

Natijalar. Ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish bu yuridik va jismoniy shaxslarning ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlari yuzaga kelganligi, boshqa shaxsga o‘tganligi, cheklanganligi va bekor qilinganligi faktini davlat tomonidan tan olish jarayoni hisoblanadi [3]. Mazkur mexanizmning shakllanishi va rivojlanishi bosqichma-bosqich huquqiy asoslarning yaratilishi bilan chambarchas bog‘liqdir. Xususan, ushbu jarayonning dastlabki huquqiy asosi sifatida O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi tomonidan 1999-yil 27-

mayda 736-son bilan davlat ro‘yxatidan o‘tkazilgan “O‘zbekiston Respublikasida yer uchastkalariga bo‘lgan huquqni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish tartibi to‘g‘risida”gi [4] hamda 1998-yil 7-yanvarda 387-son bilan davlat ro‘yxatidan o‘tkazilgan “Binolar va inshootlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish tartibi to‘g‘risida” gi [5] yo‘riqnomalari muhim ahamiyat kasb etgan. Ushbu yo‘riqnomalarga asosan ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish ishlari maxsus yozuv daftarlarida amalga oshirilgan. Jumladan, yer uchastkalariga bo‘lgan huquqlar “Davlat registri”, ya’ni yer uchastkalariga bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatiga olish daftarida qayd etilgan bo‘lsa, turar joy hamda noturar obyektlarga bo‘lgan huquqlar “Bino va inshootlar reestri” kitobida ro‘yxatga olingan.

Yuqorida keltirilgan normativ-huquqiy hujjatlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, mazkur davrda yer uchastkalari, binolar va inshootlarga oid ma’lumotlar yagona tizim asosida emas, balki alohida hisob obyektlari sifatida yuritilgan. Natijada, bir obyektga tegishli ma’lumotlar turli daftar va reestrlarda tarqoq holda saqlangan. Bunday tartib huquqlarni tekshirish jarayonida ortiqcha vaqt sarflanishiga, ma’lumotlarning o‘zaro nomuvofiqligi hamda noto‘g‘ri yozuvlar kiritilishi xavfining ortishiga sabab bo‘lgan. Xususan, ro‘yxatga olish jarayonining inson omiliga yuqori darajada bog‘liq bo‘lishi korrupsion holatlarning yuzaga kelishiga hamda ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish muddatlarining uzayishiga olib kelganligini ko‘rsatadi.

Keyinchalik mamlakatda ishbilarmonlik muhitini tubdan yaxshilash, tadbirkorlik faoliyatini amalga oshirish uchun yanada qulay shart-sharoitlar yaratish, shuningdek ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish bilan bog‘liq tartib-tamoillar soni va ularni amalga oshirish muddatlarini qisqartirish maqsadida O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2014-yil 7-yanvardagi “Ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish tartibini takomillashtirish to‘g‘risida”gi 1-sonli qarori qabul qilindi [6]. Mazkur qaror bilan tasdiqlangan Nizomga muvofiq, yuridik va jismoniy shaxslarning yer uchastkalariga, binolar va inshootlarga (shu jumladan yer osti inshootlariga), ko‘p yillik daraxt va butalarga bo‘lgan huquqlari, shuningdek ipoteka hamda binolar, inshootlar va yer uchastkalariga bo‘lgan ashyoviy huquqlar ipotekasi to‘g‘risidagi shartnomalarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan foydalangan holda, “bir oyna” tamoyili asosida amalga oshirilishi belgilandi.

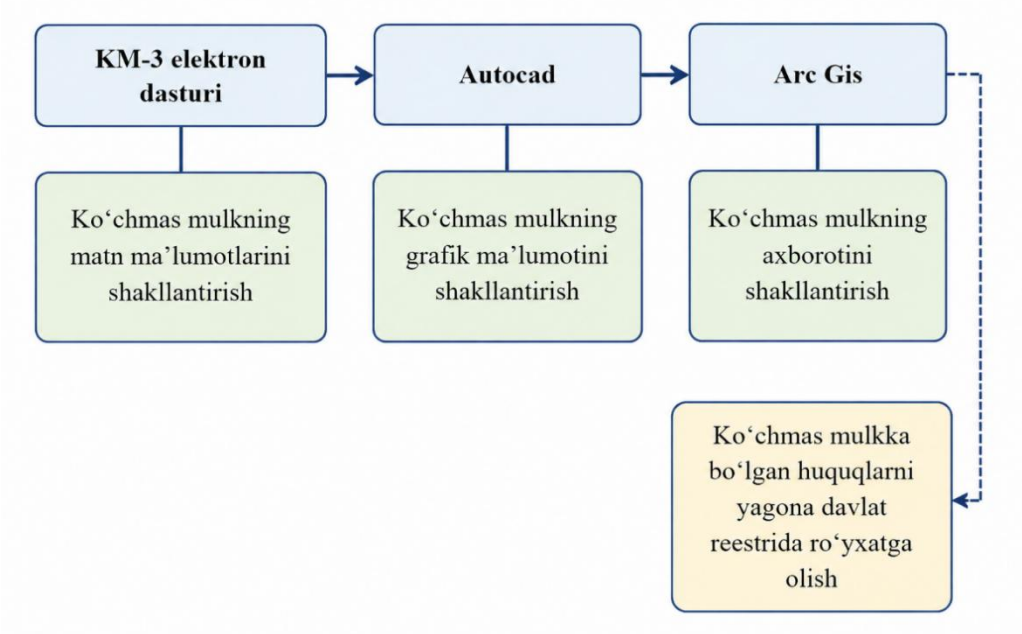
Ushbu tizimda kadastr obyektlariga bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish avval amalda bo‘lgan “Davlat registri” yoki reyestr kitoblari asosida emas, balki yagona davlat reestri tamoyiliga asoslangan “Ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlar va u haqda tuzilgan bitimlarning davlat reestri”da amalga oshirila boshlandi. Bunda yer uchastkalari, binolar va inshootlar o‘zaro uzviy bog‘liq obyektlar sifatida hisobga olinib, ro‘yxatga olish jarayoni yagona standartlar asosida tashkil etildi. Mazkur yondashuv ko‘chmas mulkka

bo‘lgan huquqlarni hisobga olish tizimida sifat jihatidan yangi bosqichni boshlab bergan bo‘lib, ushbu davrni ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish jarayonini raqamlashtirish bosqichi sifatida baholash mumkin.

Mazkur bosqichda ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish jarayonida yuridik va jismoniy shaxslarga ro‘yxatdan o‘tkazuvchi organga telekommunikatsiya tarmoqlari orqali elektron hujjat shaklida murojaat qilish imkoniyati yaratildi. Bunda arizalarni elektron raqamli imzo asosida rasmiylashtirish hamda ularni interaktiv davlat xizmatlari yagona portali orqali elektron shaklda yuborish amaliyoti joriy etildi.

Xususan, kadastr yig‘majildi ma’lumotlarini o‘z ichiga olgan elektron hujjatlarni shakllantirish maqsadida “Ko‘chmas mulk-3” elektron dasturiy majmuasi amaliyotga joriy etildi. Ushbu dasturning ishga tushirilishi ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni ro‘yxatdan o‘tkazish uchun zarur bo‘ladigan kadastr ma’lumotlarini shakllantirish jarayonini takomillashtirdi, natijada ma’lumotlarni yagona axborot bazasida tizimlashtirish imkonini yaratdi hamda ro‘yxatga olish jarayonining tezkorligi va aniqligini sezilarli darajada oshirdi.

Ammo e’tirof etish joizki, mazkur tizimda ham ayrim kamchiliklar ham mavjud edi. Xususan, kadastr axborotlarini shakllantirish jarayonida ma’lumotlar integratsiyasining to‘liq ta’minlanmaganligi bir qator muammolarni keltirib chiqargan. Jumladan, matn ko‘rinishidagi ma’lumotlar “Ko‘chmas mulk” dasturida, grafik ma’lumotlar esa AutoCAD dasturida shakllantirilgan bo‘lsa, fazoviy axborotlar ArcGIS oilasiga mansub dasturiy vositalar orqali yuritilgan (1-rasm).

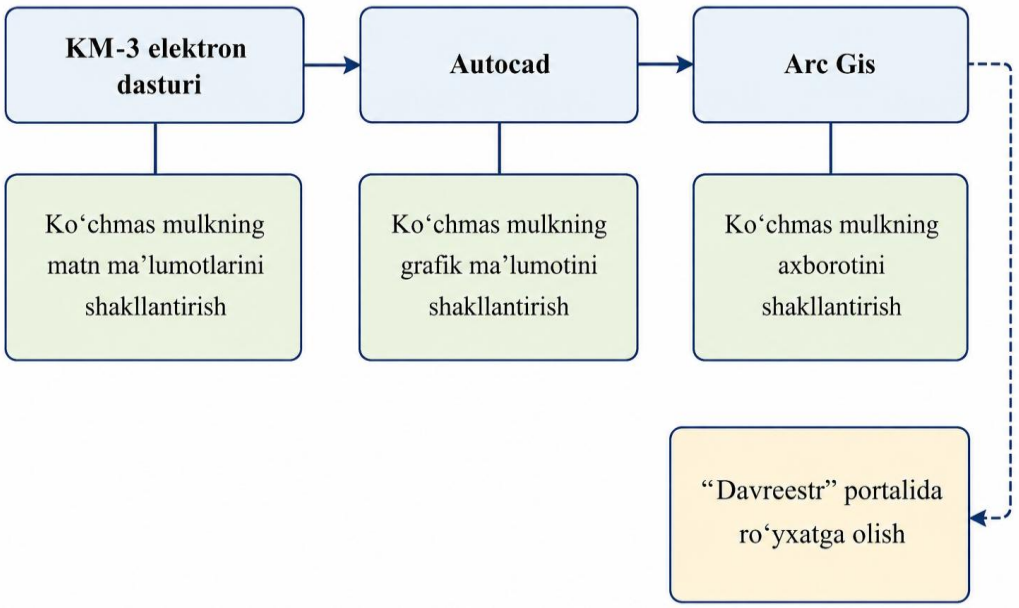


1-rasm. Raqamlashtirish bosqichida ko‘chmas mulk obyektlariga oid ma’lumotlarni shakllantirish va davlat ro‘yxatidan o‘tkazish jarayoni sxemasi

Ma’lumotlarning turli dasturiy platformalarda alohida shakllantirilishi va yuritilishi kadastr ma’lumotlarini yagona tizim asosida boshqarish imkoniyatini cheklab, joriy ro‘yxatga olish jarayonlarini murakkablashtirgan hamda ma’lumotlarni o‘zaro muvofiqlashtirishda qo‘shimcha vaqt va resurslar sarflanishiga sabab bo‘lgan. Ushbu muammolarni bartaraf etish, ko‘chmas mulk obyektlariga bo‘lgan huquqlarni ro‘yxatdan o‘tkazish uchun qulay shart-sharoitlar yaratish maqsadida 2018-yilda O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 1060-son qarori qabul qilingan [7]. Mazkur qarorga muvofiq, ko‘chmas mulk obyektlariga bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazishning yagona qoidalari belgilandi hamda yuridik va jismoniy shaxslarga Davlat reyestri ma’lumotlaridan erkin foydalanish imkoniyati yaratildi.

Sarsenbaeva E. ta’kidlashicha, ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish tizimini takomillashtirish jarayoni aynan raqamlashtirish va idoralararo integratsiyani kuchaytirish orqali samaradorlikni oshirishga yo‘naltirilgan bo‘lib, bu esa tizimning modernizatsiya bosqichiga o‘tganligini ko‘rsatadi [8]. Shu asosda jismoniy va yuridik shaxslar uchun ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlar hamda unga doir bitimlar davlat reyestridan onlayn ma’lumot olish imkonini beruvchi davreestr.uz portali ishga tushirildi. Shuningdek, qarorga muvofiq ilgari qurilishi tugallanmagan bino va inshootlarga bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish bilan bog‘liq mavjud cheklovlar bartaraf etildi. Vakolatli organlar o‘rtasida axborot-kommunikatsiya ma’lumotlar almashinuvini yo‘lga qo‘yish maqsadida Davlat xizmatlari agentligi hamda Yagona interaktiv davlat xizmatlari portali integratsiyasi amalga oshirildi. An’anaviy guvohnomalar o‘rniga ko‘chmas mulk obyektlariga bo‘lgan huquqlar bo‘yicha Davlat reyestridan QR-kodli elektron ko‘chirma berish tizimi joriy etildi. Bundan tashqari, ilgari mavjud bo‘lmagan nizolarni sudgacha hal etish mexanizmi ham amaliyotga tatbiq etildi. Umuman olganda bu bosqich ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro’yxatidan o’tkazishni modernizatsiya qilish bosqichi sifatida qabul qilinadi.

Biroq, ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro’yxatiga olish tizimi modernizatsiya qilinishiga qaramasdan dastlabki bosqichida qayd etilgan muammo saqlab qolindi (2-rasm).



2-rasm. Modernizatsiya bosqichida ko‘chmas mulk obyektlariga oid ma’lumotlarni shakllantirish va davlat ro‘yxatidan o‘tkazish jarayoni sxemasi

Keyinchalik, ko‘chmas mulk huquqlarini davlat ro‘yxatidan o‘tkazish tizimini to‘liq qonun darajasida tartibga solish, mavjud muammolarni bartaraf etish maqsadida bir qancha ishlar amalga oshirildi. Hususan, 2022 yil **“Ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish to‘g‘risida” Qonun qabul qilindi.** Mazkur Qonunning qabul qilinishi ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish tizimini yangi bosqichga olib chiqdi hamda ushbu sohani kompleks huquqiy tartibga solishning mustahkam asosini yaratdi. Qonun bilan davlat ro‘yxatidan o‘tkazish jarayonlarining yagona huquqiy mexanizmlari belgilab berildi, davlat reyestrining huquqiy maqomi mustahkamlandi hamda elektron ma’lumotlarning yuridik kuchi aniq belgilandi.

Shuningdek, mazkur Qonun asosida ko‘chmas mulk obyektlariga bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish jarayonlarini to‘liq elektron shaklda amalga oshirish, inson omilini qisqartirish hamda davlat xizmatlarini masofaviy ko‘rsatish imkoniyatlari kengaytirildi. Natijada davlat organlari o‘rtasidagi ma’lumot almashinuvi yanada takomillashtirilib, reyestr ma’lumotlarini real vaqt rejimida shakllantirish va yangilab borish mexanizmlari joriy etildi.

Bundan tashqari, davlat ro‘yxatidan o‘tkazish jarayonlarida shaffoflik va tezkorlikni ta’minlash maqsadida arizalarni elektron qabul qilish, ularni avtomatlashtirilgan tarzda ko‘rib chiqish hamda natijalarni elektron shaklda taqdim etish tizimi rivojlantirildi. Mazkur o‘zgarishlar fuqarolar va tadbirkorlik subyektlari uchun qulaylik yaratish bilan birga, ortiqcha byurokratik tartib-taomillarni qisqartirishga xizmat qildi.

Shu bilan birga, dastlabki bosqichlarda aniqlangan muammolarni bartaraf etish maqsadida “Kadastr va ko‘chmas mulklarni ro‘yxatdan o‘tkazish yagona integratsion axborot tizimi” UZKAD joriy qilindi. Bu esa davlat ro‘yxatidan o‘tkazish tizimini oddiy raqamlashtirish yoki modernizatsiya

qilish bosqichidan boshlab, uni integratsiyalashgan raqamli transformatsiya bosqichiga o‘tganligini ko‘rsatadi.

Xulosa. O‘zbekiston Respublikasida ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish tizimi o‘z rivojlanishida bir necha bosqichlarni bosib o‘tdi. Dastlabki bosqichda ma’lumotlar alohida reyestrlar va qog‘oz shaklidagi hujjatlar asosida yuritilgan bo‘lib, bu jarayonlarning murakkablashuvi va ma’lumotlar nomuvofiqligiga olib kelgan. Keyingi bosqichlarda tizimni takomillashtirish maqsadida normativ-huquqiy asoslar yaratildi, “bir oyna” tamoyili joriy etildi hamda elektron hujjat aylanishi yo‘lga qo‘yildi. Raqamlashtirish va modernizatsiya bosqichlari doirasida axborot tizimlari integratsiyalashdi, Davlat reyestri asosida elektron xizmatlar joriy etildi hamda QR-kodli elektron ko‘chirmalar amaliyotga tatbiq etildi. Tizimning keyingi rivojlanishi esa integratsiyalashgan raqamli transformatsiya bosqichiga o‘tish bilan tavsiflanib, UZKAD kabi yagona axborot tizimlarining joriy etilishi orqali ma’lumotlarni real vaqt rejimida boshqarish va idoralararo integratsiyani ta’minlash imkoniyati yaratildi. Natijada ko‘chmas mulk huquqlarini davlat ro‘yxatidan o‘tkazish tizimining samaradorligi oshib, shaffoflik, tezkorlik va ishonchlilik darajasi sezilarli darajada yaxshilandi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2021-yil 22-iyundagi 389-son qarori “Davlat kadastrlarini yuritish tizimini takomillashtirish to‘g‘risida”.

2. Murodullayev I. Oldi-sotdi yoki hadya qilinganda ko‘chmas mulkni himoya qilish va ro‘yxatdan o‘tkazish tartibi // Modern Science and Research. – 2023. – URL: https://inlibrary.uz/index.php/science-research/article/view/113792

3. O‘zbekiston Respublikasining “Ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish to‘g‘risida”gi Qonuni, O‘RQ–803-son, 2022-yil 28-noyabr.

4. O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi tomonidan 1999-yil 27-mayda 736-son bilan davlat ro‘yxatidan o‘tkazilgan “O‘zbekiston Respublikasida yer uchastkalariga bo‘lgan huquqni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish tartibi to‘g‘risida”gi yo‘riqnoma.

5. O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi tomonidan 1998-yil 7-yanvarda 387-son bilan davlat ro‘yxatidan o‘tkazilgan “Binolar va inshootlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish tartibi to‘g‘risida”gi yo‘riqnoma.

6. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2014-yil 7-yanvardagi 1-son qarori “Ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish tartibini takomillashtirish to‘g‘risida”.

7. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2018-yil 29-dekabrdagi 1060-son qarori “Ko‘chmas mulk obyektlariga bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish tizimini takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”.

8. Sarsenbaeva E. O‘zbekiston Respublikasida ko‘chmas mulkka bo‘lgan mulk huquqini davlat tomonidan ro‘yxatdan o‘tkazish tizimini takomillashtirish istiqbollari // Central Asian Journal of Education and Innovation. – 2025. – DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.15245708

9. Saidov B.M. va boshq. Noturar joy obyektlariga kadastr hujjatini tayyorlash va uni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish // International Journal of Scientific Researchers. – 2025.

УДК: 332.64:332.3

XUSUSIYLASHTIRISH JARAYONINI TEZLASHTIRISH MAQSADIDA QISHLOQ XO‘JALIGIGA MO‘LJALLANMAGAN YERLARNI KADASTR BAHOLASH

Babajanov A.R. *– q.x.f.d., dotsent (TIQXMMI MTU)*
Tairova A.B.- *tayanch doktorant (Qoraqolpog’iston qishloq xo’jaligi va agrotexnologiyalar instituti)*

Annotatsiya. *Maqolada yer resurslari, jumladan noqishloq xo‘jaligi yerlarini kadastrli baholash muammolari tadqiq qilingan; bunda oldinga qo‘yilgan maqsad va vazifalar hamda ularni hal qilishda qo‘llaniladigan usullar va uslublar yoritilgan; aholi punktlari yerlarining iste’mollik xususiyatiga ta’sir ko‘rsatuvchi qator tabiiy, ijtimoiy, iqtisodiy, ekologik va siyosiy omillar qayd qilingan; analitik tahlil, hisob – kitob va monografik usullardan foydalangan holda bugungi kunga qadar respublikada bu yo‘nalishda olib borilgan tadqiqotlar natijasida yaratilgan yerlarni baholash uslubiyatlari va yondoshuvlari tahlil qilingan, ularning kamchiliklari aniqlangan;*

Tayanch iboralar. *Aholi punktlari, yer uchastkasi, kadastr, qiymat baholash, iqtisodiy, ijtimoiy, bozor aktivlari, xususiylashtirish, lokal tavsiflar, xarajat, daromad, normativ baholash.*

Annotation. *The article examines the problems of cadastral valuation of land resources, including non-agricultural lands; it highlights the goals and objectives set, as well as the methods and techniques used to solve them; a number of natural, social, economic, ecological and political factors affecting the consumer nature of non-agricultural lands, including lands of settlements, have been noted; using analytical analysis, calculation and monographic methods, land valuation methodologies and approaches created as a result of research conducted in this area in the republic to date have been analyzed, and their shortcomings have been identified;*

Keywords. *Land plot, locality, cadastre, valuation, natural, economic, social, environmental, market assets, intended use, local characteristics, costs, income, regulatory assessment*

Kirish. O‘zbekistonda yer – umumxalq mulki, mamlakat milliy boyligidir[1]. Olingan rasmiy ma\lumotlarga qaraganda, uning miqdori 44892,3 ming gektarni tashkil etadi. Ushbu maydonlarning 90,0 foizdan ortig‘i turli korxona, muassasa va tashkilotlarga, shuningdek fuqarolarga belgilangan huquqlar asosida davlat tomonidan foydalanishga berilgan [11]. Foydalanishga jalb qilingan yer – ishlab chiqarish vositasidir[12]. Ishlab chiqarishning har qanday vositalaridan bozor iqtisodiyotiga mos oqilona va samarali foydalanish, birinchi galda, uning eng muhim xususiyatlari qanchalik chuqur va har tomonlama o‘rganilganligiga bog‘liqdir. Bu qoida, eng avvalo, yerga, jumladan, qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallanmagan yerlarga ham taalluqli bo‘lib, ulardan

iqtisodiyot tarmoqlarida to‘la va to‘g‘ri foydalanish, xususiylashtirishga tortish ushbu yerlarni kadastr baholash ishlarini to‘g‘ri yo‘lga qo‘yish asosida tashkil etilishi mumkin.

O‘zbekistonda ham yerlarni baholash ishlari bilan uzoq yillardan beri shug‘ullanib kelinadi. Yer baholash muammolarini hal qilish bo‘yicha qator tuproqshunos va iqtisodchi olimlar[3,4,12,13,14] yirik ilmiy tadqiqotlar olib borishgan. Bugungi kunda mamlakatda qishloq xo‘jaligi yerlarini kadastrli baholash uslubiyati yaratilgan[5]. SHunga asoslangan holda bajarilgan yer baholash ishlarining natijalari qator bozor muammolarini ijobiy hal qilishda qo‘llanilib kelinmoqda. Ammo, qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallanmagan yerlarini kadastrli baholashning shunday har tomonlama asoslangan, oddiy uslubiyatini yaratish va uni noqishloq xo‘jalik ahamiyatidagi yerlardan foydalanishni tashkil etish amaliyotiga tavsiya etish bugungi kunda hal qilinishi lozim bo‘lgan asosiy muammolardan biri bo‘lib qolmoqda. Mamlakatda keyingi yillari qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallanmagan yerlarni xususiylashtirish to‘g‘risidagi qonunni [16], uni hayotga tadbiq etish bo‘yicha maxsus qonunosti me’yoriy hujjatlarni [17] qobul qilinishi bu muammoni yanada dolzarblashtirdi.

Ilmiy tadqiqot metodologiyasi. Noqishloq xo‘jaligi yerlariga, eng avvalo, aholi yashash joylari tagidagi yerlar kiradi, Demak, respublika xududida mavjud bo‘lgan shaharlar, shahar tipidagi poselkalar va qishloq aholi yashash punktlari yerlarini kadastrli qiymatini aniqlash bunday qiymatni shakllantirishning eng muhim nazariy va amaliy qirralarini o‘rganish va ularga qat’iy rioya qilish asosida amalga oshirilishi mumkin.

Dunyo baholash amaliyoti mulklarni, jumladan, aholi yashash joylari yerlarini qiymat baholashga katta ta’sir ko‘rsatuvchi qator omillarni alohida ajratadi [3,8]:

- jismoniy omillar – iqlim, resurslar, joyning topografiyasi, tuproq va inson tomonidan yaratilgan binolar, inshootlar, qurilmalar, kommunal ob’ektlar, yer uchastkalarining shakli va xak.;
- ijtimoiy omillar- aholi punktlarida aholi sonining o‘sish suratlari, turmush tarzi,oila a’zolarining soni, jinoyatchilik darajasi, ta’lim olish darajasining o‘zgarish suratlari va hak.;
- iqtisodiy omillar- daromad darajasining suratlari, bandlik, kredit siyosati,foiz stavkalari, ijara to‘lovlarining stavkalari, qurilishlarga xarajatlarning o‘sishi yoki pasayishi, baholar;
- siyosiy omillar-mintaqalash, qurilish me’yorlari va qoidalari, turli xizmatlar, salomatlik va xavfsizlik, soliq siyosati, atrof muhit muxofazasi.

Yuqorida qayd qilingan barcha omillar yerning qiymatiga baravariga ta’sir ko‘rsatadi va aholi punktlari yerlarini kadastrli qiymatini shakllantirishda muhim rol o‘ynaydi. SHularni e’tiborga olgan xolda aholi punktlari yerlarini kadastr baholash uslubiyatin yaratish bo‘yicha aniq ilmiy tavsiyalar ishlab chiqish tadqiqotning asosiy maqsadi hisoblanadi. Ushbu maqsadga erishish uchun shunday yer maydonlardan foydalanishga ta’sir ko‘rsatuvchi turli omillarni, bugungi kunga qadar baholash amaliyotidagi mavjud uslubiyatlarni o‘rganish hamda shular asosida bunday yer uchastkalarini xususiylashtirish jarayonini tezlashtirishga imkon beradigan, takomillashgan baholash

uslubiyatini yaratish tadqiqotning asosiy vazifalaridan biridir. Uni hal qilishda ilmiy mushohada, analitik tahlil, xisob kitob va monografik tadqiqot usullaridan keng foydalanildi.

Tadqiqot natijalari va ilmiy munozara. YUqorida e'tirof etilganidek, qishloq xo'jaligiga mo'ljallanmagan yerlarga asosan aholi punktlari yerlarini kiritish mumkin. Bunday yerlar, 2025 yilning 1 yanvar xolatiga, 221,7 ming gektarni tashkil etadi. Ushbu maydonlarni asosiy yer turlari bo'yicha taqsimlanishi to'g'risidagi ma'lumotlar quyidagi, 1-jadvalda keltiriladi.

1 jadval

O'zbekiston Respublikasi bo'yicha aholi punktlari yerlarini asosiy yer turlari bo'yicha taqsimlanishi (2025 yil 01.01 ga)*

№	Asosiy yer turlari	Maydoni, ming ga	Umumiy er maydoniga nisbatan, %
1	Jami yer maydoni	221,7	100,0
	shundan, sug'oriladigani	50,7	22,4
2	Ekin yerlari	1,2	0,5
3	Ko'p yillik daraxtzorlar	1,2	0,5
4	YAylov va pichanzorlar	8,5	3,8
5	Tomorqa yerlar	77,6	34,4
6	O'rmonzorlar bilan band yerlar	2,8	1,2
7	Boshqa yerlar	131,2	59,6

*Kadastr agentligi ma'lumotlari asosida tuzilgan

1 jadvaldagi ma'lumotlardan ko'rinadiki, ushbu toifadagi jami yerlarning asosiy qismini tomorqa yerlari va, albatta, boshqa yerlar, ya'ni, turli uy joylar bilan band yerlarni tashkil etadi. Ammo, aksariyat aholi punktlari chegaralarida turli boshqa toifa yerlari ham bo'lganligi sababli bunday yerlarning maydonida doimo o'zgarishlar kuzatiladi. Buni bitta Toshkent shahri misolida ham ko'rish mumkin (2 jadval)

2 jadval

Toshkent shahar chegarasida mavjud yer toifalari maydonlari (2025 yil 01.01 ga)

№	Yer toifalari	Maydoni, ming ga	Umumiy yer maydoniga nisbatan, %
1	Qishloq xo'jaligiga mo'ljallangan yerlar	4,1	9,4
2	Aholi punktlari yerlari	12,2	28,0
3	Sanoat, transport, aloqa, mudofaa va boshqa maqsadlarga mo'ljallangan yerlar	25,2	57,9
4	Tabiatni muhofaza qilish, sog'lomlashtirish va rekreatsiya maqsadlariga mo'ljallangan yerlar	0,3	0,7
5	Tarixiy madaniy maqsadlarga mo'ljallangan yerlar	0,5	1,1
6	Suv fondi yerlari	1,2	2,8
	SHahar chegarasidagi jami yerlar	43,5	100

*Kadastr agentligining ma'lumotlari asosida tuzilgan

2 jadvaldagi ma’lumotlar shahar chegarasidagi yerlarning aksariyat qismi (57,9%) sanoat, transport, aloqa, mudofaa va boshqa maqsadlarga mo‘ljallangan yerlarni tashkil etishini ko‘rsatadi. Demak, yirik shaharlar chegarasidagi yerlarni xususiylashtirish maqsadlari uchun baholash jarayonida har bir yer uchastkasiga, uning asosiy mohiyatiga qarab, alohida yondoshuv amalga oshirilishi kerak

Shuni alohida qayd qilish zarurki, qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan erlarning kadastrli qiymatini baholash yerning qishloq xo‘jaligida asosiy ishlab chiqarish vositasi, mehnat quroli va mehnat predmeti sifatidagi funksiyalari bilan belgilanadi. SHu sababli bunday yerlarni baholashning asosiga qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishiga yer resursining funksional ta’sir ko‘rsatuvchi omillari (tuproq unumdorligi, sarflangan xarajatlar, olingan daromadlar va boshq.) qo‘yilgan. Ammo qishloq xo‘jaligiga

mo‘ljallanmagan yerlar, qishloq xo‘jaligi yerlaridan farqli o‘laroq,

turlicha funksional mohiyatga (aholini joylashtirish o‘rni, ishlab chiqarish vositasi, rang- barang ishlab chiqarishlarni, xizmat ko‘rsatishlarni amalga oshirish joyi va hak.) egadir. SHu bilan bir qatorda, aholi yashash punktlaridagi alohida yer uchastkalarining mohiyati tez-tez o‘zgarib turadi. Masalan, bugun yakka tartibdagi uy-joylar bilan band bo‘lgan yer uchastkasi ma’lum muddatdan keyin aholiga madaniy-maishiy xizmat ko‘rsatish ob’ekti joylashgan yer uchastkasiga yoki bugun umumiy foydalanishdagi yer bo‘lagi keyingi yilda ishlab chiqarish korxonasi bilan band bo‘lgan yer uchastkasiga aylanib qolishi mumkin. Bundan tashqari, aholi yashash punktlari yerlarining qiymatiga yuqorida qayd qilingan jismoniy, ijtimoy, iqtisodiy va siyosiy omillar ham katta ta’sir ko‘rsatadi. Bularning barchasi aholi yashash punktlari yerlarini kadastrli qiymatini aniqlash ishlarini nihoyatda murakkab jarayon ekanligidan dalolat beradi. Ammo, ushbu muammoni mumkin qadar ijobiy hal qilish, xususan, aholi punktlari yerlarini kadastrli qiymatini aniqlashning mukammal va oddiy uslubiyatini yaratish, undan foydalangan xolda respublikamizning turli xududlarida tarqalgan bunday yerlarni kadastr qiymatini aniqlash hamda uning natijalarini qo‘llagan holda yerdan foydalanishning bozor masalalarini hal qilish, jumladan, yerlarni xususiylashtirish masalalarini ijobiy hal qilish zarur.

Olib borilgan monografik tadqiqotlar natijalari ko‘rsatadiki, bugungi kunga qadar aholi punktlari yerlarining kadastr qiymatini aniqlash bo‘yicha iqtisodchi olimlar tomonidan qator uslubiyatlar ishlab chiqishga harakat qilingan [2,3,6,8,9]. Ushbu uslubiyatlar asosida ba’zan yerni ko‘chmas mulk sifatidagi xususiyatlari yoritilgani xolda ushbu mulklarni baholashda qo‘llaniladigan xarajatlilik, daromadlilik va qiyosiy taqqoslash yondoshuvlari yotsa[3,6], ba’zan ushbu yer uchastkalarining ustki va ostki qismlarida joylashgan ob’ektlarning yoki muxandislik infratuzilmalarining qiymatini baholash[4,9], aholi punktlari yerlarini segmentlash va ularni alohida-alohida baholash[2,8] yondoshuvlari yotadi. Demak, bunday turli-tuman yondoshuvlarning natijalari ham turlicha bo‘lishi tabiiydir. Bunday holat, so‘zsiz, baholash natijalaridan foydalanish ko‘lamini cheklab qo‘yadi, aholi punktlari yerlarini bozor aktivlariga aylantirishga to‘la imkon bermaydi, yerlarni xususiylashtirish jarayonini

tezlashtirishga o‘zining salbiy ta’sirini ko‘rsatadi.

Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallanmagan yerlarni xususiylashtirishni amalga oshirish uchun O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2022 yil 14 fevraldagi 71-son qarori bilan O‘zbekiston Respublikasi fuqarolari va yuridik shaxslariga doimiy foydalanish (egalik qilish), ijara va meros qilib qoldiriladigan umrbod egalik qilish huquqi asosida tegishli bo‘lgan yer uchastkalarini xususiylashtirish bo‘yicha davlat xizmatlari ko‘rsatishga doir ma’muriy reglament tasdiqlangan. Unda xususiylashtirilayotgan yer uchastkasini sotib olish qiymatini hisoblash bo‘yicha maxsus tartib viritilgan. SHunga binoan:

1) yuridik shaxslarga doimiy foydalanish (egalik qilish) yoki ijara huquqi asosida berilgan yer uchastkasini sotib olish qiymatini hisoblash quyidagi formula asosida amalga oshiriladi:

$$S = K_{yur.} \times S + B + T, \quad (1)$$

2) umrbod meros qilib qoldirilgan, doimiy foydalanish (egalik qilish) yoki ijra huquqi asosida O‘zbekiston Respublikasi fuqarolariga tegishli yer uchastkalarini sotib olish qiymatini hisoblash quyidagi formula asosida amalga oshiriladi:

$$S = K_{jis..} \times S + B + T, \quad (2)$$

bunda**:** **S** – xususiylashtirilayotgan yer uchastkasini sotib olish qiymati, so‘m

$K_{yur.}$,$K_{jis.}$ – yuridik va jismoniy shaxslar uchun sotib olish qiymatini aniqlashda o‘sha kunda belgilangan bazaviy soliq stavkasining 20 barobari , 1 kvadrat metr uchun, so‘mda;

S – xususiylashtirilayotgan yer uchastkasining maydoni, kvadrat metrda;

B - Vazirlar Mahkamasining “Davlat kadastri sohasida davlat xizmatlari narxlarini belgilashda tabaqalashtirilgan yondashuv tartibini takomillashtirish to‘g‘risida” 2014 yil 10 iyuldagi 186 son qarori bilan davlat reestridan ko‘chirmani berish va mulk ob’ektlarini ro‘yxatga olish xizmatlariga belgilangan stavkalar asosida, so‘mda;

T – bir gektar yer maydoni uchun bazaviy hisoblash miqdorining besh barobari hisobidan kelib chiqib hisoblangan yer uchastkasi va unga tutash hududning topografik rejasini tayyorlash uchun to‘lov miqdori, so‘mda.

Bugungi kunda auksionlar orqali qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallanmagan yer uchastkalarini xususiylashtirishda ushbu uslubiyatdan foydalanilmoqda. Ammo e’tirof etish zarurki, sug‘oriladigan mintaqalardagi aholi yashash punktlari, ayniqsa, shaharlar va shahar tipidagi poselka yerlariga bo‘lgan talabni yildan-yilga oshib borayotganligini e’tiborga olsak ushbu uslubiyat asosida hisoblangan yer uchastkasini sotib olish bahosi nihoyatda past ekanligini ko‘rish mumkin. Masalan, CHirchiq shahrining 3 mintaqasida joylashgan, yakka tartibda qurilgan uy joy tagidagi 800 kv.metrli yer uchastkasini sotib olish bahosini ushbu uslubiyat asosida hisoblaydigan bo‘lsak, 2025 yilning 1 mart holatiga 32 mln. so‘mni tashkil etadi. Ammo ushbu yer uchastkasining bugungi bozor narxi, ya’ni uni “qora bozor”dagi narxi, kamida 220 - 230mln. so‘mni tashkil etadi. Bundan ko‘rinadiki, qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallanmagan yer uchastkalarini sotib olish narxini hisoblash va xususiylashtirish jarayoniga qo‘llash uchun bunday yerlarni hech bo‘lmasa kadastr bahosini aniq hisoblash uslubiyatini yaratish zarur.

Aholi punktlarini rivojlantirish va buning natijasida ular

chegaralaridagi yerlar qiymatini o‘sishiga, asosan, aholi punktlarini mehnatni, kapital va tadbirkorlikni jalb qilish joyiga aylantirilishi oqibatida erishiladi. Buning uchun bozor mexanizmlari sifatida ish haqi stavkalari, foyda va foiz kabi ko‘rsatkichlardan foydalaniladi[7]. Bundan shu narsa aniq va ravshan bo‘ladiki, aholi punktlarini rivojlanishi uchun davlatning soliq siyosati hal qiluvchi omil bo‘ladi. Negaki, ish haqiga, kapital va tadbirkorlikka soliqlar ularni ko‘payishiga manfaatdorlikni pasaytiradi. Rivojlanishga harakat qiladigan aholi punktlari ushbu omillarga soliqlar yukini kamaytirishi hamda ularning asosiy qismini kamaytirish imkoniyati bo‘lmaydigan yer resurslarida jamlanishi zarur. SHunday xolatda aholi punktiga ishchi kuchi, kapital va tadbirkorlikni kirib kelishi kuchayadi, yer rentasi oshadi, rivojlanish darajasiga kuchli ta’sir ko‘rsatilmaydi. Aholi punktining rivojlanishi uchun kapitalni ko‘proq jalb qilinishi juda muhimdir, negaki kapital etarli bo‘lsa mehnat va yer ancha mahsuldor bo‘ladi, demak, ish haqi ham, renta ham yuqori bo‘ladi. Renta- yer munosabatlarining yuridik shakldagi iqtisodiy tadbig‘idir[3,8]. Amaliyotda yerdan foydalanishga ruxsat berganligi uchun ijarachi yer mulkdoriga (shaharga yoki davlatga) to‘laydigan ijara haqi shaklidagi to‘lov, tabiiyki, yer rentasi ko‘rinishida bo‘ladi. Bu to‘lov qanday tarkibiy qismlardan iborat bo‘lmasin, uning uchun yer rentasi bilan umumiylik tomoni shundan iboratki, u yerning qiymatini aniqlaydi, ya’ni bu- yerni ijaraga berish natijasidagi kapitallashgan daromaddir. SHularni e’tiborga olgan holda aholi punktlari yerlarini kadastrli baholash asosiga qo‘yilishi zarur bo‘ladigan, prinsipial ahamiyatga molik quyidagi qoidalarga alohida e’tibor berish zarur:

- aholi punktlarining turli-tumanligi, katta-kichikligi, turli darajalarda rivojlanganligi, muhandislik infratuzilmalari bilan turli darajada ta’minlanganligi bugungi sharoitda aholi punktlari yerlarini kadastr baholash uchun yagona shkala va bazaviy me’yoriy qiymatni ishlab chiqishga va foydalanishga imkon bermaydi;
- ko‘pgina mamlakatlardagi aholi punktlari yerlarini normativ qiymatini aniqlash amaliyoti ko‘rsatadiki, yerlarning normativ qiymati bozor qiymatining 70- 75 foizdan kam bo‘lmagan qismini tashkil etadi, aholi punkti yer uchastkasining individual kadastr qiymatini tegishli kadastr uchastkasining hisoblangan bazaviy normativ qiymatidan farqi esa 50,0 foizdan oshmaydi. Katta miqdorlarda farqlar kuzatilsa ushbu individual yer uchastkasi qaysi kadastr baholash uchastkasiga qarashli ekanligiga aniqlik kiritilishiga zaruriyat tug‘iladi;
- kadastr qiymat baholash turli darajalardagi aholi punktlarini shakllanishi va rivojlanishi bo‘yicha umumqobul qilingan shaharsozlik tamoyillaridan kelib chiqishi, ularni hisobga olishi va ularga asoslanishi kerak.

Darhaqiqat, yuqorida e’tirof etilganlar aholi punktlari yerlarini kadastr qiymatini baholash juda murakkab jarayon ekanligini yana bir karra namoyon qiladi. Bunda aholi punktini alohida mintaqalarga ajratish, har bir mintaqani umumiy xolatiga qarab u yerdagi uchastkalarni baholash paytiga ushbu uchastkalarni

mohiyatini aniqlash, baholanayotgan yer uchastkasiga ta’sir ko‘rsatuvchi turli tuman omillarni hisobga olish, ushbu baholanayotgan yer uchastkasini shaharsozlik belgilarini hisobga olish va boshqalar muhim ahamiyatga ega bo‘ladi. Aynan shu nuqtai nazardan B.YU.Xodiev va Z.S.Abdullaevlar tomonidan taklif etilgan yondoshuv ma’lum amaliy ahamiyat kasb etadi[8]. Ularning fikrlariga ko‘ra, aholi yashash punktlari yer uchastkalarini kadastr baholashga va bu bahoni shakllantirishga quyidagi bir guruh omillar o‘zlarining yo ijobiy, yoki salbiy ta’sirini ko‘rsatadilar:

- aholini ushbu aholi punktining markaziga, umumaholi punkti ahamiyatidagi madaniy va maishiy xizmat ko‘rsatish ob’ektlariga borish o‘ng‘ayliligi;
- markazlashgan muxandislik inshootlari va xududni obodonlashtirish ob’ektlari bilan ta’minlanganligi, transport qatnovini ish joylariga o‘ng‘ayliligi;
- mikrorayon, kvartal yoki mahalliy ahamiyatdagi boshqa loyihaviy birliklar doirasida aholiga madaniy-maishiy xizmat ko‘rsatish sohasini rivojlanganlik darajasi;
- qurilmalarning tarixiy qimmatliligi, xududni estetik va landshaftli qimmatliligi;
- atrof-muxitning xolati, sanitariya va mikroiqlimiy sharoitlar;
- qurilishlarning muxandisli-geologik sharoiti, hududni halokatli tabiiy va antropogen ta’sirlarga uchrashining ehtimollik darajasi;
- hududni rekreatsion qimmatliligi.

Haqiqatan ham aholi punkti chegarasida joylashgan har bir yer uchastkasi, undan foydalanish mohiyatidan qat’iy nazar yuqoridagi 7 guruh omillar bilan uzviy bog‘liqdir. Aynan ushbu guruh omillarning ta’siri yer uchastkasi qiymatini oshirishi, yoki , aksincha, kamaytirishi mumkin. SHuni e’tiborga olgan xolda tadqiqotchilar har bir guruh omillarni aniq bir yer uchastkasiga nisbatan uchrashi mumkin bo‘ladigan bir necha kichik guruh omillariga ajratishni taklif etishgan va ular bo‘yicha qator tuzatma koeffitsientlarini tavsiya qilishgan[3,6,8]. Yer uchastkasini baholash jarayonida ushbu har bir kichik omilning ta’sirini e’tiborga olish natijasida yer uchastkasiga tegishli tuzatma koeffitsientini kiritish zaruriyati tug‘iladi. Olib borilgan tadqiqotlar natijasida olingan axborotlar asosida har bir baholash uchastkasini izohlash amalga oshirildi. Bunda yer uchastkasining shaharni rejalashtirish tarkibidagi roli hamda .yuqorida sanab o‘tilganlarni unga ta’siri ko‘rsatildi. Bunday izohnoma baholash uchastkasiga yuqorida sanab o‘tilgan omillarni ta’sirini miqdoriy jihatdan qayd qilish uchun asos bo‘ldi. Omillarning miqdoriy qiymatlari maxsus xisob kitob jadvaliga tushirildi. Ushbu ma’lumotlardan foydalangan xolda har bir baholash uchastkasi bo‘yicha xududni nisbiy qimmatliligining boshlang‘ich koeffitsientini quyidagi formula yordamida aniqlash taklif etildi:

$$K = 1 + K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6 + K_7 , (3)$$

bu yerda: K - aniq bir baholash uchastkasi chegarasida ushbu xududni nisbiy qimmatliligining umumlashgan koeffitsienti,

$K,\ldots K_7$ - 1- 7 guruh omillari bo‘yicha tuzatma koeffitsientlar

Aniq bir baholash uchastkasi chegarasida xududni nisbiy qimmatliligini umumlashgan koeffitsientidan foydalangan xolda yer uchastkasining kadastrli qiymatini aniqlash umumiy ko‘rinishda quyidagi tenglik yordamida aniqlandi:

$$R = S_{er\ uch.} \times (P_{pos} + P_{har}) K, \qquad (4)$$

bu erda: R - yer uchastkasining kadastrli qiymati, ming so‘m;

$S_{er\ uch.}$- yer uchastkasining maydoni, kv.m;

P_{pos}- aholi punktidagi mavjud infratuzilmalarning hususiyatlarini hisobga oluvchi, aniq bir yer uchastkasi uchun omillarning chiziqli funksiyasi;

$P_{har.}$ -aniq bir yer uchastkasining xususiyatlarini (lokal) hisobga oluvchi aniq bir yer uchastkasi uchun harakatlar parametrlarining chiziqli funksiyasi.

K – yer uchastkalari bilan harakatlar to‘g‘risidagi axborotlar bor bo‘lgan yerdan funksional foydalanishning bir turidan bozor statistikasi mavjud bo‘lmagan yerdan funksional foydalanishning boshqa turiga o‘tish koeffitsienti.

Aholi punktlari yerlarini kadastr baholashda yuqoridagilar bilan bir qatorda har bir yer uchastkasining maqsadli foydalanish turi alohida ajratildi. Masalan, aniq bir yer uchastkasi uy joy binolari bilan band bo‘ladi, boshqa bir shunday yer uchastkasi savdo, umumiy ovqatlanish ob’ekti bilan band bo‘lishi mumkin. Bunda real daromad keltirishi nuqtai nazardan ikkinchi yer uchastkasi birinchisiga nisbatan 3- 4 barobar ko‘proq daromad keltiradi. Bunday maqsadli foydalanishi bo‘yicha yer uchastkalarini alohida alohida ajratish va har bir foydalanilish turi bo‘yicha tegishli tuzatma koeffitsientlar kiritish yer uchastkalarini kadastr qiymatini baholashda juda zarur va bu maqsadga muvofiq bo‘ladi. SHularni e’tiborga olgan xolda baholash jarayonida aholi punktlari chegarasidagi yerlarni baholash sanasiga maqsadli foydalanilishiga qarab tegishli tuzatma koeffitsientlarini kiritish lozim bo‘ldi. Bunda, aytaylik, uy joylar bilan band yerlarga 1,0 koeffitsientini qobul qilgan xolda tadbirkorlik, savdo, umumiy ovqatlanish shahobchalari, mehmonxonalar va hakozorlar bilan band yerlarga, keltirishi mumkin bo‘ladigan daromadlariga qarab yuqori darajadagi tuzatma koeffitsientlarini qobul qilish zarur.

Bundan tashqari, aholi yashash punktlaridagi har bir alohida yer uchastkasining lokal, o‘ziga xos tavsiflarini ham, bizningcha, hisobga olish zarur. Masalan, bir yer uchastkasi tabiiy sharoiti bo‘yicha murakkab relefli yoki sifati bo‘yicha, muxandisli geologik nuqtai nazardan, xududini ekologik tavsifi jihatidan yoki bo‘lmasa, shaharsozlik nuqtai nazardan unchalik talabga javob bermaydigan xolatda bo‘lishi mumkin, boshqa bir yer uchastkasi esa, aksincha, yuqoridagi sharoitlari bo‘yicha anchagina yaxshi bo‘lishi mumkin. Odatda, yer uchastkalarining bunday lokal tavsiflarini, aksariyat tadqiqotchilar ikki guruhga ajratishgan[3,6,10]:

- ma’lum bir funksional foydalanishdagi yer uchastkasining nisbiy qimmatini, demak, yer uchastkasining kadastrli qiymatini oshiradigan;
- shunday yer uchastkasining nisbiy qimmatini, demak, yer uchastkasining kadastrli qiymatini pasaytiradigan.

Har qanday yer uchastkasining bunday lokal tavsiflariga quyidagilarni kiritish mumkin: muxandisli-geologik, yer uchastkasini muhandisli

jihozlanganligi va obodonlashganligi, kundalik madaniy-maishiy xizmat ko‘rsatish ob’ektlariga yaqinligi va o‘ng‘ayligi, videoekologik salbiy yoki ijobiy ko‘rinishlar, shaharsozlik, ekologik (turli ifloslanishlar, atmosfera havosini bulg‘anganligi va hak.). Albatta, bunday lokal tavsiflar ham yer uchastkasining umumiy qimmatiga, demak, kadastr qiymatiga katta salbiy yoki ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. SHu sababli ham aholi punktidagi aniq bir yer uchastkasini kadastr qiymatini baholash jarayonida bunday xolatlarni albatta xisobga olish zarur. Bu esa, albatta, yuqorida sanab o‘tilgan lokal tavsiflarni kengroq yoritib, har biri uchun tegishli tarzda yer uchastkasi qiymatini oshiruvchi yoki pasaytiruvchi tuzatma koeffitsientlar kiritishni talab qiladi. SHunday tuzatma koeffitsientlarni qo‘llagan xolda ma’lum bir yer uchastkasining kadastr qiymatini aniqlash ilmiy tadqiqotchilar B.YU.Xodiev va B.B.Berkinovlar tomonidan taklif etilgan[8] quyidagi formula yordamida amalga oshirilishi mumkin:

$$C = K \times C_b \times P, \qquad (5)$$

bu yerda C – lokal tavsifini hisobga olgan xolda ma’lum bir funksional foydalanishdagi yer uchastkasining kadastr qiymati, ming so‘m;

C_b – ma’lum bir funksional foydalanishdagi yer uchastkasining bazaviy kadastr qiymati, ming so‘m;

P – yer uchastkasining maydoni, kv.m;

K- aynan ushbu yer uchastkasiga xos bo‘lgan lokal tavsifi bo‘yicha qiymatni oshiruvchi yoki pasaytiruvchi tuzatma koeffitsient

Yuqoridagilardan yaqqol ko‘rinadiki, noqishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlarni (ayniqsa aholi punktlari erlarini) kadastr qiymatini aniqlash juda murakkab jarayondir, negaki bunday yer uchastkalarining har biriga ko‘p sonli turli-tuman tavsiflariga qarab alohida-alohida yondoshuv zarur bo‘ladi. Bunday xolatni birmuncha osonlashtirish va bunday yerlarni kadastr qiymatini aniqlash jarayonini jadallashtirish uchun, fikrimizcha, respublika xududlarida tarqalgan aholi punktlarining asosiy mohiyatlaridan kelib chiqqan xolda ulardagi yer uchastkalarining yuqorida sanab o‘tilgan barcha tavsiflari bo‘yicha aniq tuzatma koeffitsientlarini ishlab chiqish va ularni barcha viloyatlardagi baholash xizmatlariga tarqatish hamda ulardan yerlarni baholash jarayonida keng foydalanishni yo‘lga qo‘yish taklif etiladi. SHu bilan bir qatorda, aholi punktlari yerlarini baholash uchun maxsus elektron dastur yaratish negizida bu ishni avtomatlashtirish bu ishlar uchun sarflanadigan vaqt, mehnat va moddiy xarajatlarni keskin pasaytirishga va baholash natijalarini haqqoniyligini ta’minlashga , shuningdek mamlakatda boshlangan yer uchastkalarini xususiylashtirish jarayonini tezlashtirishga imkon beradi.

Xulosa. Yuqorida olib borilgan ilmiy tadqiqotlar asosida qisqacha xulosa qilish mumkinki, xususiylashtirish jarayonlarini tezlashtirish maqsadlarida qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallanmagan yerlarni (xususan, aholi punktlari yerlarini) kadastr qiymatini aniqlash yerlarni baholash ishlari majmuasining eng murakkab masalalaridan biri hisoblanadi. Uni to‘g‘ri yo‘lga qo‘yish va uning ma’lumotlaridan foydalanishning mukammal tizimini yaratish mamlakat iqtisodiyotida bozor munosabatldarini to‘la shakllantirishda yana bitta muhim qadam bo‘ladi. Bu esa, o‘z navbatida, bunday baholash amaliyotini har tomonlama kengaytirishga va uning materiallaridan foydalangan xolda

aholi punktlari yerlarini har tomonlama asoslangan bozor aktiviga aylantirishga va, oxir oqibatda qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallanmagan yer uchastkalarining ikkilamchi bozorini vujudga kelishiga zamin yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasining Yer kodeksi. Toshkent, Adolat, 2014
2. Abdullaev Z.S. Yer resurslari qiymatini baholash jarayonlarini modellashtirish. Toshkent, A.Navoiy nomidagi O‘zbekiston Milliy kutubxonasi nashriyoti, 2013
3. Alimov R.X., Berkinov B.B., Kravchenko A.N., Xodiev B.YU. Otsenka nedvijimosti.Tashkent, Fan, 2005
4. Babajanov A.R., Ro‘ziboev S.B. Aholi punktlari yerlari kadastri. Toshkent, Tafakkur, 2011
5. Babajanov A.R., Ro‘ziboev S.B. Kamalova D. Yer kadastri. 2 qism, Toshkent, TAQI, 2013
6. Metodicheskie rekomendatsii po гынochnoy otsenke gorodskix zemel. GKKINP-18-011-98. Utverjdenы Glavnым upravleniem geodezii, kartografii i gosudarstvennogo kadastra pri Kabinete Ministrov Respubliki Uzbekitstan ot 24 dekabrya 1998 g.
7. Rabinovich B.M. Ekonomicheskaya otsenka zemelnых resursov i effektivnosti investitsii. M., Filin, 1997
8. Xodiev B.YU.,Abdullaev Z.S. Otsenka stoimosti zemelnых resursov. Tashkent, Iktisodiyot-moliya, 2010
9. Babajanov, A., Abdiramanov, R., Abdurahmanov, I., Islomov, U. Advantages of formation non-agricultural land allocation projects based on GIS technologies. E3S Web of Conferences 227, 05001 (2021) https://doi.org/10.1051/e3sconf/202122705001
10. Babajanov, A.R., Inamov, B.N., Abdivaitov, K. Assessment of producing abilities of farmland in a limited water supply environment of Uzbekistan. Bulletin of Science and Practice, T. 7. №3. 2021, https://doi.org/10.33619/2414-2948/64
11. O‘zbekiston Respublikasi yer resurslarining xolati to‘g‘risida Milliy hisobot. Kadastr agentligi, 2025
12. Konobeeva G.M. Pochvы Uzbekistana, ix rayonirovanie i kachestvennaya otsenka. Tashkent, Mexnat, 1985
13. Kochubey M.I. Pochvы Uzbekistana i puti povыsheniya ix plodorodiya. Tashkent, Fang, 1985
14. Li V.N. Plodorodie oroshaemых zemel Uzbekistana. Tashkent, Fan, 1989
15. Volkov S.N., Denisov V.V. Zemleustroystvo v Kыrgыzskoy Respublike. Moskva-Bishkek, GUZ, 2014
16. O‘zbekiston Respublikasining qonuni “Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallanmagan yerlarni xususiylashtirish to‘g‘risida”. Toshkent, 2021, Lex.uz
17. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2022 yil 14 fevraldagi 71-son “Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallanmagan yer uchastkalarini xususiylashtirish to‘g‘risida”gi O‘zbekiston Respublikasining qonunini amalga oshirish chora - tadbirlari haqida”gi qarori. Toshkent, 2022, Le

UDK: 528.46:004:351.853

GIDROTEXNIKA INSHOOTLARI UCHUN RAQAMLI GEOAXBOROT BAZASINI YARATISH METODIKASI

J.J.Pirimov *- Buxoro davlat texnika universiteti "Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari" kafedrasi dotsenti, t.f.f.d., (PhD).*

K.H.Jurayev *- Buxoro davlat texnika universiteti "Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari" kafedra o'qituvchisi.*

M.V.Sulaymonov *- Buxoro davlat texnika universiteti "Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari" kafedrasi tayanch doktoranti.*

A.B.Ochilov *- Buxoro davlat texnika universiteti "Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari" kafedrasi tayanch doktoranti.*

M.B.Ro'ziyeva *- Buxoro davlat texnika universiteti magistranti*
shsattorov1993@mail.ru

Annotatsiya: *Gidrotexnika inshootlari uchun raqamli geoaxborot bazasini yaratish metodikasi va uning ilmiy-amaliy ahamiyati tahlil qilingan. Tadqiqotda gidrotexnika obyektlariga oid fazoviy va atributiv ma'lumotlarni yig'ish, qayta ishlash, tizimlashtirish hamda yagona elektron bazaga integratsiyalash jarayonlari yoritilgan. Shuningdek, geoaxborot tizimlari (GIS), masofadan zondlash, sun'iy yo'ldosh tasvirlari, GPS/GNSS texnologiyalari va raqamli kartografiya vositalaridan foydalanishning metodik asoslari ko'rib chiqilgan. Maqolada gidrotexnika inshootlarining texnik holatini monitoring qilish, fazoviy tahlil o'tkazish hamda boshqaruv qarorlarini qabul qilishda raqamli geoaxborot bazasining ahamiyati ochib berilgan. Bundan tashqari, ma'lumotlarni raqamlashtirish, elektron xaritalar yaratish va avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarini shakllantirishning zamonaviy usullari asoslab berilgan.*

Kalit so'zlar: *Gidrotexnika inshootlari, raqamli geoaxborot bazasi, geoaxborot tizimi, GIS texnologiyalari, masofadan zondlash, GPS, GNSS, elektron xarita, monitoring, fazoviy ma'lumotlar, raqamlashtirish, suv xo'jaligi, avtomatlashtirilgan tizim, sun'iy yo'ldosh tasvirlari.*

Kirish. Bugungi kunda suv resurslarini samarali boshqarish va gidrotexnika inshootlarining xavfsiz ishlashini ta'minlash zamonaviy axborot texnologiyalaridan keng foydalanishni talab etmoqda. Suv omborlari, dambalar, kanallar, gidrouzellar va boshqa gidrotexnika obyektlari haqida aniq hamda ishonchli ma'lumotlarni shakllantirish suv xo'jaligi tizimining muhim vazifalaridan biri hisoblanadi. Shu sababli gidrotexnika inshootlari uchun raqamli geoaxborot bazalarini yaratish va ularni amaliyotga joriy etish dolzarb ilmiy-amaliy yo'nalishlardan biriga aylangan.

Raqamli geoaxborot bazasi gidrotexnika inshootlariga oid fazoviy va atributiv ma'lumotlarni yig'ish, saqlash, qayta ishlash hamda tahlil qilish imkonini beruvchi zamonaviy axborot tizimi hisoblanadi. Mazkur tizim yordamida obyektlarning geografik joylashuvi, texnik holati, muhofaza zonalari va ekspluatatsion ko'rsatkichlari yagona elektron muhitda aks ettiriladi. Bu esa suv xo'jaligi obyektlarini samarali boshqarish, monitoring qilish va

favqulodda vaziyatlarning oldini olish imkoniyatlarini kengaytiradi.

Hozirgi davrda geoaxborot tizimlari (GIS), masofadan zondlash, GPS/GNSS texnologiyalari va sun’iy yo‘ldosh monitoringi gidrotexnika inshootlari uchun raqamli geoaxborot bazalarini yaratishda keng qo‘llanilmoqda. Ushbu texnologiyalar orqali obyektlarning fazoviy koordinatalari yuqori aniqlikda aniqlanadi, elektron xaritalar yaratiladi va monitoring jarayonlari avtomatlashtiriladi. Natijada ma’lumotlarni tezkor yangilash hamda boshqaruv qarorlarini ilmiy asosda qabul qilish imkoniyati yaratiladi.

Shuningdek, raqamli geoaxborot bazalari gidrotexnika inshootlarining texnik holatini muntazam nazorat qilish, deformatsiya va xavf omillarini aniqlash hamda ekologik monitoring olib borishda muhim vosita hisoblanadi. Elektron ma’lumotlar bazalarining shakllantirilishi turli tashkilotlar o‘rtasida axborot almashinuvini tezlashtiradi va boshqaruv samaradorligini oshiradi.

Mazkur maqolaning мақсади gidrotexnika inshootlari uchun raqamli geoaxborot bazasini yaratish metodikasini ilmiy jihatdan asoslash, zamonaviy GIS va monitoring texnologiyalarining imkoniyatlarini tahlil qilish hamda geoaxborot bazalarini shakllantirishning samarali usullarini ishlab chiqishdan iborat.

Material va metodlar: Mazkur tadqiqotda gidrotexnika inshootlari uchun raqamli geoaxborot bazasini yaratish metodikasini ishlab chiqish maqsadida turli fazoviy, texnik va kartografik ma’lumotlardan foydalanildi. Tadqiqot materiallari sifatida gidrotexnika obyektlariga oid davlat kadastri ma’lumotlari, topografik xaritalar, sun’iy yo‘ldosh tasvirlari, aerokosmik suratlar, geodezik o‘lchov natijalari hamda texnik hujjatlar qo‘llanildi. Shuningdek, suv omborlari, dambalar, kanallar va boshqa gidrotexnika inshootlarining texnik holati, geografik joylashuvi va ekspluatatsion ko‘rsatkichlari haqidagi ma’lumotlar tahlil qilindi.



1-rasm. Gidrotexnika inshootlari uchun raqamli geoaxborot bazasini yaratish metodikasi

Tadqiqotning asosiy metodologik vositalaridan biri geoaxborot tizimlari (GIS) hisoblanadi. GIS texnologiyalari yordamida gidrotexnika inshootlarining fazoviy va atributiv ma’lumotlari yig‘ildi, qayta ishlanib yagona elektron bazaga integratsiyalashdi. ArcGIS va QGIS dasturlari asosida elektron xaritalar yaratildi hamda fazoviy ma’lumotlar qatlamlari shakllantirildi. Ushbu metod obyektlarning hududiy joylashuvi va texnik tavsiflarini vizual tarzda aks ettirish imkonini berdi.

Masofadan zondlash metodlari tadqiqotning muhim tarkibiy qismi sifatida qo‘llanildi. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va aerokosmik suratlar yordamida gidrotexnika obyektlarining hududiy holati, suv sathidagi o‘zgarishlar va tashqi muhit ta’sirlari monitoring qilindi. Dron texnologiyalaridan foydalanish orqali ayrim obyektlarning yuqori aniqlikdagi tasvirlari olinib, geoaxborot bazasiga integratsiyalashdi.

Tadqiqot davomida GPS va GNSS texnologiyalaridan foydalanilib, gidrotexnika inshootlarining aniq koordinatalari belgilandi. Geodezik o‘lchov ishlari yordamida obyektlarning balandlik ko‘rsatkichlari, chegaralari va geometrik parametrlari aniqlashtirildi. Olingan ma’lumotlar elektron xaritalarni shakllantirish va fazoviy tahlil o‘tkazishda qo‘llanildi.

Shuningdek, ma’lumotlarni raqamlashtirish va integratsiyalash metodlaridan foydalanildi. Analog xaritalar va arxiv hujjatlari skanerlanib, raqamli formatga o‘tkazildi hamda geoaxborot tizimiga joylashtirildi. Fazoviy va atributiv ma’lumotlarni yagona bazada birlashtirish orqali avtomatlashtirilgan monitoring tizimi shakllantirildi.

Tadqiqotning ilmiy-uslubiy asosini tizimli tahlil, fazoviy modellashtirish, ma’lumotlar integratsiyasi va monitoring usullari tashkil etdi. Ushbu metodlar yordamida gidrotexnika inshootlari uchun raqamli geoaxborot bazasini yaratishning samarali modeli ishlab chiqildi hamda uning amaliy ahamiyati baholandi.

Natijalar va ularning tahlili: Tadqiqot natijasida gidrotexnika inshootlari uchun raqamli geoaxborot bazasini yaratishning samarali metodikasi ishlab chiqildi va amaliy jihatdan sinovdan o‘tkazildi. Yaratilgan geoaxborot bazasi gidrotexnika obyektlariga oid fazoviy va atributiv ma’lumotlarni yagona elektron tizimda jamlash imkonini berdi. Natijada suv omborlari, dambalar, kanallar va boshqa gidrotexnika inshootlarining geografik joylashuvi, texnik tavsifi va ekspluatatsion holati haqida tizimlashtirilgan ma’lumotlar shakllantirildi.

GIS texnologiyalarini qo‘llash orqali gidrotexnika obyektlarining elektron xaritalari yaratildi hamda ko‘p qatlamli fazoviy ma’lumotlar bazasi ishlab chiqildi. Fazoviy qatlamlarda inshootlarning koordinatalari, muhofaza zonalari, suv havzalari va infratuzilma obyektlari aks ettirildi. Bu esa obyektlarning hududiy joylashuvini aniq tahlil qilish va monitoring jarayonlarini samarali tashkil etish imkonini berdi.

Masofadan zondlash texnologiyalaridan foydalanish natijasida gidrotexnika inshootlarining texnik holatini masofadan monitoring qilish imkoniyati yaratildi. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va dron orqali olingan aerofotosuratlar asosida suv sathidagi o‘zgarishlar, qirg‘oq deformatsiyalari hamda tashqi muhit ta’sirlari aniqlashtirildi. Tahlillar natijasida ayrim hududlarda eroziya va suv bosishi xavfi mavjudligi qayd etildi. Bu esa favqulodda vaziyatlarning oldini olish uchun muhim axborot manbai bo‘lib xizmat qildi.

GPS va GNSS texnologiyalarini qo‘llash orqali gidrotexnika obyektlarining koordinatalari yuqori aniqlikda belgilandi. Geodezik o‘lchov natijalari geoaxborot bazasiga integratsiyalashib, elektron xaritalarning aniqlik darajasi oshirildi. Fazoviy tahlillar asosida obyektlarning joylashuvi va texnik parametrlarini tezkor yangilash imkoniyati yaratildi.

Tadqiqot davomida raqamlashtirilgan geoaxborot bazasi boshqaruv qarorlarini qabul qilish samaradorligini sezilarli darajada oshirishi aniqlandi. Elektron ma’lumotlar bazasi orqali turli tashkilotlar o‘rtasida axborot almashinuvi tezlashdi hamda monitoring natijalarini real vaqt rejimida kuzatish imkoniyati yaratildi. Bu esa gidrotexnika inshootlarini ekspluatatsiya qilish va texnik xizmat ko‘rsatish jarayonlarini optimallashtirishga yordam berdi.

Shuningdek, tadqiqot natijalari raqamli geoaxborot bazasini yaratishda ko‘p qatlamli ma’lumotlar integratsiyasining muhimligini ko‘rsatdi. Topografik xaritalar, sun’iy yo‘ldosh tasvirlari, geodezik o‘lchov natijalari va texnik hujjatlar yagona tizimda birlashtirildi. Natijada obyektlar haqidagi ma’lumotlarning to‘liqligi va ishonchliligi oshdi.

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, zamonaviy GIS va monitoring texnologiyalaridan foydalanish gidrotexnika inshootlari xavfsizligini ta’minlash, texnik holatini nazorat qilish va favqulodda holatlarning oldini olishda yuqori samaradorlikka ega. Ayniqsa, avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarini joriy etish real vaqt rejimida kuzatuv olib borish va

tezkor boshqaruv qarorlarini qabul qilish imkoniyatini kengaytiradi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari gidrotexnika inshootlari uchun raqamli geoaxborot bazasini yaratish suv xo‘jaligi obyektlarini samarali boshqarish, monitoring qilish va ularning xavfsizligini ta’minlashning muhim ilmiy-amaliy vositasi ekanligini ko‘rsatdi.

XULOSA: Gidrotexnika inshootlari uchun raqamli geoaxborot bazasini yaratish suv xo‘jaligi obyektlarini samarali boshqarish, monitoring qilish va xavfsizligini ta’minlashning muhim ilmiy-amaliy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Tadqiqot natijalari geoaxborot tizimlari (GIS), masofadan zondlash, GPS/GNSS texnologiyalari hamda raqamli kartografiya vositalaridan kompleks foydalanish gidrotexnika obyektlari haqidagi ma’lumotlarni yuqori aniqlikda shakllantirish imkonini berishini ko‘rsatdi.

Yaratilgan raqamli geoaxborot bazasi gidrotexnika inshootlarining fazoviy va atributiv ma’lumotlarini yagona elektron tizimda integratsiyalash imkonini berdi. Bu esa obyektlarning geografik joylashuvi, texnik holati va ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini tezkor monitoring qilish hamda boshqaruv qarorlarini ilmiy asosda qabul qilish samaradorligini oshiradi.

Tadqiqot davomida masofadan zondlash va avtomatlashtirilgan monitoring texnologiyalaridan foydalanish suv sathidagi o‘zgarishlar, deformatsiyalar va xavf omillarini o‘z vaqtida aniqlash imkonini berishi aniqlandi. Shu bilan birga, geoaxborot bazasining raqamlashtirilgan shaklda yuritilishi turli tashkilotlar o‘rtasida axborot almashinuvini tezlashtirib, gidrotexnika inshootlari faoliyatini nazorat qilish tizimini takomillashtirishga xizmat qiladi.

Shuningdek, ko‘p qatlamli fazoviy ma’lumotlarni yagona bazada integratsiyalash gidrotexnika obyektlarini kompleks tahlil qilish va ularning texnik holatini baholash imkoniyatlarini kengaytiradi. Bu esa favqulodda vaziyatlarning oldini olish, ta’mirlash va rekonstruksiya ishlarini samarali rejalashtirish uchun muhim ahamiyat kasb etadi.

Umuman olganda, gidrotexnika inshootlari uchun raqamli geoaxborot bazasini yaratish metodikasini takomillashtirish zamonaviy suv xo‘jaligi tizimining barqaror faoliyatini ta’minlash, suv resurslaridan oqilona foydalanish hamda gidrotexnika inshootlari xavfsizligini oshirishning muhim omili hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. S Abdurakhmonov, M Khamidova, Y Romanyuk, Sh Sattorov, Sh Adizov, E Karimov and M Bozorov, Conventional and current approaches of urban mapping and geodetic base formulation for establishing demographic processes database: E3S Web Conf., 497 (2024) 02028
2. Inamov A., Sattorov Sh., Dadabayev A. and Narziyev A. ‘Geoportal visualization of state cadastre objects’, In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 1068, p. 012016, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1068/1/012016.
3. J. Gerts, S. Khasanov, E. Karimov, and N. Teshaev, ‘Importance of Big Data variables in Agriculture: A comprehensive literature review with a particular focus on variables’, E3S Web Conf., vol. 563, p. 03010, 2024, doi: 10.1051/e3sconf/202456303010.
4. M. Khamidov, A. Inamov, U. Islomov, and Z. Mamatkulov, E3S Web of Conferences 365, 01008 (2023)

УДК: 528.46:004:351.853

XORIJIY DAVLATLARDA GIDROTEXNIKA INSHOOTLARI KADASTRINI YURITISH TAJRIBASI

A.M.Abduloyev *- Buxoro davlat texnika universiteti "Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari" kafedra katta o'qituvchisi.*

K.H.Jurayev *- Buxoro davlat texnika universiteti "Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari" kafedra o'qituvchisi.*

M.V.Sulaymonov *- Buxoro davlat texnika universiteti "Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari" kafedrasi tayanch doktoranti.*

A.B.Ochilov *- Buxoro davlat texnika universiteti "Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari" kafedrasi tayanch doktoranti.*

F.F.Jo'raqulov *- Buxoro davlat texnika universiteti talabasi*
shsattorov1993@mail.ru

Annotatsiya: *Xorijiy davlatlarda gidrotexnika inshootlari kadastrini yuritish tajribasi va uning zamonaviy boshqaruv tizimidagi ahamiyati tahlil qilingan. Tadqiqotda rivojlangan davlatlarda gidrotexnika inshootlarini hisobga olish, monitoring qilish va boshqarishda qo'llanilayotgan geoaxborot tizimlari, masofadan zondlash texnologiyalari hamda raqamli ma'lumotlar bazalarining imkoniyatlari yoritilgan. Shuningdek, AQSH, Germaniya, Yaponiya, Xitoy va boshqa davlatlarning gidrotexnika inshootlari kadastrini yuritish bo'yicha ilg'or tajribalari o'rganilgan. Maqolada xorijiy tajribalar asosida gidrotexnika inshootlari haqidagi ma'lumotlarni yagona elektron tizimda shakllantirish, favqulodda vaziyatlarning oldini olish va suv resurslarini samarali boshqarish masalalari ko'rib chiqilgan. Bundan tashqari, zamonaviy GIS texnologiyalari va avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarini milliy kadastr tizimiga joriy etish istiqbollari asoslab berilgan.*

Kalit so'zlar: *Gidrotexnika inshootlari, davlat kadastri, xorijiy tajriba, geoaxborot tizimi, GIS texnologiyalari, masofadan zondlash, monitoring, suv resurslari, raqamlashtirish, elektron ma'lumotlar bazasi, avtomatlashtirilgan tizim, xavfsizlik, suv xo'jaligi.*

Kirish. Hozirgi kunda suv resurslarini samarali boshqarish va gidrotexnika inshootlarining xavfsiz ekspluatatsiyasini ta'minlash dunyoning ko'plab davlatlari uchun ustuvor vazifalardan biri hisoblanadi. Iqlim o'zgarishi, suv tanqisligi, tabiiy ofatlar va texnogen xavflarning ortib borishi gidrotexnika inshootlari faoliyatini muntazam nazorat qilish hamda ular haqidagi ishonchli ma'lumotlarni shakllantirish zaruratini kuchaytirmoqda. Shu sababli rivojlangan davlatlarda gidrotexnika inshootlari davlat kadastrini yuritish va uni zamonaviy raqamli texnologiyalar asosida takomillashtirishga katta e'tibor qaratilmoqda.

Gidrotexnika inshootlari davlat kadastri suv omborlari, dambalar, kanallar, gidrouzellar, nasos stansiyalari va boshqa suv xo'jaligi obyektlari haqidagi texnik, fazoviy va huquqiy ma'lumotlarni yagona tizimda jamlash hamda boshqarishga xizmat qiladi. Mazkur tizim gidrotexnika inshootlarining texnik holatini

monitoring qilish, favqulodda holatlarning oldini olish va suv resurslaridan oqilona foydalanishda muhim axborot manbai hisoblanadi.

Rivojlangan xorijiy davlatlarda gidrotexnika inshootlari kadastrini yuritishda geoaxborot tizimlari (GIS), masofadan zondlash, sun'iy yo'ldosh monitoringi va avtomatlashtirilgan boshqaruv texnologiyalaridan keng foydalanilmoqda. Ushbu texnologiyalar yordamida gidrotexnika obyektlarining fazoviy joylashuvi, texnik holati va xavfsizlik darajasi real vaqt rejimida nazorat qilinadi. Natijada boshqaruv samaradorligi oshib, favqulodda vaziyatlarga tezkor javob qaytarish imkoniyati yaratiladi.

AQSH, Germaniya, Yaponiya, Xitoy va boshqa rivojlangan davlatlar tajribasi gidrotexnika inshootlari kadastrini yuritishda raqamlashtirish va geoaxborot texnologiyalarining muhim o'rin tutishini ko'rsatmoqda. Ushbu davlatlarda gidrotexnika obyektlari haqidagi ma'lumotlar yagona elektron bazalarda saqlanadi hamda GIS platformalari orqali boshqariladi. Shuningdek, masofadan monitoring tizimlari yordamida inshootlarning texnik holati doimiy ravishda kuzatib boriladi.

Xorijiy tajribalarni o'rganish milliy gidrotexnika inshootlari davlat kadastrini takomillashtirish, zamonaviy texnologiyalarni joriy etish va boshqaruv tizimini rivojlantirish uchun muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Ayniqsa, avtomatlashtirilgan monitoring tizimlari, elektron ma'lumotlar bazalari va fazoviy tahlil usullarini qo'llash suv xo'jaligi tizimining samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Mazkur maqolaning maqsadi xorijiy davlatlarda gidrotexnika inshootlari kadastrini yuritish tajribasini tahlil qilish, zamonaviy geoaxborot va monitoring texnologiyalarining imkoniyatlarini o'rganish hamda ularni milliy kadastr tizimiga joriy etish istiqbollarini yoritishdan iborat.

Material va metodlar: Mazkur tadqiqotda xorijiy davlatlarda gidrotexnika inshootlari kadastrini yuritish tajribasini o'rganish va tahlil qilish maqsadida turli ilmiy, statistik va normativ manbalardan foydalanildi. Tadqiqot materiallari sifatida AQSH, Germaniya, Yaponiya, Xitoy, Rossiya va boshqa rivojlangan davlatlarning gidrotexnika inshootlari davlat kadastriga oid qonunchilik hujjatlari, ilmiy maqolalar, texnik hisobotlar, geoaxborot tizimlari ma'lumotlari hamda xalqaro tashkilotlar materiallari o'rganildi. Shuningdek, suv xo'jaligi obyektlarini monitoring qilish va boshqarish bo'yicha amaliy tajribalar tahlil qilindi.

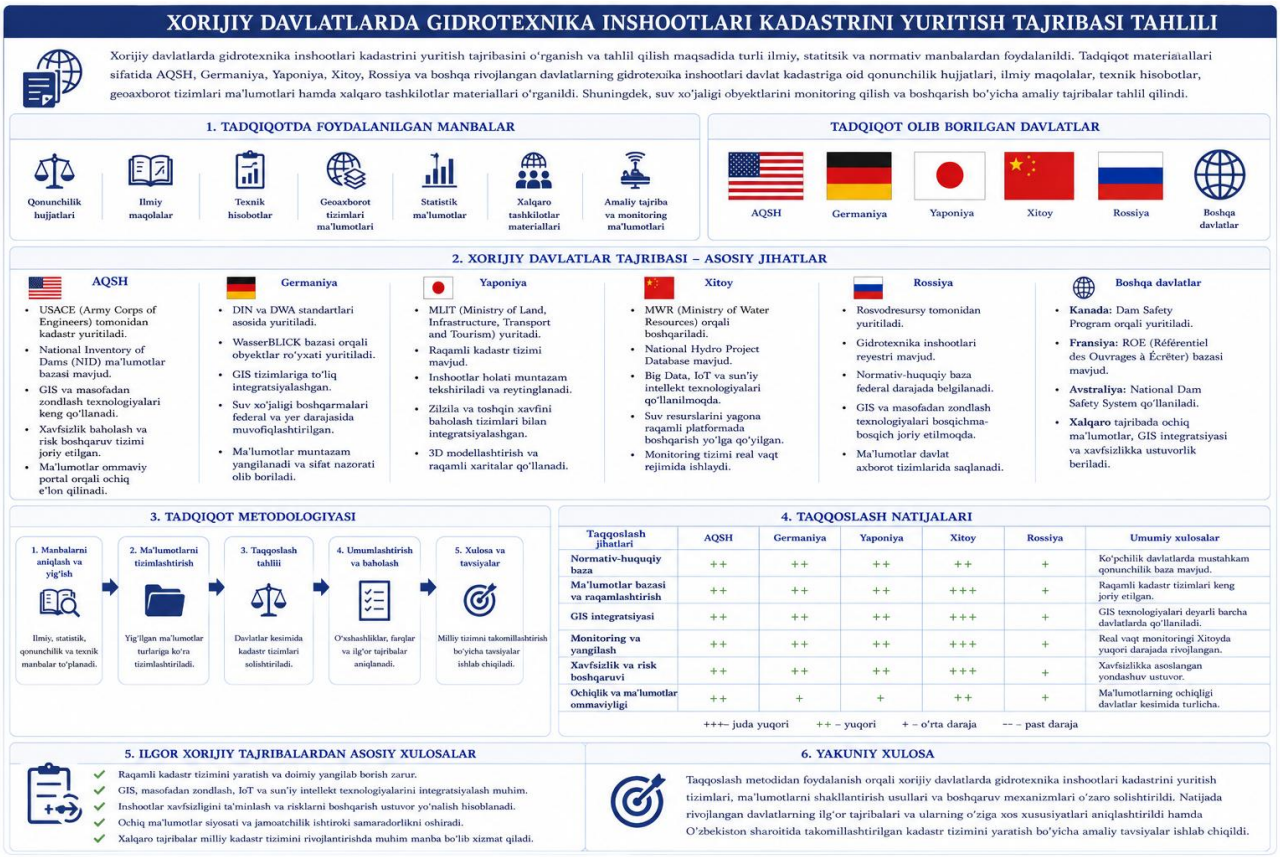
Tadqiqot jarayonida taqqoslash metodidan keng foydalanildi. Ushbu metod orqali xorijiy davlatlarda gidrotexnika inshootlari kadastrini yuritish tizimlari, ma'lumotlarni shakllantirish usullari va boshqaruv mexanizmlari o'zaro solishtirildi. Natijada rivojlangan davlatlarning ilg'or tajribalari va ularning o'ziga xos xususiyatlari aniqlashtirildi.

Geoaxborot tizimlari (GIS) tadqiqotning asosiy metodologik vositalaridan biri sifatida qo'llanildi. GIS texnologiyalari yordamida gidrotexnika inshootlarining fazoviy ma'lumotlarini yig'ish, qayta ishlash va elektron xaritalar yaratish usullari o'rganildi. ArcGIS, QGIS va boshqa geoaxborot dasturlari asosida xorijiy davlatlarda qo'llanilayotgan elektron kadastr tizimlari tahlil qilindi.

Masofadan zondlash metodlari yordamida gidrotexnika obyektlarini monitoring qilish bo'yicha xorijiy tajribalar o'rganildi. Sun'iy yo'ldosh tasvirlari, aerokosmik suratlar va dron

texnologiyalaridan foydalanish orqali suv omborlari, dambalar va boshqa inshootlarning texnik holatini masofadan turib nazorat qilish imkoniyatlari tahlil qilindi. Ushbu metod favqulodda holatlarning oldini olish va xavfsizlik monitoringini tashkil etishda muhim vosita sifatida baholandi.

Tadqiqot davomida statistik va analitik tahlil usullaridan ham foydalanildi. Xorijiy davlatlarda gidrotexnika inshootlari soni, texnik holati, monitoring tizimlari va raqamlashtirish darajasi bo‘yicha mavjud ma’lumotlar umumlashtirildi hamda tahlil qilindi. Statistik natijalar asosida gidrotexnika inshootlari kadastrini yuritish samaradorligiga ta’sir qiluvchi asosiy omillar aniqlandi.



1-rasm. Xorijiy davlatlarda gidrotexnika inshootlari kadastrini yuritish tartibi.

Shuningdek, tizimli yondashuv metodi asosida gidrotexnika inshootlari davlat kadastrining tarkibiy elementlari va ularning o‘zaro bog‘liqligi o‘rganildi. Ushbu metod orqali kadastr tizimida ma’lumotlarni yig‘ish, saqlash, yangilash va monitoring qilish jarayonlari kompleks ravishda tahlil qilindi.

Tadqiqotning ilmiy-uslubiy asosini geoaxborot texnologiyalari, fazoviy tahlil, monitoring va ma’lumotlar integratsiyasi usullari tashkil etdi. Mazkur metodlar yordamida xorijiy tajribalarni milliy gidrotexnika inshootlari davlat kadastri tizimiga joriy etish bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi.

Natijalar va ularning tahlili: Tadqiqot natijalari rivojlangan xorijiy davlatlarda gidrotexnika inshootlari davlat kadastrini yuritish tizimi yuqori darajada raqamlashtirilganligini va zamonaviy geoaxborot texnologiyalariga asoslanganligini ko‘rsatdi. Ayniqsa, AQSH, Germaniya,

Yaponiya va Xitoy kabi davlatlarda gidrotexnika obyektlari haqidagi ma’lumotlar yagona elektron platformalarda yuritilishi hamda avtomatlashtirilgan monitoring tizimlari bilan integratsiyalashgani aniqlandi.

AQSH tajribasi tahlili shuni ko‘rsatdiki, gidrotexnika inshootlari monitoringida GIS texnologiyalari va masofadan zondlash tizimlari keng qo‘llaniladi. Dambalar va suv omborlarining texnik holati maxsus sensorlar hamda sun’iy yo‘ldosh kuzatuvlari orqali real vaqt rejimida nazorat qilinadi. Favqulodda vaziyatlar xavfi aniqlanganda tizim avtomatik ravishda ogohlantirish signalini yuboradi. Bu esa xavfsizlikni ta’minlash va avariyalarning oldini olish samaradorligini oshiradi.



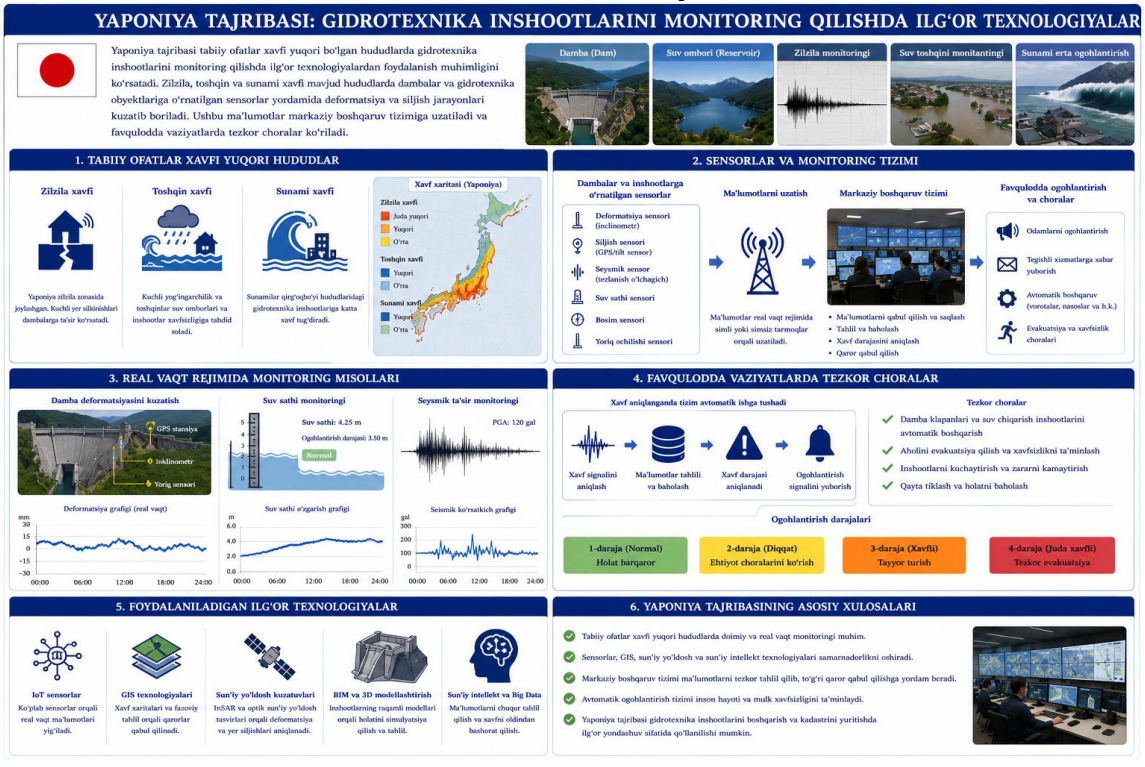
2-rasm. AQSH tajribasi tahlili

Germaniya tajribasi gidrotexnika inshootlari kadastrida ma’lumotlarning aniqligi va integratsiyalashuviga katta e’tibor qaratilishini ko‘rsatdi. Ushbu davlatda suv xo‘jaligi obyektlari haqidagi fazoviy va atributiv ma’lumotlar yagona geoaxborot bazasida saqlanadi. GIS platformalari orqali obyektlarning texnik holati, suv sathi va ekologik ko‘rsatkichlari muntazam monitoring qilinadi. Natijada boshqaruv qarorlarini tezkor va ilmiy asosda qabul qilish imkoniyati yaratilgan.



3-rasm. Germaniya tajribasi tahlili.

Yaponiya tajribasi esa tabiiy ofatlar xavfi yuqori bo‘lgan hududlarda gidrotexnika inshootlarini monitoring qilishda ilg‘or texnologiyalardan foydalanish muhimligini ko‘rsatdi. Zilzila, toshqin va sunami xavfi mavjud hududlarda dambalar va gidrotexnika obyektlariga o‘rnatilgan sensorlar yordamida deformatsiya va siljish jarayonlari kuzatib boriladi. Ushbu ma’lumotlar markaziy boshqaruv tizimiga uzatiladi va favqulodda vaziyatlarda tezkor choralar ko‘riladi.



4-rasm. Yaponiya tajribasi tahlili

Xitoy tajribasi tahlili natijasida gidrotexnika inshootlari kadastrini yuritishda sun’iy intellekt va katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash texnologiyalaridan foydalanish tendensiyasi kuchayib borayotgani aniqlandi. Xitoyda yirik suv omborlari va gidrouzellar faoliyati bulutli texnologiyalar asosida boshqariladi. Bu esa monitoring jarayonlarini avtomatlashtirish va ma’lumotlarni tezkor tahlil qilish imkonini bermoqda.

Tadqiqot davomida rivojlangan davlatlarda gidrotexnika inshootlari davlat kadastrini yuritishda asosiy rivojlanish tendensiyalari aniqlashtirildi. Jumladan, kadastr tizimlarini to‘liq raqamlashtirish, GIS platformalaridan foydalanish, masofadan zondlash va sensor monitoring tizimlarini integratsiyalash, sun’iy intellekt texnologiyalarini qo‘llash hamda ma’lumotlarni bulutli platformalarda saqlash ustuvor yo‘nalishlar sifatida qayd etildi.

Shuningdek, tahlillar natijasida xorijiy davlatlar tajribasini milliy gidrotexnika inshootlari davlat kadastri tizimiga joriy etish suv xo‘jaligi obyektlarini boshqarish samaradorligini oshirishi aniqlandi. Ayniqsa, yagona elektron geoaxborot bazasini yaratish, avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarini joriy qilish va real vaqt rejimida nazorat olib borish suv xo‘jaligi xavfsizligini ta’minlashda muhim ahamiyatga ega ekanligi asoslab berildi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari xorijiy davlatlarda gidrotexnika inshootlari davlat kadastrini yuritish zamonaviy raqamli texnologiyalar, GIS va monitoring tizimlari asosida samarali tashkil etilganligini hamda ushbu tajribalarni milliy tizimga moslashtirish katta ilmiy-amaliy ahamiyati ega ekanligini ko‘rsatdi.

Xulosa. Xorijiy davlatlarda gidrotexnika inshootlari davlat kadastrini yuritish tajribasi ushbu tizimni zamonaviy geoaxborot va raqamli texnologiyalar asosida tashkil etish yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari rivojlangan davlatlarda gidrotexnika obyektlarini monitoring qilish, boshqarish va xavfsizligini ta’minlashda GIS texnologiyalari, masofadan zondlash, avtomatlashtirilgan sensor tizimlari hamda sun’iy intellekt texnologiyalaridan keng foydalanilayotganini tasdiqladi.

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, AQSH, Germaniya, Yaponiya va Xitoy kabi davlatlarda gidrotexnika inshootlari haqidagi ma’lumotlar yagona elektron platformalarda jamlanib, real vaqt rejimida monitoring qilinadi. Bu esa favqulodda vaziyatlarning oldini olish, boshqaruv qarorlarini tezkor qabul qilish va suv resurslaridan oqilona foydalanish imkoniyatlarini kengaytiradi.

Shuningdek, xorijiy tajribalarni o‘rganish natijasida gidrotexnika inshootlari davlat kadastrini rivojlantirishning asosiy tendensiyalari aniqlandi. Jumladan, kadastr tizimlarini to‘liq raqamlashtirish, geoaxborot bazalarini yaratish, bulutli texnologiyalarni joriy etish hamda avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarini qo‘llash ustuvor yo‘nalishlar sifatida belgilandi.

Tadqiqot davomida aniqlanishicha, xorijiy tajribalarni milliy gidrotexnika inshootlari davlat kadastri tizimiga moslashtirish suv xo‘jaligi obyektlarini samarali boshqarish, monitoring qilish va xavfsizligini ta’minlashda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Ayniqsa, GIS texnologiyalarini keng joriy etish, masofadan monitoring tizimlarini rivojlantirish va yagona elektron

ma’lumotlar bazasini shakllantirish milliy kadastr tizimini takomillashtirishga xizmat qiladi.

Umuman olganda, gidrotexnika inshootlari davlat kadastrini zamonaviy axborot texnologiyalari asosida rivojlantirish suv xo‘jaligi tizimining barqaror faoliyatini ta’minlash, favqulodda holatlarning oldini olish va suv resurslaridan samarali foydalanishning muhim omili hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. S Abdurakhmonov, M Khamidova, Y Romanyuk, Sh Sattorov, Sh Adizov, E Karimov and M Bozorov, Conventional and current approaches of urban mapping and geodetic base formulation for establishing demographic processes database: E3S Web Conf., 497 (2024) 02028
2. Inamov A., Sattorov Sh., Dadabayev A. and Narziyev A. ‘Geoportal visualization of state cadastre objects’, In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 1068, p. 012016, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1068/1/012016.
3. J. Gerts, S. Khasanov, E. Karimov, and N. Teshaev, ‘Importance of Big Data variables in Agriculture: A comprehensive literature review with a particular focus on variables’, E3S Web Conf., vol. 563, p. 03010, 2024, doi: 10.1051/e3sconf/202456303010.
4. M. Khamidov, A. Inamov, U. Islomov, and Z. Mamatkulov, E3S Web of Conferences 365, 01008 (2023)

UDK: 528.46:004:351.853

GAT VA MASOFADAN ZONDLASH MA’LUMOTLARI ASOSIDA ZARAFSHON VODIYSIDA SUG‘ORILADIGAN YERLARNING EKOLOGIK HOLATINING TAHLILI

Sh.Y.Sattorov *- Buxoro davlat texnika universiteti “Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari” kafedrasi dotsenti, t.f.f.d., (PhD).*

M.Y.Bekmurodova *- Buxoro davlat texnika universiteti “Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari” kafedrasi tayanch doktoronti.*

M.B.Ro’ziyeva *- Buxoro davlat texnika universiteti magistranti.*

F.F.Jo‘raqulov *- Buxoro davlat texnika universiteti talabasi.*

shsattorov1993@mail.ru

Annotatsiya: *Madaniy meros obyektlari davlat kadastri uchun ko‘p qatlamli geoaxborot bazasini yaratishning ilmiy-uslubiy asoslari tahlil qilingan. Tadqiqotda madaniy meros obyektlari haqidagi fazoviy va atributiv ma’lumotlarni yig‘ish, tizimlashtirish, saqlash hamda yangilash jarayonlari yoritilgan. Shuningdek, geoaxborot tizimlari (GIS), masofadan zondlash texnologiyalari, raqamli kartografiya va ma’lumotlar bazasi texnologiyalaridan foydalanishning ahamiyati ochib berilgan. Maqolada ko‘p qatlamli geoaxborot bazasi yordamida tarixiy va madaniy obyektlarning joylashuvi, texnik holati, muhofaza zonalari va infratuzilma elementlarini yagona elektron tizimda aks ettirish masalalari ko‘rib chiqilgan. Bundan tashqari, geoaxborot bazasini shakllantirishning ilmiy-uslubiy ta’minoti madaniy meros obyektlarini monitoring qilish, muhofaza etish va boshqarish*

samaradorligini oshirishdagi muhim omil sifatida asoslab berilgan.

Kalit so‘zlar: *madaniy meros obyektlari, davlat kadastri, geoaxborot tizimi, GIS texnologiyalari, ko‘p qatlamli baza, raqamli kartografiya, masofadan zondlash, elektron xarita, fazoviy ma’lumotlar, monitoring, muhofaza zonasi, ma’lumotlar bazasi, raqamlashtirish.*

Kirish. Bugungi kunda tarixiy va madaniy meros obyektlarini asrab-avaylash, ularni ilmiy jihatdan o‘rganish hamda kelajak avlodlarga yetkazish davlat siyosatining muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Jahon miqyosida madaniy meros obyektlarini muhofaza qilish va ulardan samarali foydalanish masalalariga katta e’tibor qaratilmoqda. Ayniqsa, tarixiy obidalar, arxeologik yodgorliklar, me’moriy inshootlar va madaniy landshaftlar haqidagi aniq hamda ishonchli ma’lumotlarni shakllantirish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. Shu sababli madaniy meros obyektlari davlat kadastrini zamonaviy geoaxborot texnologiyalari asosida yuritish zarurati ortib bormoqda.

Madaniy meros obyektlari davlat kadastri tarixiy va madaniy obyektlar to‘g‘risidagi fazoviy, texnik, huquqiy va iqtisodiy ma’lumotlarni yagona tizimda jamlash, saqlash va boshqarishga xizmat qiladi. Mazkur tizim obyektlarning geografik joylashuvi, tarixiy qiymati, texnik holati, muhofaza hududlari va foydalanish tartibi haqidagi ma’lumotlarni o‘z ichiga oladi. Kadastr ma’lumotlarining to‘liq va ishonchli bo‘lishi madaniy meros obyektlarini monitoring qilish, restavratsiya ishlarini rejalashtirish hamda ularni muhofaza qilish samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Hozirgi davrda geoaxborot tizimlari (GIS), masofadan zondlash texnologiyalari, raqamli kartografiya va ma’lumotlar bazasi texnologiyalari madaniy meros obyektlari davlat kadastrini yuritishda keng qo‘llanilmoqda. Ushbu texnologiyalar yordamida madaniy meros obyektlari haqidagi ma’lumotlarni ko‘p qatlamli geoaxborot bazasi ko‘rinishida shakllantirish imkoniyati yaratiladi. Ko‘p qatlamli baza orqali obyektlarning hududiy joylashuvi, muhofaza zonalari, muhandislik kommunikatsiyalari, transport infratuzilmasi va boshqa atributiv ma’lumotlar yagona elektron tizimda integratsiyalashadi.

Ko‘p qatlamli geoaxborot bazasining yaratilishi madaniy meros obyektlarini boshqarish va monitoring qilish samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Elektron xaritalar va fazoviy ma’lumotlar asosida obyektlarning texnik holatini baholash, xavfli hududlarni aniqlash hamda restavratsiya va konservatsiya ishlarini ilmiy asosda rejalashtirish imkoniyati kengayadi. Shu bilan birga, geoaxborot bazasi davlat organlari, mutaxassislar va tadqiqotchilar uchun muhim axborot manbai bo‘lib xizmat qiladi.

Mazkur maqolaning мақсади madaniy meros obyektlari davlat kadastri uchun ko‘p qatlamli geoaxborot bazasini yaratishning ilmiy-uslubiy ta’minotini tahlil qilish, zamonaviy GIS texnologiyalarining imkoniyatlarini ochib berish hamda geoaxborot bazasini shakllantirishning samarali usullarini yoritishdan iborat.

Material va metodlar: Mazkur tadqiqotda madaniy meros obyektlari davlat kadastri uchun ko‘p qatlamli geoaxborot bazasini yaratishning ilmiy-uslubiy jihatlarini o‘rganish maqsadida turli manbalar va

zamonaviy texnologiyalardan foydalanildi. Tadqiqot materiallari sifatida madaniy meros obyektlariga oid davlat kadastri ma’lumotlari, topografik xaritalar, arxiv hujjatlari, aerokosmik suratlar, sun’iy yo‘ldosh tasvirlari hamda geoaxborot tizimlari ma’lumotlari qo‘llanildi. Shuningdek, tarixiy-me’moriy obyektlarning texnik holati, geografik joylashuvi va muhofaza hududlari haqidagi ma’lumotlar tahlil qilindi.

Tadqiqot jarayonida geoaxborot tizimlari (GIS) asosiy metodlardan biri sifatida qo‘llanildi. GIS texnologiyalari yordamida madaniy meros obyektlarining fazoviy va atributiv ma’lumotlari yig‘ildi, qayta ishlanib yagona elektron bazaga integratsiyalashdi. Fazoviy ma’lumotlarni qayta ishlashda ArcGIS, QGIS kabi dasturiy vositalardan foydalanildi. Ushbu dasturlar orqali elektron xaritalar yaratildi, obyektlarning koordinatalari aniqlashtirildi va ko‘p qatlamli geoaxborot bazasi shakllantirildi.

Masofadan zondlash metodlari tadqiqotning muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va aerokosmik suratlar asosida madaniy meros obyektlarining hududiy joylashuvi, atrof-muhit holati hamda muhofaza zonalari tahlil qilindi. Ushbu metod orqali obyektlarning zamonaviy holatini monitoring qilish va ulardagi o‘zgarishlarni aniqlash imkoniyati yaratildi.

Tadqiqot davomida kartografik tahlil usullaridan ham foydalanildi. Raqamli xaritalar asosida madaniy meros obyektlarining joylashuvi, infratuzilma elementlari va hududiy xususiyatlari o‘rganildi. Kartografik ma’lumotlar geoaxborot bazasining asosiy qatlamlarini shakllantirishda muhim manba bo‘lib xizmat qildi.

Bundan tashqari, dala kuzatuvlari va geodezik o‘lchov ishlari amalga oshirildi. GPS va GNSS qurilmalari yordamida obyektlarning aniq koordinatalari belgilandi hamda mavjud ma’lumotlarning aniqligi tekshirildi. Olingan natijalar geoaxborot bazasiga kiritilib, obyektlarning elektron pasportlari shakllantirildi.



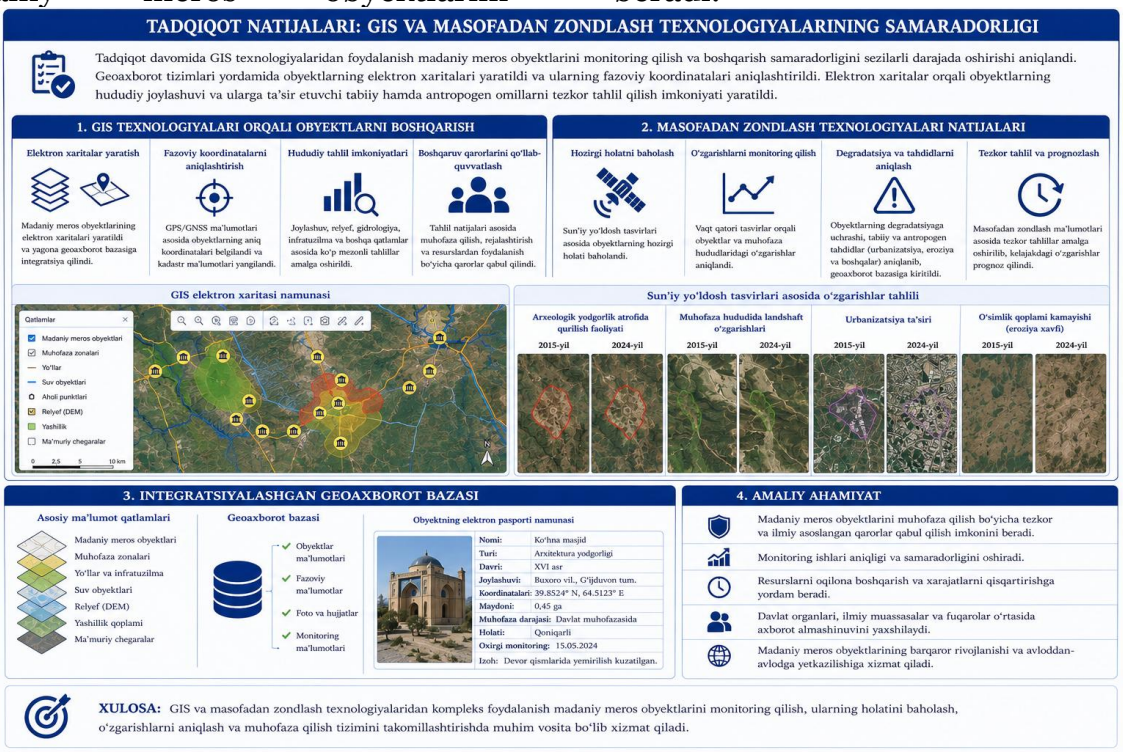
1-rasm. madaniy meros obyektlarini masofadan zondlash usullari

Tadqiqotning ilmiy-uslubiy asosini tizimli tahlil, taqqoslash, fazoviy modellashtirish va ma’lumotlar integratsiyasi usullari tashkil etdi. Ushbu metodlar orqali madaniy meros obyektlari davlat kadastri uchun ko‘p qatlamli geoaxborot bazasini yaratishning samarali modeli ishlab chiqildi.

Natijalar va ularning tahlili: Tadqiqot natijasida madaniy meros obyektlari davlat kadastri uchun ko‘p qatlamli geoaxborot bazasini shakllantirishning ilmiy-uslubiy modeli ishlab chiqildi. Yaratilgan geoaxborot bazasi madaniy meros obyektlari haqidagi fazoviy va atributiv ma’lumotlarni yagona elektron tizimda integratsiyalash imkonini berdi. Natijada tarixiy va madaniy obyektlarning joylashuvi, texnik holati, muhofaza zonalari hamda infratuzilma elementlari haqida to‘liq va tizimlashtirilgan ma’lumotlar bazasi yaratildi.

Tadqiqot davomida GIS texnologiyalaridan foydalanish madaniy meros obyektlarini monitoring qilish va boshqarish samaradorligini sezilarli darajada oshirishi aniqlandi. Geoaxborot tizimlari yordamida obyektlarning elektron xaritalari yaratildi va ularning fazoviy koordinatalari aniqlashtirildi. Elektron xaritalar orqali obyektlarning hududiy joylashuvi va ularga ta’sir etuvchi tabiiy hamda antropogen omillarni tezkor tahlil qilish imkoniyati yaratildi.

Masofadan zondlash texnologiyalarini qo‘llash natijasida madaniy meros obyektlarining hozirgi holatini baholash va vaqt davomida yuz berayotgan o‘zgarishlarni monitoring qilish imkoniyati kengaydi. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida ayrim obyektlarning degradatsiyaga uchrashi, muhofaza hududlaridagi o‘zgarishlar hamda urbanizatsiya ta’siri aniqlanib, ular geoaxborot bazasida aks ettirildi. Bu esa obyektlarni muhofaza qilish bo‘yicha tezkor va ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilish imkoniyatini beradi.



2-rasm. Madaniy meros obyektlarini masofadan zondlash texnologiyalaridan foydalanish samaradorligi.

Tadqiqot natijalari ko‘rsatishicha, ko‘p qatlamli geoaxborot bazasi turli turdagi ma’lumotlarni o‘zaro bog‘langan holda saqlash imkoniyatiga ega. Jumladan, topografik xaritalar, kadastr ma’lumotlari, tarixiy hujjatlar, foto materiallar va geodezik o‘lchov natijalari yagona tizimda birlashtirildi. Ushbu integratsiya obyektlar haqidagi ma’lumotlarning to‘liqligi va aniqligini oshirdi.

Shuningdek, geoaxborot bazasi yordamida madaniy meros obyektlarining muhofaza zonalarini belgilash va ularni nazorat qilish samaradorligi oshdi. Fazoviy tahlil usullari asosida obyektlarga yaqin hududlarda noqonuniy qurilishlar, ekologik xavf omillari va antropogen ta’sir darajalari baholandi. Natijada muhofaza hududlarini boshqarishning samarali mexanizmlarini ishlab chiqish imkoniyati yaratildi.

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, raqamlashtirilgan geoaxborot bazasi madaniy meros obyektlari davlat kadastrini yuritishda axborot almashinuvini tezlashtiradi va boshqaruv samaradorligini oshiradi. Elektron ma’lumotlar bazasi orqali davlat tashkilotlari, ilmiy tadqiqotchilar va mutaxassislar zarur ma’lumotlardan tezkor foydalanish imkoniyatiga ega bo‘ldi. Bu esa madaniy meros obyektlarini muhofaza qilish, restavratsiya qilish va ulardan oqilona foydalanish jarayonlarini yanada takomillashtirishga xizmat qiladi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari madaniy meros obyektlari davlat kadastri uchun ko‘p qatlamli geoaxborot bazasini yaratish zamonaviy GIS va masofadan zondlash texnologiyalarini qo‘llash asosida yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatdi. Ushbu tizim madaniy meros obyektlarini kompleks monitoring qilish, boshqarish va muhofaza qilishning muhim ilmiy-amaliy vositasi sifatida namoyon bo‘ldi.

Xulosa. Madaniy meros obyektlari davlat kadastri uchun ko‘p qatlamli geoaxborot bazasini yaratish tarixiy va madaniy obyektlarni samarali boshqarish, monitoring qilish hamda muhofaza etishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Tadqiqot natijalari geoaxborot tizimlari, masofadan zondlash texnologiyalari va raqamli kartografiya vositalaridan foydalanish madaniy meros obyektlari haqidagi ma’lumotlarni aniq, tizimli va tezkor shakllantirish imkonini berishini ko‘rsatdi.

Yaratilgan ko‘p qatlamli geoaxborot bazasi madaniy meros obyektlarining fazoviy joylashuvi, texnik holati, muhofaza zonalari va infratuzilma elementlari haqidagi ma’lumotlarni yagona elektron tizimda integratsiyalash imkonini berdi. Bu esa obyektlarni monitoring qilish, ularning saqlanish holatini nazorat qilish hamda restavratsiya va konservatsiya ishlarini ilmiy asosda rejalashtirish samaradorligini oshiradi.

Shuningdek, tadqiqot davomida geoaxborot bazasining raqamlashtirilgan shaklda yuritilishi davlat organlari, ilmiy tadqiqotchilar va mutaxassislar o‘rtasida axborot almashinuvini tezlashtirishi hamda boshqaruv qarorlarini qabul qilishda muhim axborot manbai bo‘lib xizmat qilishi aniqlandi. Fazoviy tahlil va monitoring imkoniyatlari orqali obyektlarga ta’sir qiluvchi tabiiy va antropogen omillarni baholash imkoniyati kengaydi.

Kelgusida madaniy meros obyektlari davlat kadastri uchun yaratiladigan geoaxborot bazalarini yanada takomillashtirish, sun’iy

intellekt texnologiyalarini joriy etish va masofadan zondlash ma’lumotlari bilan integratsiyalash muhim ilmiy yo‘nalishlardan biri bo‘lib qoladi. Bu esa madaniy meros obyektlarini saqlash, ulardan oqilona foydalanish va kelajak avlodlarga yetkazishning samarali mexanizmlarini yaratishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021 yil 19 iyundagi PQ-5150-sonli “Moddiy madaniy meros obyektlarini muhofaza qilish sohasidagi faoliyatni tubdan takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qarori.

2. S Abdurakhmonov, M Khamidova, Y Romanyuk, Sh Sattorov, Sh Adizov, E Karimov and M Bozorov, Conventional and current approaches of urban mapping and geodetic base formulation for establishing demographic processes database: E3S Web Conf., 497 (2024) 02028

3. Inamov A., Sattorov Sh., Dadabayev A. and Narziyev A. ‘Geoportal visualization of state cadastre objects’, In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 1068, p. 012016, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1068/1/012016.

4. J. Gerts, S. Khasanov, E. Karimov, and N. Teshaev, ‘Importance of Big Data variables in Agriculture: A comprehensive literature review with a particular focus on variables’, E3S Web Conf., vol. 563, p. 03010, 2024, doi: 10.1051/e3sconf/202456303010.

5. M. Khamidov, A. Inamov, U. Islomov, and Z. Mamatkulov, E3S Web of Conferences 365, 01008 (2023)

УДК: 332.3: 349.4 001.895

OMMAVIY YER SERVITUT BITIMLARINI SHAKLLANTIRISH ZARURIYATI VA JORIY ETISHNING KREATIV YECHIMLARI

Raxmonov Jahongir – *“TIQXMMI” MTU, mustaqil tadqiqotchi.*
Ro‘ziboyev Akmaljon - *“TIQXMMI” MTU, talaba.*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada ommaviy yer servitut bitimlarini shakllantirish zaruriyati va uni joriy etishning innovatsion yechimlari tadqiq etilgan. Infratuzilma rivojlanishi, irrigatsiya tizimlari, energetika va telekommunikatsiya sohalari misolida servitut o'rnatishning iqtisodiy, huquqiy, ma'muriy va ekologik asoslari ochib berilgan. O'zbekiston Respublikasi Fuqarolik kodeksi, Yer kodeksi va tegishli qonunchilik normalari tahlil qilinib, mavjud huquqiy bo'shliqlar aniqlandi. Muammoni hal etishda raqamli platforma, blokchain texnologiyasi, GIS tizimlari kabi kreativ yechimlar taklif etildi. Xususiy mulk huquqi bilan jamoat manfaatlarini muvozanatlash asosiy konseptual o'q sifatida maqolada izchil yoritib berilgan. Tadqiqot natijalari yer huquqi islohoti, kadastr tizimi va infratuzilma loyihalarini amalga oshirish amaliyoti bilan shug'ullanuvchi mutaxassislar uchun amaliy ahamiyat kasb etadi.*

Kalit so‘zlar: *ommaviy servitut, yer servitutu, servitut bitimi, xususiy mulk huquqi, jamoat manfaati, infratuzilma, kompensatsiya, yer kadastri, raqamli platforma, yer huquqi islohoti.*

Аннотация. *В данной статье рассматривается необходимость формирования соглашений об обременении*

государственных земельных участков и инновационные решения для их реализации. Экономические, правовые, административные и экологические основы установления обременений раскрываются на примере развития инфраструктуры, ирригационных систем, энергетики и телекоммуникаций. Анализируются Гражданский кодекс Республики Узбекистан, Земельный кодекс и соответствующие законодательные нормы, выявляются существующие пробелы в законодательстве. Для решения проблемы предлагаются креативные решения, такие как цифровые платформы, технология блокчейн, ГИС-системы. В статье последовательно подчеркивается баланс между правами частной собственности и общественными интересами как основная концептуальная ось. Результаты исследования имеют практическое значение для специалистов, занимающихся земельной реформой, кадастровой системой и реализацией инфраструктурных проектов.

Ключевые слова: *общественный сервитут, земельный сервитут, соглашение о сервитуте, право частной собственности, общественный интерес, инфраструктура, компенсация, земельный кадастр, цифровая платформа, реформа земельного права.*

Abstract. *This article examines the need to form public land easement agreements and innovative solutions for their implementation. The economic, legal, administrative and environmental foundations of establishing easements are revealed on the example of infrastructure development, irrigation systems, energy and telecommunications. The Civil Code of the Republic of Uzbekistan, the Land Code and relevant legislative norms are analyzed, and existing legal gaps are identified. Creative solutions such as digital platforms, blockchain technology, GIS systems are proposed to solve the problem. Balancing private property rights with public interests is consistently highlighted in the article as the main conceptual axis. The results of the research are of practical importance for specialists involved in land law reform, the cadastral system and the implementation of infrastructure projects.*

Key words: *public easement, land easement, easement agreement, private property law, public interest, infrastructure, compensation, land cadastre, digital platform, land law reform.*

Кириш. Ommaviy servitutning mohiyati yer kadastr tizimida muhim yo'nalishlardan biri bo'lib, u davlat va jamiyat manfaatlarini ta'minlash, infratuzilmani rivojlantirish hamda umumiy foydalanishdagi yer uchastkalaridan barqaror foydalanishni kafolatlash maqsadida qo'llaniladi. Ommaviy servitutni mohiyati muayyan yer uchastkasi yoki ko'chmas mulk obektidan ustidan mulkdorning to'liq egalik huquqi saqlangan holda, ushbu mulkdan jamoat ehtiyojlari uchun cheklangan tarzda foydalanish huquqining belgilash tushuniladi. Mazkur servitut odatda davlat tomonidan o'rnatiladi va u alohida shaxs manfaatidan ko'ra keng jamoatchilik manfaatini ustunligini ta'minlaydi.

Ommaviy servitut huquq tarixi nuqtai nazaridan juda qadimiy institut bo'lib, uning ildizlari Rim huquqiga borib taqaladi. Rim huquqida "servitus" atamasi birinchi marta yer uchastkalariga nisbatan qo'llanilgan bo'lib, u "xizmat ko'rsatish" yoki "bo'ysunish" ma'nosini anglatgan. Qadimgi rimliklar yer uchastkalarini bir-biridan ajratib bo'lmasligini, ular o'rtasida doimo ma'lum xizmat munosabatlari mavjud ekanligini anglab yetganlar. Masalan, ichki yer uchastkasi tashqi yo'lga chiqish imkoniyatiga ega bo'lishi kerak, suv manbai bo'lmagan yerga suv olib o'tish zaruriyati paydo bo'ladi yoki qo'shni yerdagi quyosh nuri to'sib qo'yilmasligi lozim. Ana shu zaruriyatlardan kelib chiqib, servitut huquqi shakllangan va rivojlangan. Keyinchalik bu institut Yevropaning barcha yirik huquq tizimlariga kirib borgan, undan so'ng esa mustamlakachilik davri orqali butun dunyoga tarqalgan.

Ommaviy servitutning asosiy mazmuni shundan iboratki, yer egasi o'z mulkini saqlab qoladi, lekin u yerning ma'lum qismidan yoki undan foydalanish imkoniyatidan jamoat manfaatlari yo'lida to'liq erkin foydalana olmaydi. Masalan, xususiy yer uchastkasi orqali umumiy foydalanishdagi yo'l o'tkazilishi, elektr uzatish liniyalari, gaz quvurlari, suv ta'minoti tizimlari yoki aloqa kabellari o'tkazilishi mumkin. Bunday hollarda yer egasi o'z mulkini sotishi, ijaraga berishi yoki foydalanishi mumkin, biroq servitut bilan belgilangan hududda yoki yo'nalishda maxsus cheklovlar amal qiladi.

O'zbekiston qonunchiligida ommaviy servitut institutining rivojlanishi o'ziga xos tarixiy yo'lni bosib o'tgan. Sovet davrida yer davlat mulki bo'lganligi sababli servitut instituti amalda qo'llanilmagan, chunki "o'z yerida o'ziga servitut belgilash" mantiqiy ziddiyatni anglatgan. Mustaqillikdan keyin bozor iqtisodiyotiga o'tish va xususiy yer foydalanish huquqlarining joriy etilishi bilan birga servitut instituti ham shakllana boshladi. 1998-yilda qabul qilingan Yer kodeksi servitut munosabatlarini birinchi marta qonuniy tartibda belgilab berdi. Keyinchalik bu soha ko'plab o'zgartirishlar va qo'shimchalar bilan boyitildi, jumladan infratuzilma sohasidagi maxsus qonunlar alohida servitut tartiblarini belgilab berdi.

Ommaviy servitutning turlari ham alohida e'tiborga loyiqdir. Doimiy servitut infratuzilma ob'ekti mavjud bo'lguncha amal qiladi va muddatsiz belgilanadi. Vaqtinchalik servitut esa muayyan muddat uchun, masalan, qurilish ishlari davomida belgilanadi va muddat o'tgach avtomatik ravishda bekor bo'ladi. Faol servitutda servitut egasi muayyan harakatni amalga oshirish huquqiga ega, masalan, yerdan o'tish yoki quvur o'tkazish. Passiv servitutda esa yer egasiga muayyan harakatni qilish taqiqlanadi, masalan, muayyan balandlikdan baland bino qurmaslik yoki muayyan ekinlarni ekmaclik. Aralash servitutda ikkalasi ham mavjud bo'ladi.

Ommaviy servitutning vazifalari yer huquqi tizimida juda muhim o'rin tutadi, chunki u davlat va jamiyat ehtiyojlarini xususiy mulk huquqi bilan uyg'unlashtirishga xizmat qiladi. Ommaviy servitutning asosiy vazifasi xususiy yer uchastkalaridan foydalanishni butunlay olib qo'ymasdan, balki uni ma'lum maqsadlar uchun cheklash va tartibga solish orqali umumiy manfaatni ta'minlashdir.

Ommaviy servitutning eng muhim vazifasi jamoat infratuzilmasining uzluksiz ishlashini ta'minlash hisoblanadi. Yo'llar, elektr uzatish

liniyalari, gaz va suv quvurlari, kanalizatsiya va aloqa tarmoqlari kabi obyektlar ko'pincha turli mulk shaklidagi yerlar orqali o'tadi. Servitut ushbu tarmoqlarning to'siqsiz ishlashini huquqiy jihatdan kafolatlaydi.

Yer resurslaridan oqilona va samarali foydalanishni ta'minlash ham ommaviy servitutni joriy etishdagi muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Ommaviy servitut orqali yer uchastkalarining ma'lum qismlari umumiy infratuzilma uchun ajratiladi va bu yerlarning tartibsiz yoki samarasiz ishlatilishining oldi olinadi. Bu esa hududiy rivojlanish va rejalashtirish jarayonlarini tartibga soladi.

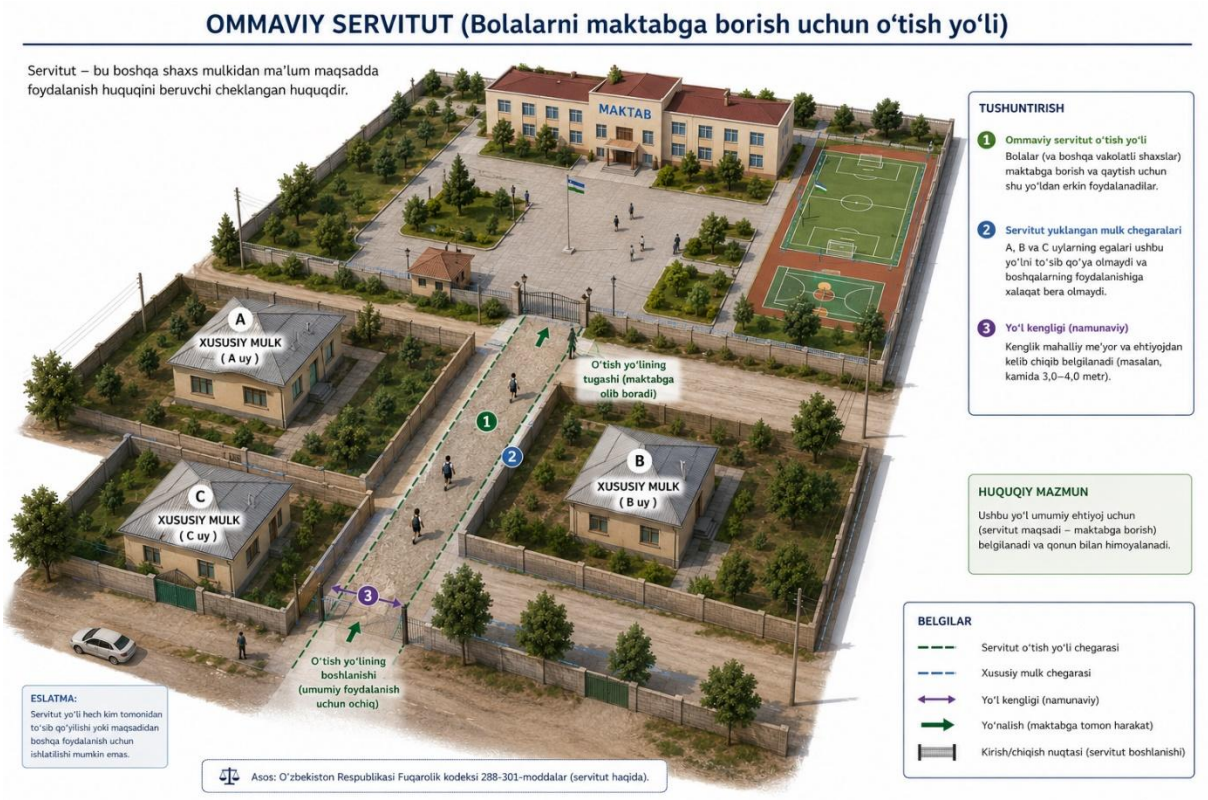
Yana bir muhim vazifa xavfsizlikni ta'minlashdir. Masalan, elektr tarmoqlari, gaz quvurlari yoki yuqori kuchlanishli liniyalar joylashgan hududlarda ma'lum cheklovlar qo'yiladi. Bu cheklovlar odamlar hayoti va mol-mulkini himoya qilishga, avariya va favqulodda holatlarning oldini olishga xizmat qiladi.

Davlat va jamoat manfaatlarini ustun qo'yish mexanizmini amalga oshirish muhim. Ommaviy servitut xususiy manfaat bilan umumiy manfaat to'qnashgan holatlarda jamiyat ehtiyojini birinchi o'ringa qo'yish imkonini beradi, biroq bunda mulk huquqi to'liq bekor qilinmaydi, faqat cheklanadi.

Infratuzilma loyihalarini tez va samarali amalga oshirish ta'minlanadi. Agar har bir yer egasi bilan alohida kelishuv talab qilinsa, yirik davlat loyihalari sekinlashib ketadi. Ommaviy servitut esa bu jarayonni huquqiy jihatdan soddalashtiradi va loyihalarni amalga oshirishni tezlashtiradi.

Hududiy rejalashtirish va shaharsozlikni tartibga solishda ommaviy servitutning ahamiyati yuqori. Shahar va qishloqlarda yo'llar, kommunikatsiya tarmoqlari va boshqa infratuzilma obyektlarini to'g'ri joylashtirish uchun servitut hududlari belgilanadi. Bu esa hududlarning tartibli rivojlanishiga yordam beradi.

Quyidagi rasmda namuna sifatida maktab o'quvchilari uchun ommaviy yer servitutining umumiy ko'rinishi aks ettirilgan (1-rasm).



1-rasm. Maktab o’quvchilari o’tishi uchun ommaviy yer servitutining umumiy ko’rinishi.

Ommaviy servitutning vazifalaridan biri huquqiy muvozanatni saqlashdir. U bir tomondan xususiy mulk huquqini hurmat qiladi, ikkinchi tomondan esa davlat va jamiyat ehtiyojlarini qondiradi. Shu orqali yer huquqi tizimida adolatli muvozanat ta’minlanadi.

Ya’ni, ommaviy servitutning vazifalari jamiyat infratuzilmasini rivojlantirish, xavfsizlikni ta’minlash, yer resurslarini samarali boshqarish va davlat hamda xususiy manfaatlar o’rtasida muvozanatni saqlashga qaratilgan kompleks huquqiy mexanizmni tashkil etadi.

Uslub va manbalar.

Zamonaviy huquqda servitutning ikki asosiy turi mavjud: xususiy servitut va ommaviy servitut. Xususiy servitut ikki xususiy shaxs yer egalari o’rtasida kelishtiriladigan cheklangan foydalanish huquqi bo’lib, faqat muayyan shaxslar manfaatini ko’zda tutadi. Ommaviy servitut esa bundan tubdan farq qiladi: u davlat, jamiyat yoki noaniq ko’pchilik manfaatini ko’zlab belgilanadi va yer egasining roziligisiz ham davlat qarori asosida joriy etilishi mumkin. Aynan shu xususiyat ommaviy servitutni huquqiy jihatdan alohida va murakkab institut sifatida ajratib turadi, chunki bu yerda xususiy mulkchilik huquqi bilan jamoat manfaati o’rtasida ziddiyat yuzaga keladi va uni hal etish davlatning adolatlilik, mutanosiblik va qonuniylik tamoyillariga qay darajada rioya qilishiga bog’liq bo’ladi.

Amaliy jihatdan ommaviy servitut turli sohalarda qo’llaniladi. Masalan, transport infratuzilmasini rivojlantirishda yo’llar, temir yo’llar yoki piyodalar o’tish yo’laklari uchun xususiy yerlar orqali o’tish yo’llari belgilanishi mumkin. Energetika sohasida esa elektr uzatish tarmoqlari yoki transformator

podstansiyalarining xavfsizlik zonalari servitut hududi sifatida belgilanadi. Suv xo'jaligida kanallar, sug'orish tizimlari va drenaj tarmoqlari ham ommaviy servitut asosida joylashtiriladi. Shuningdek, aloqa va telekommunikatsiya infratuzilmasi ham ko'pincha shu mexanizm orqali o'rnatiladi.

Ommaviy servitutning iqtisodiy jihati ham mavjud. Yer egasiga uning mulki cheklangan foydalanishga tushgani uchun ba'zi hollarda kompensatsiya to'lanishi mumkin. Bu kompensatsiya yerning qiymatiga, cheklov darajasiga va servitutning davomiyligiga bog'liq bo'ladi. Biroq har doim ham kompensatsiya to'lanishi majburiy emas, bu masala milliy qonunchilik va aniq holatga bog'liq bo'ladi.

Huquqiy nuqtai nazardan, ommaviy servitut davlat va xususiy mulk o'rtasidagi muvozanatni ta'minlash vositasi hisoblanadi. U bir tomondan davlatga infratuzilma va ijtimoiy ahamiyatga ega obyektlarni joylashtirish imkonini beradi, ikkinchi tomondan esa xususiy mulk huquqini butunlay bekor qilmasdan, uni hurmat qilish tamoyilini saqlab qoladi. Shu jihatdan u zamonaviy yer huquqi tizimining muhim instrumentlaridan biridir.

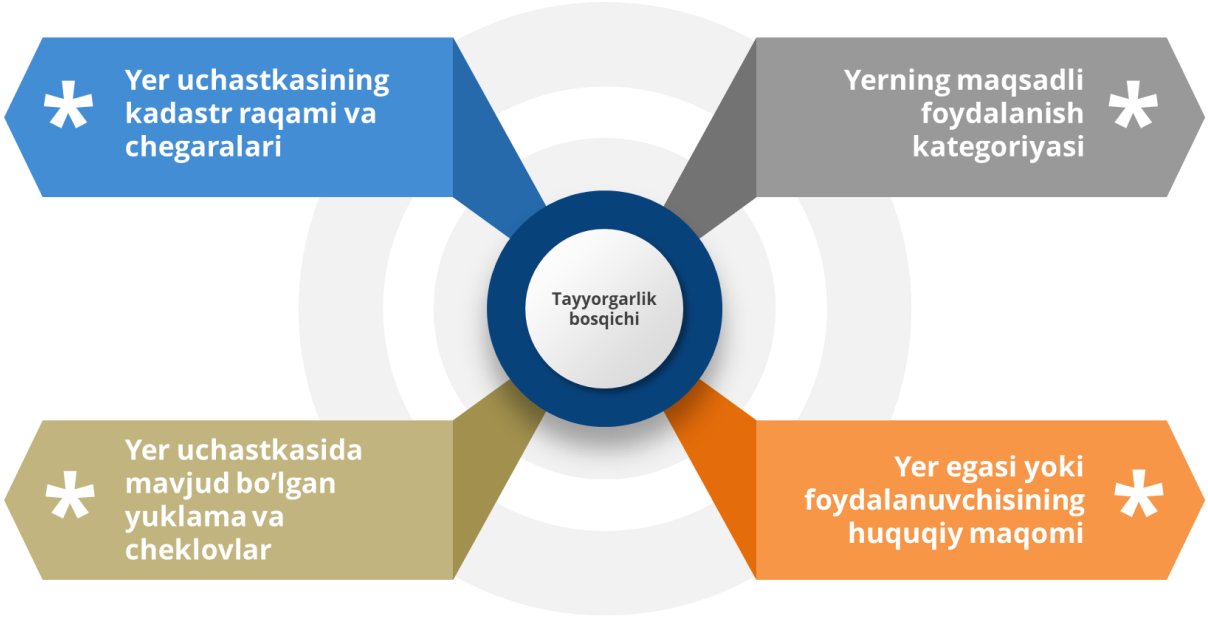
Ommaviy servitutning amal qilish muddati ham turlicha bo'lishi mumkin. Ba'zi hollarda u doimiy xarakterga ega bo'lsa, masalan, elektr liniyalari yoki yo'llar uchun belgilangan servitutlar, boshqa hollarda esa vaqtinchalik bo'lishi mumkin, masalan, qurilish ishlari davrida yoki vaqtincha infratuzilma o'tkazilganda.

Bunda jamiyat manfaatlarini ta'minlash uchun xususiy yer mulkidan cheklangan foydalanish yer egasining mulk huquqini saqlagan holda, davlat va jamoat ehtiyojlarini qondirishga xizmat qiladi. U huquqiy, iqtisodiy va ijtimoiy jihatdan muhim institut hisoblanadi va zamonaviy infratuzilmani rivojlantirishda asosiy vositalardan biri sifatida katta ahamiyatga ega.

Ommaviy servitutning mohiyati yer huquqi tizimida davlat va jamiyat manfaatlarini xususiy mulk huquqi bilan muvofiqlashtiruvchi muhim huquqiy institut sifatida namoyon bo'ladi. Uning asosiy mazmuni shundan iboratki, muayyan yer uchastkasi yoki ko'chmas mulk obyekti ustidan mulkdorning egalik huquqi saqlanib qoladi, biroq ushbu mulkdan foydalanishning ayrim yo'nalishlari yoki qismlari jamoat ehtiyojlari uchun cheklangan tarzda ochib qo'yiladi. Ya'ni, yer egasining huquqi to'liq olib qo'yilmaydi, balki faqat ma'lum darajada cheklanadi.

Ommaviy servitutning paydo bo'lishi va qo'llanilishi ko'pincha davlat tomonidan amalga oshiriladigan infratuzilma loyihalari va umumiy foydalanishdagi obyektlar bilan bevosita bog'liqdir. Masalan, yo'llar qurilishi, elektr uzatish tarmoqlari o'tkazilishi, gaz va suv quvurlarini joylashtirish, aloqa liniyalarini tortish yoki melioratsiya tizimlarini tashkil etish kabi holatlarda xususiy mulkdagi yerlar orqali o'tish zaruriyati yuzaga keladi. Bunday vaziyatlarda davlat ommaviy servitut o'rnatish orqali ushbu hududlardan foydalanish huquqini jamoat foydasiga yo'naltiradi.

Birinchi navbatda, servitut o'rnatilishi zarur bo'lgan yer uchastkasiga oid barcha hujjatlar to'plangan holda dastlabki tahlil o'tkaziladi. Bu bosqichda quyidagilar aniqlanadi. Ommaviy servitut bitimini shakllantirishning dastlabki bosqichida amalga oshiriladigan ishlar tarkibi va algoritmi aks ettirilgan (2-rasm).



2-rasm. Ommaviy servitut bitimini shakllantirishning dastlabki bosqichi.

2-rasmdan ko'rinadiki, ommaviy servitut bitimini shakllantirishning dastlabki bosqichida 4 ta turdagi bajariladigan ishlar mavjud bo'lib, ularni belgilangan tartibda amalga oshirish tavsiya etiladi.

Muzokaralar va kelishuv bosqichi:

Ommaviy servitut ko'pincha majburiy ravishda o'rnatilishi mumkin bo'lsa-da, amaliyotda tomonlar o'rtasida muzokaralar olib borish tavsiya etiladi. Bu jarayonda:

- ❖ davlat organi yoki vakolatli tashkilot yer egasiga rasmiy taklif yo'llaydi
- ❖ yer egasiga servitutning maqsadi, muddati va ko'lami tushuntiriladi
- ❖ kompensatsiya miqdori va to'lov shartlari muhokama qilinadi
- ❖ yer egasining izohlari va e'tirozlari inobatga olinadi

Navbatdagi rasmda yer servituti bo'yicha muzokaralarni 4 ta bosqichlari aks ettirilgan (3-rasm).



3-rasm. Muzokara jarayoni.

Natijalar. Ommaviy yer servitut bitimlarini shakllantirish zaruriyati ko'p qirrali va chuqur ildizlarga ega bir hodisadir. U quyidagi asosiy omillardan kelib chiqadi: birinchidan, zamonaviy davlatning infratuzilma va ijtimoiy xizmatlarni ta'minlash ehtiyoji obyektiv iqtisodiy zaruriyatdir. Ikkinchidan, huquqiy davlat tamoyillari asosida xususiy mulk huquqi va jamoat manfaatlarini muvozanatlash talabi huquqiy zaruriyatdir. Uchinchidan, davlat boshqaruvining samaradorligi, shaffoflik va korrupsiyaga qarshi kurash talablari ma'muriy zaruriyatdir. To'rtinchidan, investitsiya muhiti, yer bozori va loyiha xarajatlarini optimallashtirish ehtiyoji iqtisodiy zaruriyatdir. Beshinchidan, tabiatni muhofaza qilish, madaniy merosni saqlash va ijtimoiy adolatni ta'minlash ekologik va ijtimoiy zaruriyatdir.

Bitim matnini tuzish namunasi:

Servitut bitimi qonun talablariga muvofiq yozma shaklda tuziladi va quyidagi bo'limlarni o'z ichiga olishi lozim:

1. Kirish qismi: Bitimning sanasi, joyi, tomonlarning to'liq nomi va rekvizitlari, tomonlarning huquqiy asoslari ko'rsatiladi.
2. Predmet: Servitut o'rnatiladigan yer uchastkasining aniq chegaralari, kadastr raqami, maydoni va joylashuvi tavsiflanadi. Servitutning maqsadi va undan foydalanish tartibi batafsil bayon etiladi.
3. Servitut hajmi va chegaralari: Servitutdan foydalanish doirasi aniq belgilanadi. Masalan, quvur o'tkaziladigan yo'lak kengligi, o'tish huquqi qo'llaniladigan vaqt oralig'i yoki ruxsat etilgan faoliyat turlari ko'rsatiladi.
4. Muddat: Servitut muddatsiz yoki muddatli bo'lishi mumkin. Muddatli servitutda aniq boshlash va tugash sanasi yoki voqea (masalan, ob'ekt qurilishi tugallanganda) ko'rsatiladi.
5. Tovon puli va kompensatsiya: Yer egasiga to'lanadigan kompensatsiya miqdori, to'lov muddatlari va tartibi belgilanadi. O'zbekiston qonunchiligiga ko'ra, yer egasi etkazilgan zararning to'liq qoplanishini talab qilish huquqiga ega.
6. Tomonlarning huquq va majburiyatlari: Servitut egasi (davlat yoki tashkilot) va yer egasining o'zaro huquq va majburiyatlari alohida-alohida sanab o'tiladi.
7. Mas'uliyat: Majburiyatlarni buzganlik uchun javobgarlik choralari ko'rsatiladi.
8. Nizolarni hal etish tartibi: Nizolar avvalo muzokaralar orqali, so'ngra sudgacha tartibga solish yo'li bilan, zarur bo'lsa sud orqali hal etilishi belgilanadi.
9. Yakuniy qoidalar: Bitimning kuchga kirish tartibi, o'zgartirish va bekor qilish shartlari, nusxalar soni va notarial tasdiqlash masalalari belgilanadi.

Yuqoorida qayd etilgan namunaviy tartib ijrosini ta’minlash servitut bitmini yanada takomillashtirish imkoniyatini yaratadi. Amalda yuritilayotgan servitut shartnomalari tavsiya etilayotgan tartiblarni to’liq o’zida aks ettirilmaganligi sababli amaliyotda turli nizoli holatllar mavjudligi kuzatilmoqda.

Yer servituti bitimini tuzish bo’yicha amaliy maslahatlar 4-rasmda aks etgan (4-rasm).



4-rasm. Yer servituti bitimini tuzish bo'yicha amaliy maslahatlar.

Demak, amaliyotda joriy qilingan yer servituti bitimlarini takomillashtirishda tavsiya etilayotgan maslahatlarni e'tiborga olish zarur.

Bularning barchasi birgalikda ommaviy yer servitut bitimlarini shakllantirish institutini zamonaviy huquqiy tizimning muhim va zaruriy tarkibiy qismiga aylantiradi. Bu institutning to'g'ri va samarali ishlashi esa mamlakatning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishiga bevosita hissa qo'shadi.

Xulosa. Ommaviy yer servitut bitimlarini shakllantirish zamonaviy O'zbekiston yer huquqi tizimining dolzarb muammolaridan biri bo'lib qolmoqda. Tadqiqot shuni ko'rsatadiki, mavjud qonunchilik bazasi servitut munosabatlarini to'liq tartibga solish uchun yetarli emas va amaliyotda jiddiy huquqiy bo'shliqlar mavjud. Xususiy mulk huquqi bilan jamoat manfaatlarini adolatli muvozanatlash esa bu sohadagi eng muhim konseptual muammo sifatida namoyon bo'ladi. Mazkur muammoni hal etishda raqamli texnologiyalar, modular bitim tizimlari va progressiv kompensatsiya mexanizmlarini qo'llash samarali yechim bo'la oladi. Yer egalarining huquqiy savodxonligini oshirish, shaffof va standartlashtirilgan tartiblarni joriy etish hamda mediatsiya mexanizmlarini rivojlantirish orqali servitut jarayonini barcha tomonlar uchun qoniqarli qilish mumkin. Pirovardida, ommaviy yer servitut institutini takomillashtirish nafaqat huquqiy muammo, balki mamlakatning barqaror ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishini ta'minlashning muhim shartidir.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

20. O'zbekiston Respublikasining Konstitutsiyasi. – T.: "O'zbekiston", 2023.

21. O'zbekiston Respublikasining Yer kodeksi // O'zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari ma'lumotlari milliy bazasi (lex.uz).

22. O'zbekiston Respublikasining Fuqarolik kodeksi // O'zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari ma'lumotlari milliy bazasi (lex.uz).

23. O'zbekiston Respublikasining "Ko'chmas mulkka bo'lgan huquqlarni

davlat ro‘yxatidan o‘tkazish to‘g‘risida”gi Qonuni.
24. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2021-yil 29-dekabrdagi 535-son qarori “Ko‘chmas mulk obyektlariga kadastr pasportini rasmiylashtirish tartibini takomillashtirish to‘g‘risida”.
25. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risidagi Farmoni.
26. Yagona interaktiv davlat xizmatlari portali (my.gov.uz) ma’lumotlari.
27. O‘zbekiston Respublikasi Kadastr agentligi faoliyatiga oid normativ-huquqiy hujjatlar to‘plami.
28. O‘quv adabiyot: “Ko‘chmas mulk kadastri asoslari”, Toshkent, 2022.
29. Mirzaabdullayeva, M. (2025). Yer servitutini rivojlanishi. Ижтимоий-гуманитар фанларнинг долзарб муаммолари Актуальные проблемы социально-гуманитарных наук Actual Problems of Humanities and Social Sciences., 5(S/8), 66–70. https://doi.org/10.47390/SPR1342V5SI8Y2025N10
30. Қ.Рахмонов,Ж.Рахмонов. Рақамли ер кадастри. Ўқув қўлланма.Тошкент. “ТИҚХММИ” МТУ.2014.-146 бет.
31. Чертовицкий А.С.,Рахмонов Қ. Ер ахборот тизими. Ўқув қўлланма.Тошкент. “ТИҚХММИ” МТУ.2023.-145б.
32. Yo‘ldoshev Sh. Fuqarolik huquqida qo‘shnichilik munosabatlari va servitut // Huquq va burch jurnali. – Toshkent, 2024. – №4. – B. 12-18.

Internet manbalari:

33. www.kadastr.uz
34. www.tiiame.uz
35. www.ziyonet.uz
36. www.lex.uz
37. https://uz.wikipedia.org
38. https://kadastr.uz/uz/dkp

UDK 502.4:528.8:004.65(575.146)

MUHOFAZA ETILADIGAN TABIIY HUDUDLAR GEOMA’LUMOTLAR BAZASINI TAKOMILLASHTIRISHNING GEOINNOVATSION ASOSLARI

J.I.Kamolov *- Buxoro davlat texnika universiteti “Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari” kafedrasi tayanch doktoranti.* *kamolov.j.i@gmail.com*

Annotatsiya: *Mazkur maqolada muhofaza etiladigan tabiiy hududlar geoma’lumotlar bazasini takomillashtirishning ilmiy-metodik asoslari “Jayron” pitomnigi misolida tadqiq etilgan. Tadqiqotda muhofaza etiladigan hududlarga oid atributiv ma’lumotlarni yuritish, ularni GAT texnologiyalari, masofaviy zondlash, GPS kuzatuvlari, dron monitoringi va geostatistik interpolatsiya usullari bilan integratsiyalash masalalari ko‘rib chiqilgan. Amaldagi geoma’lumotlar bazalarida uchraydigan ma’lumotlarning eskirishi, fazoviy aniqlikning pastligi, monitoringning fragmentar yuritilishi, texnik va institutsional cheklovlar kabi muammolar tizimli tahlil qilingan. Maqolada “Jayron” pitomnigi bo‘yicha mavjud atributiv ko‘rsatkichlar asosida geoma’lumotlar bazasini takomillashtirish uchun qo‘shimcha maydonlar - bufer zona tavsifi, hujjatdagi va amaldagi maydon nisbatlari hamda oxirgi monitoring*

sanasini kiritish taklif etilgan. Shuningdek, flora va fauna turlarining hududiy tarqalishini baholashda IDW interpolatsiya usulidan foydalanishning amaliy ahamiyati asoslab berilgan. Tadqiqot natijalari muhofaza etiladigan tabiiy hududlarni raqamli boshqarish, ekologik xavflarni erta aniqlash va resurslardan oqilona foydalanishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: *muhofaza etiladigan tabiiy hududlar, “Jayron” pitomnigi, geoma’lumotlar bazasi, GAT, masofaviy zondlash, IDW interpolatsiya, ekologik monitoring, bufer zona, raqamli kadastr.*

Аннотация: *В статье исследованы научно-методические основы совершенствования базы геоданных особо охраняемых природных территорий на примере специализированного питомника «Джейран». Рассмотрены вопросы ведения атрибутивных данных об охраняемых территориях и их интеграции с ГИС-технологиями, дистанционным зондированием, GPS-наблюдениями, дрон-мониторингом и методами геостатистической интерполяции. Системно проанализированы проблемы, характерные для существующих баз геоданных: устаревание сведений, недостаточная пространственная точность, фрагментарный характер мониторинга, технические и институциональные ограничения. На основе имеющихся атрибутивных показателей по питомнику «Джейран» предложено дополнить базу геоданных новыми полями, отражающими характеристики буферной зоны, соотношение документально закреплённой и фактической площади, а также дату последнего мониторинга. Кроме того, обоснована практическая значимость применения метода IDW-интерполяции при оценке пространственного распространения видов флоры и фауны. Результаты исследования направлены на развитие цифрового управления особо охраняемыми природными территориями, раннее выявление экологических рисков и рациональное использование природных ресурсов.*

Ключевые слова: *особо охраняемые природные территории, питомник «Джейран», база геоданных, ГИС, дистанционное зондирование, IDW-интерполяция, экологический мониторинг, буферная зона, цифровой кадастр.*

Abstract: *This article examines the scientific and methodological foundations for improving the geodatabase of protected natural areas using the specialized “Jayron” nursery as a case study. The study considers the maintenance of attribute data on protected areas and its integration with GIS technologies, remote sensing, GPS observations, drone monitoring, and geostatistical interpolation methods. The paper systematically analyzes the main problems of existing geodatabases, including outdated information, insufficient spatial accuracy, fragmented monitoring, and technical and institutional limitations. Based on the existing attribute indicators of the “Jayron” nursery, the article proposes adding new fields to the geodatabase, including buffer zone characteristics, the ratio between legally documented and actual area, and the date of the latest monitoring. The practical significance of applying the IDW*

interpolation method to assess the spatial distribution of flora and fauna species is also substantiated. The results of the study contribute to the development of digital management of protected natural areas, early identification of ecological risks, and rational use of natural resources.

Keywords: *protected natural areas, "Jayron" nursery, geodatabase, GIS, remote sensing, IDW interpolation, ecological monitoring, buffer zone, digital cadastre.*

Kirish. So‘nggi yillarda muhofaza etiladigan tabiiy hududlarni boshqarish masalasi ekologik xavfsizlik, biologik xilma-xillikni saqlash va hududiy rejalashtirish tizimining muhim yo‘nalishlaridan biriga aylanmoqda. Tabiiy ekotizimlarga antropogen bosimning ortishi, iqlim o‘zgarishi, suv va yer resurslaridan foydalanish jadallashuvi ekologik monitoringni zamonaviy, uzluksiz va aniq ma’lumotlarga asoslangan holda tashkil etishni talab qiladi. Bunday sharoitda geoma’lumotlar bazasi faqat ma’lumotlarni saqlovchi texnik tizim emas, balki boshqaruv qarorlarini ilmiy asoslash, ekologik xavflarni erta aniqlash va hududiy resurslardan oqilona foydalanishni ta’minlovchi muhim axborot platformasi sifatida namoyon bo‘ladi.

O‘zbekiston Respublikasining “Fazoviy ma’lumotlar to‘g‘risida”gi Qonuni fazoviy ma’lumotlar sohasidagi munosabatlarni tartibga solishga qaratilgan bo‘lib, unda fazoviy ma’lumotlarning shakllanishi, yuritilishi, yangilanishi va ulardan foydalanishning huquqiy asoslari belgilangan [1]. Rasmiy hujjatda Fazoviy ma’lumotlar milliy infratuzilmasi tashkiliy tuzilma, ilmiy-texnika siyosati, texnik va dasturiy vositalar, bazaviy va sohaga oid fazoviy ma’lumotlar, metama’lumotlar hamda servislar tizimi sifatida talqin qilinadi.

Muhofaza etiladigan tabiiy hududlar bo‘yicha geoma’lumotlar bazasini shakllantirishda O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2022-yil 26-oktabrdagi 620-son qarori alohida ahamiyatga ega. Mazkur qaror bilan fazoviy ma’lumotlar sohasini tartibga soluvchi ayrim normativ-huquqiy hujjatlar tasdiqlangan hamda Fazoviy ma’lumotlar milliy infratuzilmasini rivojlantirish bo‘yicha muvofiqlashtiruvchi mexanizmlar belgilangan [2]. Shu asosda muhofaza etiladigan tabiiy hududlarning tematik qatlamlari uchun atributiv ma’lumotlar jadvali shakllantirilishi belgilangan bo‘lib, ushbu yondashuv “Jayron” pitomnigi misolida geoma’lumotlar bazasini tizimlashtirish uchun metodik asos bo‘lib xizmat qiladi.

O‘zbekiston Respublikasining “Muhofaza etiladigan tabiiy hududlar to‘g‘risida”gi Qonunida bunday hududlarni tashkil etish, muhofaza qilish va ulardan foydalanish sohasidagi munosabatlarni tartibga solish asosiy maqsad sifatida belgilangan [3]. Ushbu qonun muhofaza etiladigan hududlarning huquqiy maqomi, boshqaruv rejimi, davlat nazorati va ulardan foydalanish tartiblarini belgilashi bilan geoma’lumotlar bazasini shakllantirishda muhim normativ manba hisoblanadi.

Mazkur tadqiqot obyekti sifatida Buxoro viloyati Buxoro tumanida joylashgan Buxoro ixtisoslashtirilgan “Jayron” pitomnigi tanlandi. Resurs ma’lumotlariga ko‘ra, ushbu hududning identifikatsiya raqami F035001 bo‘lib, u 1976-yil 15-sentabrda tashkil etilgan, umumiy maydoni 16 522 gektarni tashkil etadi hamda idoraviy jihatdan “Muhofaza etiladigan tabiiy hududlar departamenti” davlat muassasasiga

mansub hisoblanadi. Shunday hududlar uchun geoma'lumotlar bazasini takomillashtirish nafaqat ekologik monitoringni kuchaytiradi, balki muhofaza rejimini ilmiy asosda boshqarish, flora va fauna tarqalishini kuzatish hamda kadastr ma'lumotlarining ishonchliligini oshirish imkonini beradi.

Adabiyotlar tahlili. Muhofaza etiladigan tabiiy hududlar bo'yicha ilmiy va huquqiy adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, mazkur sohada boshqaruv samaradorligi bevosita fazoviy ma'lumotlarning aniqligi, yangilanish darajasi va monitoring tizimining uzluksizligiga bog'liq. "Tabiatni muhofaza qilish to'g'risida"gi Qonun tabiiy muhitni saqlash, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish va ekologik tizimlarni muhofaza qilishning huquqiy, iqtisodiy hamda tashkiliy asoslarini belgilaydi [4]. Ushbu qoida muhofaza etiladigan tabiiy hududlarda yuritiladigan geoma'lumotlar bazasi ekologik boshqaruvning asosiy axborot manbasi bo'lishi lozimligini ko'rsatadi.

O'zbekiston hududida muhofaza etiladigan tabiiy hududlar bo'yicha olib borilgan ilmiy-tadqiqotlar mazkur yo'nalishning normativ-huquqiy, institutsional, ekologik va iqtisodiy jihatlarini ko'p qirrali yoritib kelmoqda. Jumladan, N. Mirzaxo'jayev [5] respublika tabiiy resurslarini boshqarishning tarixiy shakllanishi va huquqiy-regulyativ mexanizmlarini tahlil qilib, muhofaza etiladigan tabiiy hududlar boshqaruv rejalari uchun ilmiy yondashuvning zarurligini asoslagan. Iqlim o'zgarishining qo'riqxonalar ekotizimlariga ta'sirini raqamli ko'rsatkichlar bilan baholagan Sh. Bekmirzayev [6] esa fenologik va migratsion o'zgarishlarni integratsion boshqaruv choralariga bog'lagan.

IDW - Inverse Distance Weighted interpolatsiya usuli fazoviy nuqtalar asosida uzluksiz sirt qiymatini baholash imkonini beradi. ArcGIS Pro hujjatlarida IDW usuli namuna nuqtalarining chiziqli og'irliklangan kombinatsiyasi orqali raster sirt qiymatlarini aniqlashi, bunda og'irlik masofaga teskari bog'liq bo'lishi ko'rsatilgan [7]. Bu usul "Jayron" pitomnigi hududida GPS orqali qayd etilgan flora va fauna kuzatuv nuqtalari asosida turlarning zichligi yoki fazoviy tarqalishini baholash uchun amaliy ahamiyatga ega.

Mavjud resursda "Jayron" pitomnigi bo'yicha IDW yondashuvi flora va fauna turlarining geofazoviy tarqalishini modellashtirishda qo'llangani, bunda dala sharoitida GPS orqali aniqlangan kuzatuv nuqtalari asosida turlarning makoniy joylashuvi vizualizatsiya qilingani qayd etilgan. Bu esa klassik kadastr atributlaridan tashqari biologik monitoring ma'lumotlarini ham geoma'lumotlar bazasiga kiritish zarurligini ko'rsatadi.

Metodologiya. Tadqiqot metodologiyasi "Jayron" pitomnigi hududi bo'yicha mavjud atributiv ma'lumotlarni tahlil qilish, ularni normativ-huquqiy talablar bilan solishtirish va geoinnovatsion texnologiyalar asosida takomillashtirishga qaratildi. Tadqiqotda tizimli tahlil, qiyosiy baholash, geoma'lumotlar bazasini atributiv modellash, GAT asosida fazoviy tahlil, masofaviy zondlash ma'lumotlarini interpretatsiya qilish hamda IDW interpolatsiya usullaridan foydalanish nazarda tutildi.

Muhokama va natijalar. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, "Jayron" pitomnigi kabi muhofaza etiladigan tabiiy hududlarda mavjud geoma'lumotlar bazasi hududning umumiy tasnifini yuritish uchun yetarli boshlang'ich asos yaratadi. Unda

obyektning nomi, identifikatsiya raqami, toifasi, turi, tashkil etilgan sanasi, joylashgan hududi, idoraviy mansubligi va umumiy maydoni kabi asosiy ko‘rsatkichlar mavjud. Biroq ekologik monitoring, raqamli boshqaruv va xavf tahlili nuqtayi nazaridan ushbu atributlar yetarli emas.

“Jayron” pitomnigi bo‘yicha mavjud ma’lumotlarda hudud Buxoro viloyati Buxoro tumanida joylashgani, umumiy maydoni 16 522 gektar ekanligi va mahalliy bo‘ysunuv darajasiga ega ekani qayd etilgan. Ushbu ma’lumotlar hududning kadastr tavsifini berishi mumkin, ammo ekologik holatdagi o‘zgarishlarni, flora va fauna dinamikasini, muhofaza rejimiga tashqi ta’sirlarni hamda monitoringning dolzarbligini to‘liq aks ettirmaydi.

Shu sababli geoma’lumotlar bazasiga yangi atributlarni kiritish zarur. Jumladan, bufer zona haqidagi ma’lumotlar hududning antropogen ta’sirga nisbatan himoyalanish darajasini baholash imkonini beradi. Bu ko‘rsatkich rekreatsion bosim, infratuzilma yaqinligi, noqonuniy foydalanish xavfi va ekologik barqarorlikka ta’sir qiluvchi boshqa omillarni aniqlashda muhim ahamiyatga ega.

Monitoring olib borilgan oxirgi sana haqidagi atribut esa ma’lumotlarning dolzarbligini baholash imkonini beradi. Muhofaza etiladigan hududlar bo‘yicha ma’lumotlar faqat mavjudligi bilan emas, balki qachon yangilangani bilan ham ahamiyatlidir. Agar hudud bo‘yicha monitoring bir necha yil davomida yangilanmagan bo‘lsa, bu ma’lumotlar asosida qabul qilinadigan boshqaruv qarorlarining ishonchliligi pasayadi.

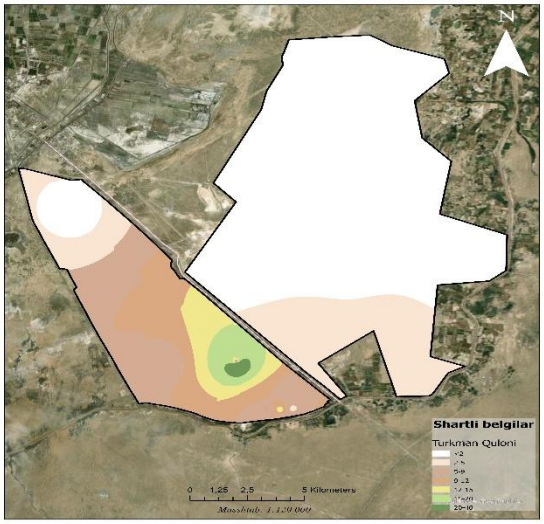
1-jadval

“Jayron” pitomnigi uchun mavjud va takomillashtirilgan geoma’lumotlar bazasi atributlari

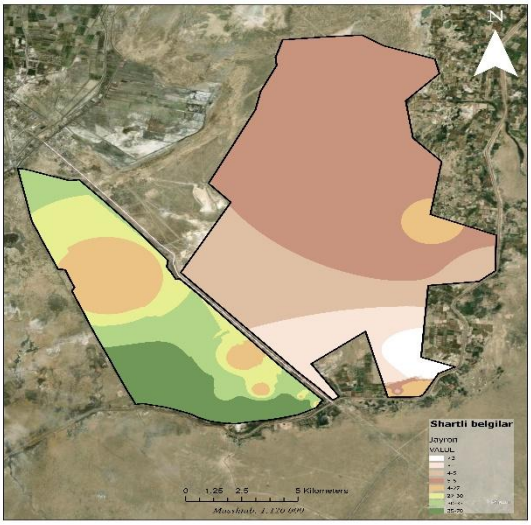
T/r	Mavjud geoma’lumotlar bazasi	T/r	Takomillashtirilgan geoma’lumotlar bazasi
1	Tartib raqami	1	Tartib raqami
2	Identifikatsiya raqami	2	Identifikatsiya raqami
3	Muhofaza etiladigan tabiiy hududning nomi	3	Muhofaza etiladigan tabiiy hududning nomi
4	Muhofaza etiladigan tabiiy hududning toifasi	4	Muhofaza etiladigan tabiiy hududning toifasi
5	Muhofaza etiladigan tabiiy hududning turi	5	Muhofaza etiladigan tabiiy hududning turi
6	Tashkil qilish sanasi va asosi	6	Tashkil qilish sanasi va asosi
7	Idoraviy mansubligi	7	Idoraviy mansubligi
8	O‘rnashgan joyi	8	O‘rnashgan joyi
9	Bo‘ysunuv darajasi (Respublika, mahalliy)	9	Bo‘ysunuv darajasi (Respublika, mahalliy)
10	Umumiy maydoni (ga)	10	Umumiy maydoni (ga)
11	Xo‘jalik faoliyatiga (ga)	11	Xo‘jalik faoliyatiga (ga)
12	Yalangliklar (ga)	12	Yalangliklar (ga)
13	O‘rmon yerlari (ga)	13	O‘rmon yerlari (ga)
14	Suvli yerlar (ga)	14	Suvli yerlar (ga)
15	Yaylovlar (ga)	15	Yaylovlar (ga)

16	Yo‘llar va so‘qmoqlar (ga)	**16**	Yo‘llar va so‘qmoqlar (ga)
17	Boshqa yerlar (ga)	**17**	Boshqa yerlar (ga)
18	Qo‘riqlanma zonasi (ga)	**18**	Qo‘riqlanma zonasi (ga)
		19	Himoya zonasi kengligi va tavsifi (Bufer zona)
		20	Hujjat bo’yicha ajratilgan umumiy maydonga nisbatan (ko’p yoki kam) maydon
		21	Monitoring olib borilgan oxirgi sana

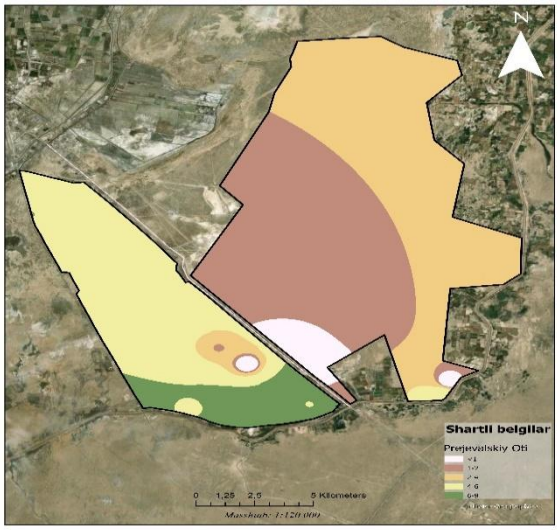
Ushbu jadvaldan ko‘rinadiki, takomillashtirilgan geoma’lumotlar bazasi oddiy ro‘yxatga olish tizimidan farqli ravishda monitoring, nazorat va qaror qabul qilishga xizmat qiluvchi tahliliy platforma vazifasini bajaradi. Ayniqsa, 19-21-atributlarning qo‘shilishi hududning ekologik xavfsizligi, huquqiy aniqligi va monitoring dolzarbligini baholash imkonini kengaytiradi.



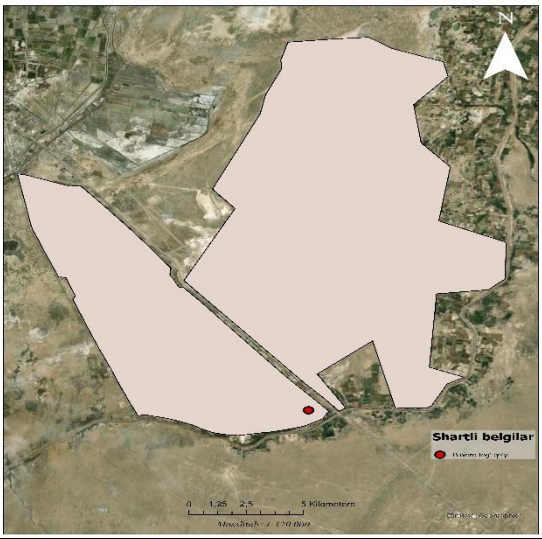
Qulon



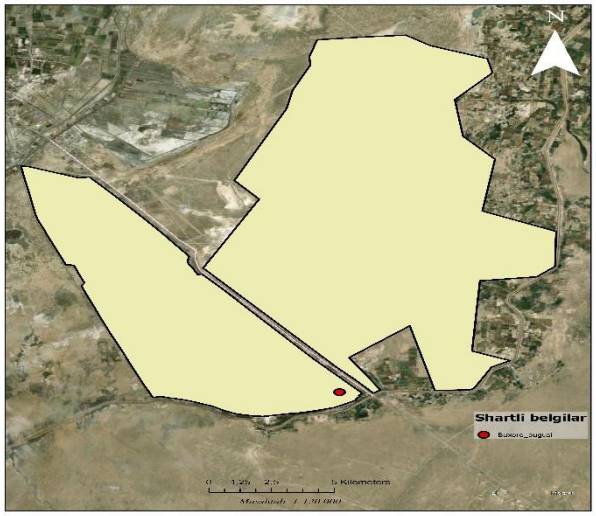
Jayron



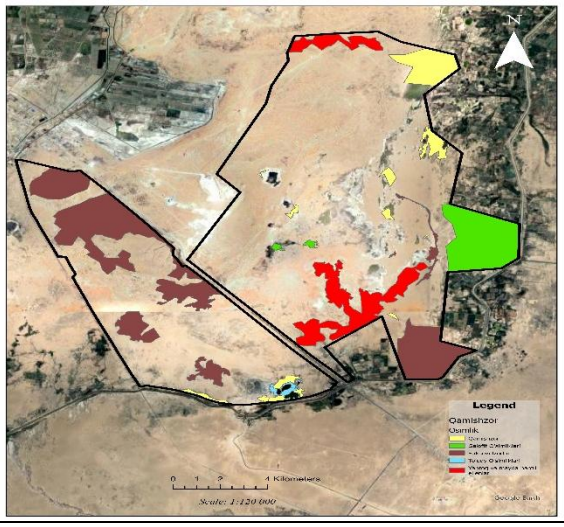
Prejevalskiy oti



Buxoro tog‘ qo’yi



Buxoro bug‘usi



Tadqiqot hududidagi o‘simlik turlari

1-rasm. “Jayron” pitomnigi hududida flora va fauna turlarining geofazoviy tarqalishini baholash modeli

IDW interpolatsiya usulining qo‘llanilishi “Jayron” pitomnigi hududida ayrim fauna va flora turlarining makoniy zichlik darajasini baholashga imkon beradi. Bu yondashuv ayniqsa jayron, qulon, Prejevalskiy oti, Buxoro tog‘ qo‘yi, Buxoro bug‘usi va o‘simlik turlari tarqalishini fazoviy jihatdan tahlil qilishda muhim ahamiyatga ega. Resursda ushbu turlar bo‘yicha GPS kuzatuv nuqtalari asosida geofazoviy tarqalish xaritasini shakllantirish yondashuvi keltirilgan.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, muhofaza etiladigan tabiiy hududlar geoma’lumotlar bazasini takomillashtirish quyidagi ilmiy-amaliy natijalarni beradi.

Birinchidan, ekologik monitoringning aniqligi va tezkorligi oshadi. Geoma’lumotlar bazasiga monitoring sanasi, bufer zona va amaldagi maydon ko‘rsatkichlarining kiritilishi hudud holatini real vaqtga yaqin baholash imkonini yaratadi.

Ikkinchidan, flora va fauna turlarining tarqalishini GAT va IDW interpolatsiya asosida baholash ekologik muhim zonalarni ajratish uchun ilmiy asos yaratadi. Bu esa muhofaza choralari, kuzatuv yo‘nalishlari va resurslarni taqsimlashni optimallashtirishga xizmat qiladi.

Uchinchidan, geoma’lumotlar bazasining GAT, masofaviy zondlash, dron monitoringi va sun’iy intellekt texnologiyalari bilan integratsiyalashuvi ekologik xavflarni erta aniqlash imkonini beradi. Resursda ham geoma’lumotlar bazasini yangilash orqali ekologik monitoring samaradorligini oshirish, xavflarni avtomatik aniqlash va raqamli platforma yaratish muhim natija sifatida ko‘rsatilgan.

To‘rtinchidan, takomillashtirilgan geoma’lumotlar bazasi muhofaza etiladigan tabiiy hududlarni boshqarishda idoralararo ma’lumot almashinuvi, ilmiy monitoring va hududiy rejalashtirish jarayonlarini yagona axborot maydoniga birlashtirish imkonini beradi.

Xulosa. O‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, muhofaza etiladigan tabiiy hududlar geoma’lumotlar bazasini takomillashtirish ekologik boshqaruvning zamonaviy talablaridan biridir. “Jayron” pitomnigi misolida

koʻrib chiqilgan mavjud atributiv maʼlumotlar hududning umumiy kadastr tavsifini berishga xizmat qilsada, ekologik monitoring, fazoviy tahlil va raqamli boshqaruv ehtiyojlarini toʻliq qamrab olmaydi. Shu sababli geomaʼlumotlar bazasini yangi atributlar, GAT texnologiyalari, masofaviy zondlash va geostatistik modellashtirish yondashuvlari bilan boyitish zarur.

Umuman olganda, “Jayron” pitomnigi misolida ishlab chiqilgan takomillashtirilgan geomaʼlumotlar bazasi modeli muhofaza etiladigan tabiiy hududlarni boshqarishda raqamli, fazoviy va ekologik yondashuvlarni uygʻunlashtirish imkonini beradi. Bu esa hududning ekologik barqarorligini saqlash, bioxilma-xillik monitoringini kuchaytirish va boshqaruv qarorlarini ilmiy asoslashda muhim amaliy ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqot asosida quyidagi takliflar ishlab chiqildi:

1. Muhofaza etiladigan tabiiy hududlar geomaʼlumotlar bazasiga bufer zona kengligi va tavsifini aks ettiruvchi alohida atribut kiritish lozim.
2. Hujjatda belgilangan umumiy maydon bilan amaldagi fazoviy maydon oʻrtasidagi farqni koʻrsatuvchi indikator joriy qilinishi kerak.
3. Har bir hudud boʻyicha monitoring olib borilgan oxirgi sana atributi majburiy koʻrsatkich sifatida yuritilishi lozim.
4. “Jayron” pitomnigi hududida flora va fauna turlarining tarqalishini GPS kuzatuvlari va IDW interpolatsiya asosida muntazam xaritalab borish maqsadga muvofiq.
5. Geomaʼlumotlar bazasi GAT platformalar, masofaviy zondlash maʼlumotlari, dron kuzatuvlari va sunʼiy intellekt algoritmlari bilan integratsiyalashgan holda yuritilishi zarur.
6. Muhofaza etiladigan tabiiy hududlar boʻyicha maʼlumotlarni yangilashda yagona format, yagona koordinata tizimi va yagona monitoring metodikasini joriy etish kerak.
7. Raqamli geomaʼlumotlar bazasi ekologik xavflarni erta aniqlash, muhofaza choralarini rejalashtirish va davlat kadastri maʼlumotlarining ishonchliligini oshirishga xizmat qilishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar roʻyxati

1. Oʻzbekiston Respublikasining 2021-yil 23-iyuldagi “Fazoviy maʼlumotlar toʻgʻrisida”gi OʻRQ-702-son Qonuni.
2. Oʻzbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2022-yil 26-oktabrdagi “Oʻzbekiston Respublikasi Fazoviy maʼlumotlar sohasini tartibga soluvchi ayrim normativ-huquqiy hujjatlarni tasdiqlash toʻgʻrisida”gi 620-son Qarori.
3. Oʻzbekiston Respublikasining 2004-yil 3-dekabrdagi “Muhofaza etiladigan tabiiy hududlar toʻgʻrisida”gi 710-II-son Qonuni.
4. Oʻzbekiston Respublikasining 1992-yil 9-dekabr “Tabiatni muhofaza qilish toʻgʻrisida”gi 754-XII-son Qonuni.
5. Mirzaxoʻjaev N. Oʻzbekistonda tabiiy hududlarni boshqarish masalalari. - Oʻquv qoʻllanma. - Toshkent: «Fan» nashriyoti, 2005. - 256 b.
6. Bekmirzayev Sh. Iqlim oʻzgarishi sharoitida qoʻriqxona faoliyatining samaradorligi. - Monografiya. - Toshkent: «Ekosan» nashriyoti, 2018. - 210 b.F
7. Esri. How IDW works - ArcGIS Pro Documentation.

8. Esri. How inverse distance weighted interpolation works - ArcGIS Pro Documentation.
9. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 1998-yil 10-martdagi “Muhofaza etiladigan tabiiy hududlar davlat kadastrini yuritish tartibi to‘g‘risidagi nizomini tasdiqlash haqida”gi 104-son Qaror.
10. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 20-martdagi “Muhofaza etiladigan tabiiy hududlar sohasida davlat boshqaruvi tizimini takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-4247-son Qarori.
11. “Jayron” pitomnigi bo‘yicha geoma’lumotlar bazasini shakllantirish va takomillashtirishga oid tadqiqot resursi. Buxoro, 2026.

UDK: 332.72:528.44:330.322

INVESTITSIYA OBYEKTLARI XOM-ASHYO BAZASINI SHAKLLANTIRISHGA YER KADASTRINING TA’SIRI MEXANIZMINING AMALDAGI HOLATI

F.Sh.Xudoyberdiyev *- Buxoro davlat texnika universiteti “Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari” kafedrasi professori, t.f.f.d., (PhD).* xudoyberdiyev89@list.ru

Annotatsiya: *Mazkur maqolada investitsiya obektlari xom-ashyo bazasini shakllantirishda yer kadastrining ta’sir mexanizmi ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Unda yer kadastri investitsiya faoliyati uchun huquqiy, fazoviy va iqtisodiy axborotlarni mujassam etuvchi strategik tizim sifatida baholanib, uning hudud tanlash, resurs salohiyatini aniqlash hamda investitsiya xavflarini kamaytirishdagi ahamiyati yoritilgan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, yer kadastri ma’lumotlarining aniqligi, to‘liqligi va tizimli integratsiyasi investitsiya obektlari uchun barqaror xom-ashyo bazasini shakllantirishning muhim sharti ekanligi asoslab berilgan.*

Kalit so‘zlar: *yer kadastri, investitsiya obektlari, xom-ashyo bazasi, investitsiya jarayoni, hududiy joylashtirish, fazoviy tahlil, huquqiy maqom, resurs salohiyati, infratuzilmaviy ta’minot, kadastr ma’lumotlari.*

Аннотация: *В статье исследуется механизм влияния земельного кадастра на формирование сырьевой базы инвестиционных объектов. Земельный кадастр рассматривается как стратегическая информационная система, объединяющая правовые, пространственные и экономические данные, обеспечивающая обоснованность выбора территории, оценку ресурсного потенциала и снижение инвестиционных рисков. По результатам исследования установлено, что полнота, точность и интеграция кадастровых данных являются ключевыми факторами формирования устойчивой сырьевой базы инвестиционных проектов.*

Ключевые слова: *земельный кадастр, инвестиционные*

объекты, сырьевая база, инвестиционный процесс, территориальное размещение, пространственный анализ, правовой статус, ресурсный потенциал, инфраструктурное обеспечение, кадастровые данные.

Abstract: *This article examines the impact mechanism of land cadastre on the formation of the raw material base for investment objects. The land cadastre is considered as a strategic information system integrating legal, spatial, and economic data, ensuring informed site selection, resource potential assessment, and risk reduction in investment processes. The results show that the completeness, accuracy, and integration of cadastral data are key factors in establishing a sustainable raw material base for investment projects.*

Keywords: *Land cadastre, investment objects, raw material base, investment process, territorial placement, spatial analysis, legal status, resource potential, infrastructure provision, cadastral data.*

Kirish. Hududiy iqtisodiy rivojlanishda investitsiya obyektlarini maqbul joylashtirish va yer resurslaridan oqilona foydalanish strategik ahamiyatga ega. Ayniqsa, sanoat va agrosanoat sohalarida obyektlar barqarorligi xom-ashyo bazasi, hududiy sharoit va yerning funksional mosligiga bog‘liq. Shu bois yer resurslari investitsiya qarorlarining muhim fazoviy-iqtisodiy asosi sifatida namoyon bo‘ladi. Zamonaviy yondashuvlarda mazkur bog‘liqlik geofazoviy, huquqiy va kadastr ma’lumotlarining integratsiyalashuv darajasi bilan izohlanadi. Bu jihatdan ISO 19152 - LADM standarti yerga oid huquqlar, cheklovlar va majburiyatlarni fazoviy ma’lumotlar bilan uyg‘unlashtiruvchi muhim metodologik asos hisoblanadi.

Adabiyotlar tahlili. Investitsiya obyektlarini barqaror xom-ashyo bazasi bilan ta’minlash masalasi hududiy rivojlanish, sanoatni oqilona joylashtirish va resurslardan samarali foydalanish bilan uzviy bog‘liqdir. Bu jarayonda yer uchastkasi faqat ishlab chiqarish maydoni sifatida emas, balki huquqiy maqom, joylashuv, tabiiy resurs salohiyati, muhandislik-kommunikatsiya ta’minoti va ekologik cheklovlarni o‘zida mujassam etgan strategik resurs sifatida namoyon bo‘ladi. Shu bois investitsiya obyektlari uchun xom-ashyo bazasini shakllantirishda yer kadastrining o‘rni oddiy hisobga olish vositasi doirasidan chiqib, qaror qabul qilishga xizmat qiluvchi axborot-institutsional mexanizm darajasiga ko‘tariladi [1; 2].

Mavzuga oid me’yoriy-huquqiy va ilmiy manbalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, O‘zbekistonda yer munosabatlarini tartibga solish, yerdan oqilona foydalanish va uni muhofaza qilishning asosiy huquqiy poydevori, avvalo, Yer kodeksi orqali belgilangan. Unda yer munosabatlarini tartibga solish, yer uchastkalariga bo‘lgan huquqlarni himoya qilish hamda yerdan ilmiy asoslangan tarzda foydalanish vazifalari mustahkamlangan [1]. “Davlat kadastrlari to‘g‘risida”gi Qonun esa davlat kadastrlari tizimi orqali tabiiy, xo‘jalik va huquqiy obyektlar haqidagi ma’lumotlarni jamlash, tizimlashtirish va ulardan foydalanishning huquqiy asosini yaratadi [2]. “Investitsiyalar va investitsiya faoliyati to‘g‘risida”gi Qonun investitsiya jarayonini davlat tomonidan qo‘llab-quvvatlash, investitsiya muhitining huquqiy kafolatlarini ta’minlash va iqtisodiy faollikni rag‘batlantirishga xizmat qiladi [3]. Ushbu uch manba o‘zaro

birlashganda, yer kadastri investitsiya faoliyati uchun zarur bo‘lgan dastlabki ishonchli axborot muhitini shakllantiruvchi asosiy institut sifatida namoyon bo‘ladi [1; 3].

Mavjud adabiyotlarda yer kadastriga an’anaviy yondashuv asosan yer uchastkalarini hisobga olish, chegaralash, huquqiy ro‘yxatdan o‘tkazish va baholash vazifalari bilan bog‘lanadi. Biroq keyingi davr ilmiy qarashlarida kadastr tizimi faqat ro‘yxatga olish reestri emas, balki iqtisodiy rejalashtirish, soliq bazasini shakllantirish, kredit ta’minoti, investitsiya qarorlarini tayyorlash va hududiy boshqaruvni muvofiqlashtirishga xizmat qiluvchi ko‘p funksiyali axborot tizimi sifatida talqin qilinmoqda [4; 5]. UNECE qo‘llanmalarida yer ma’muriyati tizimi mulk huquqi kafolati, yer va mulkka soliq solish, kredit munosabatlari, yerdan foydalanishni rejalashtirish va bozor faolligini qo‘llab-quvvatlashda tayanch infratuzilma ekani ta’kidlangan [4]. Fit-for-Purpose yondashuvida esa yer ma’muriyati tizimi murakkab texnik modeldan ko‘ra amaliy ehtiyojga mos, qamrovli va tez joriy etiladigan boshqaruv yechimi bo‘lishi lozimligi asoslangan [5].

Xalqaro adabiyotlarda yer kadastrining investitsiya jarayonlariga ta’siri, asosan, tenura xavfsizligi, axborot shaffofligi, huquqlarning aniq qayd etilgani va yer boshqaruvi sifati orqali izohlanadi. FAOning yer, o‘rmon va baliqchilik resurslariga oid mas’uliyatli tenura boshqaruvi bo‘yicha ixtiyoriy tamoyillarida yerga oid huquqlarni aniq va mas’uliyatli boshqarish oziq-ovqat xavfsizligi, ijtimoiy barqarorlik va iqtisodiy rivojlanish uchun zarur shart sifatida baholangan [6]. Bu qarash investitsiya obyektlari xom-ashyo bazasini shakllantirish nuqtai nazaridan ham muhim, chunki investor uchun yer uchastkasi haqidagi noaniqliklar qanchalik kam bo‘lsa, resurs bazasini shakllantirish va ishlab chiqarishni yo‘lga qo‘yish tavakkali ham shunchalik pasayadi [3; 6].

Jahon bankining Land Governance Assessment Framework (LGAF) konsepsiyasida ham yer boshqaruvining sifati iqtisodiy o‘sish, ijtimoiy himoya va atrof-muhitni muhofaza qilish bilan chambarchas bog‘liq ekani ko‘rsatilgan [7]. Mazkur yondashuv yerga bo‘lgan huquqlarning qanday belgilanishi, davlatning yerdan foydalanish ustidan nazorati, davlat yerlarini boshqarish va yer axborotining ochiqligi kabi masalalarni baholashga qaratilgan [7]. Shu jihatdan, investitsiya obyektlari uchun xom-ashyo bazasini shakllantirishda yerning mavjudligi yoki maydonining o‘zi yetarli emas. Yerga oid huquqiy va institutsional muhitning sifat darajasi ham muhim omil hisoblanadi [3; 7].

Yer kadastri va investitsiya jarayonlari o‘rtasidagi bog‘liqlikni zamonaviy axborot modellari asosida tushuntirishda ISO 19152:2012 - Land Administration Domain Model (LADM) muhim ahamiyatga ega [8]. Mazkur standart yer ma’muriyatining asosiy axborot tarkibiy qismlarini, ya’ni sub’ektlar, yer birliklari, shuningdek huquq, cheklov va majburiyatlar o‘rtasidagi munosabatlarni yagona konseptual model doirasida ifodalaydi [8]. Bu esa investitsiya obyekti uchun xom-ashyo bazasini shakllantirishda “qaysi yer?”, “kimning huquqi bor?”, “qanday cheklov mavjud?”, “qaysi hudud resurs nuqtai nazaridan maqbul?” kabi savollarga tizimli javob topish imkonini beradi [8].

Adabiyotlarda investitsiya uchun yer tanlash, sanoat obyektlarini joylashtirish va resurs bazasini baholashga bag‘ishlangan yondashuvlar, odatda, ko‘p mezonli

tahlilga tayanadi. Bunda transport yo‘llariga yaqinlik, muhandislik-infratuzilma bilan ta’minlanganlik, suv va energiya manbalari mavjudligi, relef xususiyatlari, ekologik cheklovlar, bozorga chiqish imkoni va huquqiy maqom kabi omillar inobatga olinadi [4; 5; 8]. Biroq ko‘p hollarda ushbu omillar kadastr tizimi bilan to‘liq integratsiya qilingan yagona mexanizm sifatida emas, balki alohida iqtisodiy, geografik yoki rejalashtirish omili sifatida talqin etiladi. Shuning uchun mavjud adabiyotlarda aynan investitsiya obyektlari xom-ashyo bazasini shakllantirishga yer kadastrining ta’sir mexanizmi yaxlit nazariy-uslubiy tizim sifatida yetarlicha ochilmagan [4; 5; 8].

O‘zbekiston amaliyoti nuqtai nazaridan qaralganda, yer kadastri ma’lumotlarining investitsiya jarayonlaridagi ahamiyati yuqori bo‘lsada, ulardan tahliliy va prognozlash maqsadlarida foydalanish darajasi hanuz cheklangan deb baholash mumkin. Amalda kadastr ma’lumotlari ko‘proq yer uchastkasining huquqiy maqomi, toifasi, maydoni va joylashuvini qayd etishga xizmat qiladi [1; 2]. Biroq investitsiya obyektlari uchun xom-ashyo bazasini shakllantirishda yer uchastkasining huquqiy holati bilan bir qatorda uning resurs salohiyati, logistika imkoniyati, infratuzilmaviy tayyorlik darajasi va cheklovlar tizimi ham yagona baholash konturiga kiritilishi zarur [3; 5]. Shunday ekan, mavjud holatda asosiy muammo yer kadastri ma’lumotlarining ro‘yxatga olish funksiyasi bilan cheklanib qolayotgani, ularning investitsiyaviy tahlil, hududiy reytinglash va xom-ashyo bazasini strategik rejalashtirish vazifalariga to‘liq moslashtirilmaganida ko‘rinadi[2; 4; 5].

Shu asosda xulosa qilish mumkinki, yer kadastri investitsiya obyektlari xom-ashyo bazasini shakllantirishga bir nechta o‘zaro bog‘liq kanallar orqali ta’sir ko‘rsatadi: yer uchastkalarining huquqiy maqomini aniqlash, yer fondining miqdor va sifat ko‘rsatkichlarini belgilash, resurslar va infratuzilmaga hududiy yaqinlikni baholash, cheklov va muhofaza rejimlarini aniqlash hamda investor uchun qaror qabul qilishga xizmat qiluvchi ishonchli ma’lumot maydonini yaratish orqali [1; 2; 4; 8]. Ammo adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, ushbu ta’sir mexanizmining amaliy holati, ayniqsa milliy sharoitda, hali ham parchalangan yondashuvlar asosida yoritilmoqda. Demak, kelgusida yer kadastrini investitsiya obyektlari uchun xom-ashyo bazasini shakllantiruvchi strategik axborot platformasi sifatida baholash, uning ko‘rsatkichlar tizimini ishlab chiqish va qaror qabul qilish jarayoniga integratsiyalash masalasi dolzarb ilmiy vazifa bo‘lib qolmoqda [3; 8].

Metodologiya. Mazkur tadqiqotda investitsiya obyektlari xom-ashyo bazasini shakllantirishga yer kadastrining ta’sir mexanizmini o‘rganishda tizimli va kompleks yondashuv qo‘llanildi. Tadqiqot jarayonida ilmiy abstraksiya, tahlil va sintez, qiyosiy tahlil, me’yoriy-huquqiy tahlil hamda umumlashtirish usullaridan foydalanildi. Avvalo, mavzuga oid milliy va xalqaro ilmiy manbalar, qonunchilik hujjatlari hamda uslubiy yondashuvlar o‘rganilib, yer kadastrining investitsiya jarayonlaridagi o‘rni nazariy jihatdan tahlil qilindi. Shu bilan birga, yer uchastkalarining huquqiy maqomi, joylashuvi, resurs salohiyati, infratuzilmaviy ta’minlanganligi va foydalanish cheklovlarining investitsiya obyektlari uchun xom-

ashyo bazasini shakllantirishdagi ahamiyati qiyosiy baholandi. Tadqiqotda yer kadastri axboroti investitsiya qarorlarini qabul qilishda muhim axborot manbai sifatida talqin qilinib, uning huquqiy, tashkiliy va iqtisodiy jihatlari o‘zaro bog‘liq holda ko‘rib chiqildi. Natijada investitsiya obyektlari xom-ashyo bazasini shakllantirishda yer kadastrining ta’sir mexanizmini baholashga xizmat qiluvchi tegishli ilmiy xulosalar shakllantirildi**.**

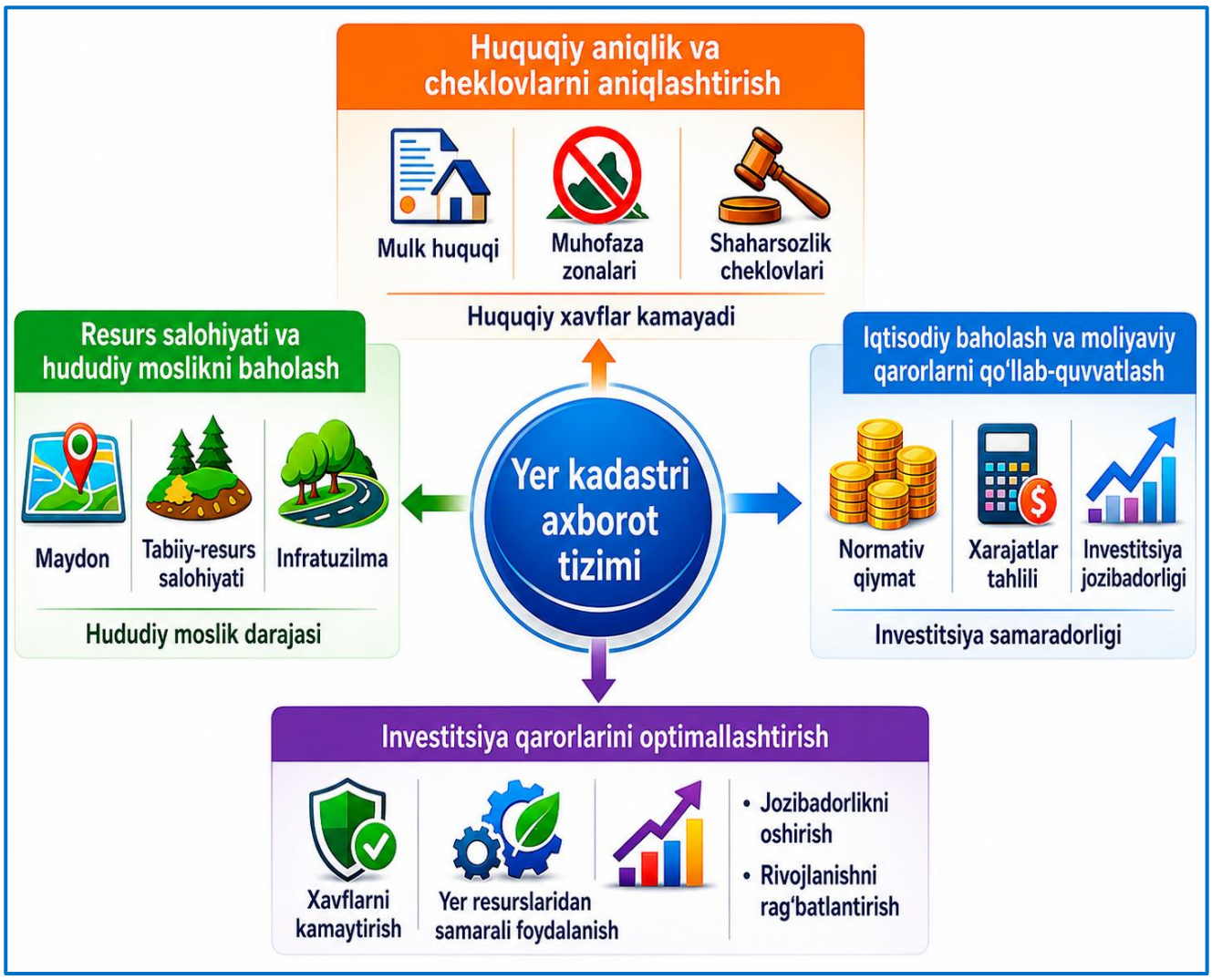
Muhokama va natijalar. Yer kadastri ma’lumotlari investitsiya obyektlarining xom-ashyo bazasini shakllantirishda hududiy joylashuv, infratuzilma, huquqiy cheklovlar, logistika va tavakkalchilik omillarini baholash orqali qarorlarning iqtisodiy asoslanganligini ta’minlaydi. Demak, yer kadastri investitsiya jarayonida resurslardan samarali foydalanishga xizmat qiluvchi strategik axborot tizimidir. U xom-ashyo bazasini shakllantirishda uchta asosiy funksiyani amalga oshiradi:

resurs salohiyati va hududiy moslikni baholash yer uchastkasining fazoviy joylashuvi, maydoni va sifat ko‘rsatkichlarini hisobga olgan holda resurs manbalariga yaqinlik hamda ta’minot uzluksizligini baholash imkonini beradi;

huquqiy aniqlikni mustahkamlash hamda cheklovlarni shaffof tarzda identifikatsiya qilish huquq-cheklov-majburiyatlar tizimining mantiqiy va izchil aks ettirilishi asosida huquqiy noaniqlik darajasini pasaytirishga xizmat qiladi;

iqtisodiy tahlilda ham, moliyaviy qaror qabul qilishda ham yer kadastri ma’lumotlari alohida o‘rin tutadi. Yerning kadastr qiymati, infratuzilma va transport sharoiti xo‘jalik faoliyati hamda mahsulot tannarxiga bevosita ta’sir qiladi.

Yer kadastri xom-ashyo bazasini shakllantirishda asosiy manba hisoblanadi. Bu jihat 1-rasmda ifodalangan.



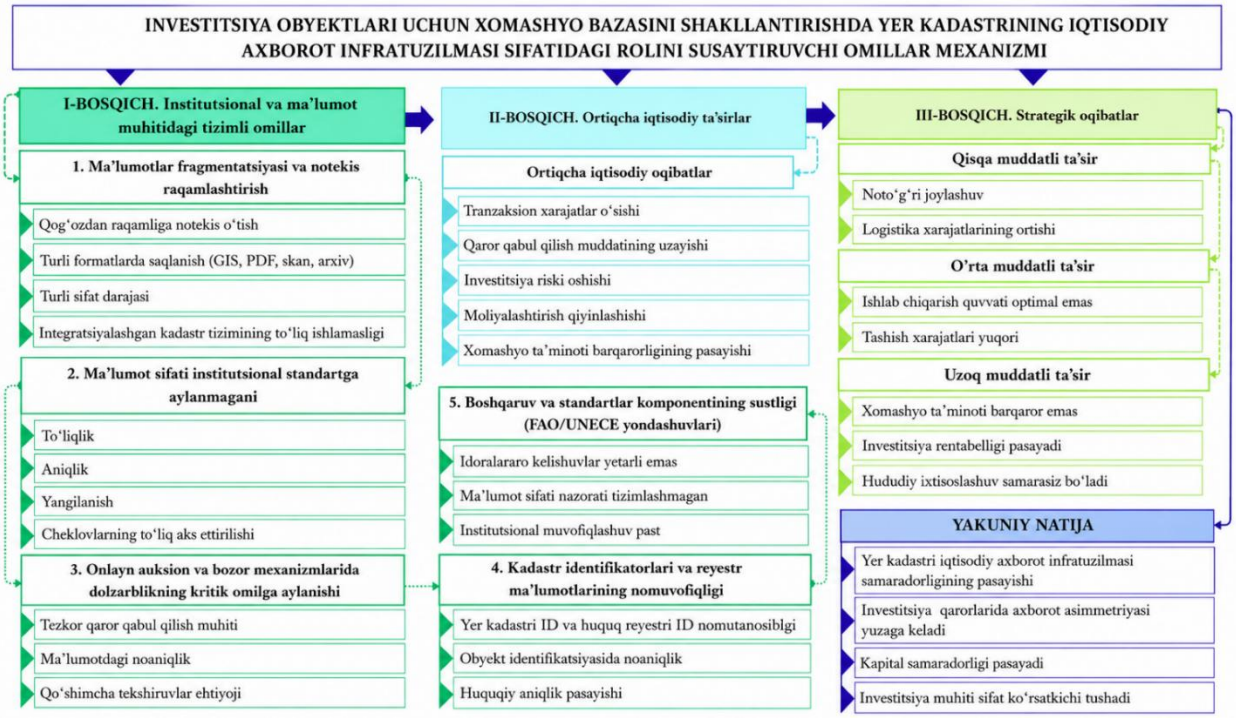
1-rasm. Investitsiya obyektlari uchun xom-ashyo bazasini shakllantirishda yer kadastrining funksiyalari

Mazkur yondashuvlar shaffoflikni kuchaytiradi va xavflarni kamaytiradi. Yer kadastri bilan integratsiyalashgan monitoring yer uchastkasini kompleks baholash imkonini beradi. Bunday monitoring orqali hududning huquqiy maqomi, infratuzilma bilan ta’minlanganlik darajasi, ekologik holati va investitsion jozibadorligi yagona tizimda tahlil qilinadi. Natijada investitsiya obyektlarini joylashtirishda subyektiv qarorlar kamayib, ilmiy asoslangan va iqtisodiy jihatdan samarali yechimlar ishlab chiqiladi. Biroq ma’lumotlar sifati va tizimlararo uyg‘unlashuvning yetarli emasligi qarorlar samaradorligini cheklaydi. Bu holat 2-rasmda ko‘rsatilgan.



2-rasm. Investitsiya obyektlari uchun yer tanlashning amaldagi mexanizmi va undagi tizimli muammolar

Mazkur kamchiliklar huquqiy maqomni aniq belgilash imkoniyatini cheklab, cheklov va shartlarni xolis baholashni qiyinlashtiradi. Natijada, hudud tanlashda subyektiv yondashuv ustun kelishi, bu esa investitsiya loyihalarini joylashtirish va asoslash sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Ayniqsa, yer uchastkasining egalik shakli, foydalanish turi, muhofaza zonalari va mavjud servitutlar haqidagi ma'lumotlar to'liq bo'lmaganda investitsion qarorlarning ishonchliligi pasayadi. Shuningdek, kadastr ma'lumotlarining infratuzilma, ekologik holat va iqtisodiy ko'rsatkichlar bilan yetarli darajada bog'lanmaganligi loyiha xarajatlarini oldindan aniq baholash imkoniyatini cheklaydi. Bunday holat investor uchun qo'shimcha huquqiy, moliyaviy va tashkiliy xavflarni yuzaga keltiradi. Shu sababli yer kadastri ma'lumotlarini raqamli platformalar, GAT texnologiyalari va tarmoqlararo ma'lumotlar bazalari bilan integratsiyalash muhim ahamiyat kasb etadi. Shu bois, yer kadastri ayrim holatlarda investitsiya obyektlarini joylashtirish uchun yetarli iqtisodiy-axborot bazasi vazifasini to'liq bajara olmaydi. Mazkur omillar 3-rasmda aks ettirilgan.



3-rasm. Yer kadastrining investitsiya obyektlari xom-ashyo bazasini shakllantirishdagi rolini susaytiruvchi omillar mexanizmi

Amaliyotda investitsiya obyektlari uchun xom-ashyo bazasini shakllantirishga yer kadastrining ta'siri quyidagi zanjir orqali namoyon bo'ladi: kadastr ma'lumoti - huquqiy aniqlik - joylashuvni tanlash - resurs va logistika bahosi - moliyalashtirish - ishlab chiqarish barqarorligi.

Investitsiyaning resurs bazasini ilmiy baholashda yer kadastri ma'lumotlarining to'liqligi, aniqligi va yangilanish darajasi hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Amaldagi mexanizm raqamlashtirish jihatidan rivojlanayotgan bo'lsada, institutsional va amaliy kamchiliklar yer kadastrining investitsiya obyektlari xom-ashyo bazasini shakllantirishdagi imkoniyatlarini to'liq ochishga to'sqinlik qilmoqda. Natijada, havflarni kamaytirish o'rniga tranzaksion xarajatlar ortishi ehtimoli yuzaga keladi.

Xulosa. Tadqiqot natijalari investitsiya obektlari uchun xom-ashyo bazasini shakllantirishda yer kadastri muhim strategik ahamiyat kasb etishini ko'rsatdi. Yer kadastri ma'lumotlari yer uchastkasining huquqiy maqomi, hududiy joylashuvi, resurs salohiyati, infratuzilmaviy ta'minlanganligi va foydalanish cheklovlarini tizimli baholash imkonini berib, investitsiya qarorlarining asoslanganligini oshiradi. Shu bois yer kadastri investitsiya jarayonida oddiy ro'yxatga olish vositasi emas, balki hududiy-iqtisodiy tahlilni qo'llab-quvvatlovchi axborot mexanizmi sifatida namoyon bo'ladi.

Shuningdek, tadqiqot davomida yer kadastri investitsiya obektlari xom-ashyo bazasini shakllantirishga resurslarga yaqinlikni baholash, huquqiy aniqlikni ta'minlash, logistika qulayliklarini aniqlash hamda iqtisodiy xavflarni kamaytirish orqali ta'sir ko'rsatishi asoslandi. Biroq amaliyotda mazkur tizim imkoniyatlaridan to'liq foydalanilmayotgani, yer kadastri ma'lumotlari asosan qayd etish va hisobga olish doirasida qolib ketayotgani kuzatildi. Bu esa investitsiya ehtiyojlari uchun zarur

bo‘lgan kompleks tahliliy yondashuvni cheklaydi.

Umuman, yer kadastrini investitsiya jarayonlari bilan chuqur integratsiyalash, uni tahliliy va prognozlash funksiyalari bilan boyitish hududiy resurslardan samarali foydalanish, investitsion xavflarni kamaytirish va xom-ashyo bazasini ilmiy asosda shakllantirishning muhim sharti hisoblanadi.

Takliflar. Investitsiya obektlari uchun xom-ashyo bazasini shakllantirishda yer kadastri ma’lumotlari tarkibini kengaytirish maqsadga muvofiq. Bunda yer uchastkasining huquqiy holati bilan birga uning resurs salohiyati, infratuzilmaga yaqinligi, ekologik holati va amaldagi cheklovlari ham yagona baholash tizimida aks ettirilishi lozim. Yer kadastri axborotlarini hududiy rejalashtirish, ekologik monitoring, logistika va muhandislik-kommunikatsiya tizimlari bilan integratsiyalash zarur. Bunday yondashuv investitsiya uchun maqbul hududlarni aniqlashda qaror qabul qilish aniqligini va shaffofligini oshiradi.

Investitsiya obektlarini joylashtirishda yer kadastri asosida ko‘p mezonli baholash mexanizmlarini joriy etish lozim. Bu mexanizm huquqiy aniqlik, hududiy moslik, iqtisodiy samaradorlik, logistika qulayligi va ekologik xavfsizlik kabi omillarni birgalikda baholash imkonini beradi.

Yer kadastri ma’lumotlarining aniqligi, to‘liqligi va yangilanish darajasini oshirish bo‘yicha institutsional choralarni kuchaytirish maqsadga muvofiq. Chunki investitsiya qarorlarining sifat darajasi bevosita foydalanilayotgan ma’lumotlarning ishonchliligiga bog‘liq.

Yer kadastrini istiqbolli investitsiya yo‘nalishlarini aniqlash, hududlarni reytinglash va resurs bazasini strategik rejalashtirishga xizmat qiluvchi axborot platformasi sifatida rivojlantirish zarur. Shu orqali investitsiya obektlarini joylashtirish va ularning xom-ashyo bazasini shakllantirish jarayonining ilmiy-uslubiy asoslari yanada mustahkamlanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. O‘zbekiston Respublikasining Yer kodeksi. 1998 yil 30 aprel.
2. O‘zbekiston Respublikasining 2000 yil 15 dekabrdagi “Davlat kadastrlari to‘g‘risida”gi № 171-II Qonuni.
3. O‘zbekiston Respublikasining 2019 yil 25 dekabrdagi “Investitsiyalar va investitsiya faoliyati to‘g‘risida”gi № O‘RQ-598 Qonuni.
4. Land Administration Guidelines. New York; Geneva: United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), 1996.
5. Enemark S., McLaren R., Lemmen C. Fit-For-Purpose Land Administration. Copenhagen: International Federation of Surveyors (FIG), 2014. 44 p.
6. Voluntary Guidelines on the Responsible Governance of Tenure of Land, Fisheries and Forests in the Context of National Food Security. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2012.
7. Deininger K., Selod H., Burns A. The Land Governance Assessment Framework: Identifying and Monitoring Good Practice in the Land Sector. Washington, DC: World Bank, 2012.
8. ISO 19152:2012. Geographic information - Land Administration Domain Model (LADM). Geneva: International Organization f

UDK: 332.3:711.4:528.44

URBANIZATSIYALASHGAN HUDUDLARDA UMUMIY FOYDALANILADIGAN YERLARNING NAZARIY-HUQUQIY VA FUNKSIONAL TASNIFI

S.O'.Bobojonov *- Buxoro davlat texnika universiteti "Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari" kafedrasi tayanch doktaranti* bobojonovsaidjon2000@gamil.com

F.Sh.Xudoyberdiyev *- Buxoro davlat texnika universiteti "Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari" kafedrasi professori, t.f.f.d., (PhD).* xudoyberdiyev89@list.ru

Annotatsiya. *Mazkur maqolada urbanizatsiyalashgan hududlarda umumiy foydalaniladigan yerlarning nazariy-huquqiy mazmuni, funksional vazifalari va tasniflash mezonlari ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Tadqiqotda umumiy foydalaniladigan yerlar shahar hududining oddiy tarkibiy qismi sifatida emas, balki aholining ijtimoiy ehtiyojlarini qondiruvchi, transport va piyodalar harakatini ta'minlovchi, ekologik muvozanatni saqlovchi hamda shahar makonining barqaror rivojlanishiga xizmat qiluvchi muhim fazoviy resurs sifatida talqin etiladi. Urbanizatsiya jarayonida yer resurslariga bo'lgan bosim ortib borishi, qurilish maydonlarining kengayishi, transport oqimlarining kuchayishi va yashil hududlarning qisqarishi umumiy foydalaniladigan yerlarni ilmiy asosda tasniflash, kadastr reyestrida aniq aks ettirish va monitoring tizimi orqali uzluksiz nazorat qilish zaruratini kuchaytiradi. Maqolada umumiy foydalaniladigan yerlarni funksional, huquqiy, fazoviy, ekologik va foydalanish rejimi bo'yicha tasniflash taklif etiladi. Ushbu tasnif yer tuzish, davlat yer kadastri, shaharsozlik rejalashtirish va geoinnovatsion monitoring tizimlari o'rtasidagi uzviy bog'liqlikni ta'minlashga xizmat qiladi [1, 2, 5].*

Kalit so'zlar: *urbanizatsiya, umumiy foydalaniladigan yerlar, shahar yerlari, yer kadastri, funksional tasnif, huquqiy maqom, jamoat makoni, monitoring, GIS, fazoviy rejalashtirish.*

Аннотация. *В данной статье научно проанализированы теоретико-правовое содержание, функциональные задачи и критерии классификации земель общего пользования в урбанизированных территориях. В исследовании земли общего пользования рассматриваются не как обычный структурный элемент городской территории, а как важный пространственный ресурс, обеспечивающий удовлетворение социальных потребностей населения, организацию транспортного и пешеходного движения, сохранение экологического равновесия, а также устойчивое развитие городского пространства. Возрастание давления на земельные ресурсы в процессе урбанизации, расширение строительных площадей, усиление транспортных потоков и сокращение зеленых зон повышают необходимость научно обоснованной классификации*

земель общего пользования, их точного отражения в кадастровом реестре и непрерывного контроля посредством системы мониторинга. В статье предлагается классифицировать земли общего пользования по функциональным, правовым, пространственным, экологическим признакам, а также по режиму использования. Данная классификация способствует обеспечению взаимосвязи между землеустройством, государственным земельным кадастром, градостроительным планированием и системами геоинновационного мониторинга [1, 2, 5].

Ключевые слова: *урбанизация, земли общего пользования, городские земли, земельный кадастр, функциональная классификация, правовой статус, общественное пространство, мониторинг, ГИС, пространственное планирование.*

Abstract. *This article provides a scientific analysis of the theoretical and legal content, functional roles and classification criteria of public-use lands in urbanized areas. In the study, public-use lands are interpreted not merely as ordinary structural elements of urban territory, but as an important spatial resource that satisfies the social needs of the population, supports transport and pedestrian movement, maintains ecological balance, and contributes to the sustainable development of urban space. The increasing pressure on land resources during urbanization, the expansion of construction areas, the intensification of traffic flows and the reduction of green spaces strengthen the need for scientifically grounded classification of public-use lands, their accurate representation in the cadastral register, and continuous control through a monitoring system. The article proposes the classification of public-use lands according to functional, legal, spatial, ecological and land-use regime criteria. This classification helps ensure the interconnection between land management, the state land cadastre, urban planning and geoinnovative monitoring systems [1, 2, 5].*

Keywords: *urbanization, public-use lands, urban lands, land cadastre, functional classification, legal status, public space, monitoring, GIS, spatial planning.*

Kirish. Bugungi kunda urbanizatsiya jarayonlari shahar hududlarining kengayishi, aholi zichligining ortishi, transport va muhandislik infratuzilmasiga bo‘lgan ehtiyojning kuchayishi hamda yer resurslaridan foydalanish shakllarining murakkablashuvi bilan tavsiflanmoqda. Ayniqsa, tarixiy shakllangan shaharlar, viloyat markazlari va iqtisodiy faollik yuqori bo‘lgan urban hududlarda yer resurslari cheklangan bo‘lib, mavjud yer fondidan oqilona foydalanish masalasi dolzarb ahamiyat kasb etadi. Bunday sharoitda umumiy foydalaniladigan yerlarning huquqiy maqomini aniq belgilash, ularning funksional vazifasini saqlab qolish va monitoringini zamonaviy geoinnovatsion texnologiyalar asosida yuritish muhim ilmiy-amaliy vazifa sifatida namoyon bo‘ladi [1, 3].

Umumiy foydalaniladigan yerlar shahar aholisining kundalik hayoti bilan bevosita bog‘liq bo‘lgan hududiy resurslar hisoblanadi. Ko‘chalar, yo‘llar, maydonlar, piyodalar yo‘laklari, xiyobonlar, bog‘lar, yashil hududlar, suv bo‘yi sayilgohlari, jamoat transporti infratuzilmasi va boshqa

ochiq jamoat makonlari shular jumlasidandir. Ushbu yerlar aholining erkin harakatlanishi, dam olishi, ijtimoiy muloqotga kirishishi, shahar xizmatlaridan foydalanishi va sog‘lom ekologik muhitda yashashi uchun zarur fazoviy asos yaratadi [6, 7].

Urbanizatsiya sharoitida umumiy foydalaniladigan yerlar ko‘pincha kuchli bosim ostida qoladi. Bir tomondan, aholi sonining o‘sishi va shahar iqtisodiy faolligining kengayishi jamoat hududlariga bo‘lgan ehtiyojni oshiradi. Ikkinchi tomondan, qurilish, tijorat obyektlari, transport infratuzilmasi va xizmat ko‘rsatish obyektlari uchun yerga bo‘lgan talab umumiy foydalaniladigan yerlarning qisqarishi yoki ularning funksional maqsadidan chetga chiqish xavfini yuzaga keltiradi. Natijada umumiy foydalaniladigan yerlarni faqat mavjud obyektlar ro‘yxati sifatida emas, balki huquqiy, ijtimoiy, ekologik va fazoviy jihatdan boshqarilishi zarur bo‘lgan kompleks tizim sifatida o‘rganish talab etiladi [4, 8].

O‘zbekiston Respublikasining Yer kodeksi, “Davlat yer kadastri to‘g‘risida”gi Qonuni hamda shaharsozlikka oid normativ-huquqiy hujjatlar umumiy foydalaniladigan yerlarni huquqiy tartibga solish, ularning maydoni, chegarasi, foydalanish turi va kadastr ma’lumotlarini yuritish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi [1, 2, 3]. Shu bilan birga, amaliyotda ayrim umumiy foydalaniladigan yerlar bo‘yicha ma’lumotlarning turli tashkilotlarda tarqoq yuritilishi, ularning real foydalanish holati bilan kadastr ma’lumotlari o‘rtasida tafovutlar mavjudligi va monitoring tizimining yetarlicha integratsiyalashmaganligi mazkur yo‘nalishda ilmiy asoslangan tasnif modelini ishlab chiqish zaruratini kuchaytiradi.

Maqolaning asosiy maqsadi urbanizatsiyalashgan hududlarda umumiy foydalaniladigan yerlarning nazariy-huquqiy mazmunini ochib berish, ularni funksional va kompleks tasniflash mezonlarini asoslash hamda mazkur tasnifning kadastr reyestri va monitoring tizimidagi ahamiyatini ko‘rsatishdan iborat.

Umumiy foydalaniladigan yerlarning nazariy-huquqiy mazmuni. Nazariy jihatdan umumiy foydalaniladigan yerlar aholining barcha qatlamlari tomonidan bevosita yoki bilvosita foydalaniladigan, jamoat manfaatlariga xizmat qiladigan, shahar hududining ijtimoiy, transport, rekreatsion va ekologik funksiyalarini ta’minlaydigan yer uchastkalari majmuasi sifatida qaraladi. Ushbu ta’rifda ikki muhim jihat mavjud.

Birinchidan - bunday yerlarning ochiqligi va umumiy foydalanish xususiyati.

Ikkinchidan - ularning shahar tizimidagi ko‘p funksiyali vazifasidir.

Umumiy foydalaniladigan yerlar shahar makonida “jamoat manfaatlari” tushunchasi bilan bevosita bog‘liqdir. Chunki ular alohida shaxs yoki xo‘jalik subyektining manfaatiga emas, balki keng aholi qatlamlarining ehtiyojlariga xizmat qiladi. Masalan, ko‘cha va yo‘llar transport aloqalarini ta’minlasa, bog‘ va xiyobonlar aholining dam olishi, ekologik muhitning yaxshilanishi va shahar landshaftining estetik sifatini oshirishga xizmat qiladi. Maydonlar, piyodalar hududlari va ochiq jamoat makonlari esa ijtimoiy integratsiya, madaniy tadbirlar va shahar hayotining faollashuviga yordam beradi [7, 10].

Huquqiy nuqtayi nazardan umumiy foydalaniladigan yerlarning eng muhim belgisi ularning jamoat ehtiyojlari uchun mo‘ljallanganligidir. Bunday yerlar odatda davlat yoki mahalliy boshqaruv organlari

tasarrufida bo‘lib, ularning foydalanish rejimi maxsus normativ talablar orqali belgilanadi. Bu yerlarning noqonuniy egallanishi, maqsadsiz foydalanilishi yoki jamoat foydalanishidan chiqarilishi shahar hududida ijtimoiy va ekologik muvozanatning buzilishiga olib kelishi mumkin [1, 2].

Shu sababli umumiy foydalaniladigan yerlarning huquqiy maqomi kadastr reyestrida aniq aks etishi zarur. Kadastr ma’lumotlarida yer uchastkasining chegarasi, maydoni, foydalanish turi, huquqiy rejimi, mavjud cheklovlar, servitutlar va muhofaza zonalari ko‘rsatilishi umumiy foydalaniladigan yerlarni boshqarishda huquqiy aniqlikni ta’minlaydi [2, 9]. Ayniqsa, urbanizatsiyalashgan hududlarda bunday ma’lumotlarning fazoviy aniqlik bilan yuritilishi jamoat manfaatlarini himoya qilish va shaharsozlik qarorlarini asoslash uchun muhim hisoblanadi.

Umumiy foydalaniladigan yerlarning funksional tasnifi. Umumiy foydalaniladigan yerlarni tasniflashda eng asosiy mezonlardan biri ularning funksional vazifasidir. Chunki har bir umumiy foydalaniladigan yer turi shahar tizimida alohida xizmat rolini bajaradi. Bitta “umumiy foydalaniladigan yer” tushunchasi doirasida ko‘cha, bog‘, xiyobon, maydon, piyodalar yo‘lagi yoki muhandislik infratuzilmasi hududini bir xil boshqaruv mezoni bilan baholash ilmiy jihatdan to‘g‘ri emas. Ularning har biri alohida foydalanish tartibi, monitoring ko‘rsatkichi va kadastr atributlariga ega bo‘lishi lozim [5, 11].

Transport-kommunikatsiya funksiyasiga ega yerlar shahar hududining harakatlanish tizimini shakllantiradi. Ular ko‘chalar, avtomobil yo‘llari, piyodalar yo‘laklari, veloyo‘laklar, transport bekatlari va yo‘l infratuzilmasi obyektlarini o‘z ichiga oladi. Ushbu yerlar shahar hududida aholining mehnat, ta’lim, xizmat ko‘rsatish va dam olish obyektlariga yetib borishini ta’minlaydi. Transport-kommunikatsiya hududlarining noto‘g‘ri rejalashtirilishi tirbandlik, piyodalar xavfsizligining pasayishi va urban muhit sifatining yomonlashishiga sabab bo‘ladi [12, 13].

Rekreatsion va yashil hududlar esa shahar ekologik muvozanatini saqlashda muhim o‘rin tutadi. Bog‘lar, xiyobonlar, sayilgohlar, yashil yo‘laklar va dam olish maskanlari aholining sog‘lom turmush tarzi, psixologik qulayligi va shahar mikroiqlimini yaxshilashga xizmat qiladi. Urbanizatsiya bosimi kuchaygan hududlarda aynan yashil va rekreatsion yerlarning qisqarishi issiqlik oroli effekti, changlanish, shovqin, havo sifati yomonlashuvi va aholi uchun ochiq makon yetishmasligi kabi muammolarni kuchaytiradi [7, 14].

Ijtimoiy-jamoat maydonlari shahar aholisi uchun muloqot, yig‘ilish, madaniy tadbirlar va jamoaviy faollik muhitini yaratadi. Bunday hududlarga markaziy maydonlar, memorial zonalar, bozor atrofi jamoat hududlari, tarixiy markazlardagi ochiq maydonlar va piyodalar zonalari kiradi. Ularning shahar hayotidagi roli faqat joylashuv bilan emas, balki foydalanish intensivligi, qulayligi, xavfsizligi va aholining turli qatlamlari uchun ochiqligi bilan belgilanadi [10, 15].

Muhandislik va servis infratuzilmasi joylashgan umumiy foydalaniladigan yerlar ham alohida ahamiyatga ega. Bunday hududlarda yoritish tizimlari, drenaj, suv chiqarish tarmoqlari, kommunal xizmat obyektlari, obodonlashtirish elementlari va boshqa servis infratuzilmalari joylashadi. Ushbu

yerlarning kadastr va monitoring tizimida alohida qayd etilishi shahar xizmatlarining uzluksiz ishlashi, ta’mirlash ishlarini rejalashtirish va favqulodda holatlarning oldini olish uchun zarurdir [2, 9].

Yuqoridagi tahlillar shuni ko‘rsatadiki, umumiy foydalaniladigan yerlar turli funksiyalarni bajaradi va ularni boshqarishda birgina “umumiy foydalanish” belgisi yetarli emas. Shahar hududida bunday yerlar transport, rekreatsiya, ekologik muhofaza, ijtimoiy integratsiya va muhandislik xizmatlari bilan bog‘langan murakkab fazoviy tizimni tashkil etadi. Shu sababli ularni tasniflashda kompleks yondashuv zarur bo‘lib, mazkur yondashuv 1-rasmda konseptual model sifatida ifodalandi.

Urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi shahar hududlarida yer resurslaridan foydalanish tizimini tubdan o‘zgartirmoqda. Aholi sonining ortishi, qurilish maydonlarining kengayishi, transport oqimlarining kuchayishi va yashil hududlarga bo‘lgan ehtiyojning oshishi umumiy foydalaniladigan yerlarni ilmiy asosda boshqarishni talab etadi. Ayniqsa, ko‘chalar, maydonlar, xiyobonlar, bog‘lar, piyodalar hududlari va boshqa jamoat makonlarining huquqiy maqomini aniqlash, ularni kadastr reyestrida to‘g‘ri aks ettirish hamda doimiy monitoring qilish shaharsozlik amaliyotida muhim ahamiyat kasb etadi. Shu nuqtayi nazardan, umumiy foydalaniladigan yerlarning nazariy-huquqiy mazmuni va funksional tasnifini ishlab chiqish urbanizatsiyalashgan hududlarda barqaror boshqaruv qarorlarini qabul qilish uchun zarur ilmiy-metodik asos bo‘lib xizmat qiladi.



1-jadval. Umumiy foydalaniladigan yerlarni tasniflash mezonlari va ularning boshqaruvdagi ahamiyati

№	Tasnif mezoni	Asosiy ko‘rsatkichlar	Kadastrdagi ifodalanishi	Boshqaruvdagi ahamiyati
1	Funksional mezon	Ko‘cha, maydon, bog‘, xiyobon, piyodalar hududi, muhandislik infratuzilmasi	Yer uchastkasining foydalanish turi va obyekt sinfi	Shahar tizimidagi xizmat vazifasini aniqlaydi
2	Huquqiy mezon	Davlat mulki, mahalliy boshqaruv, servitut, cheklov, muhofaza rejimi	Huquq turi, cheklovlar, foydalanish rejimi	Noqonuniy egallanish va maqsadsiz foydalanishning oldini oladi
3	Fazoviy mezon	Markaziy, yarim markaziy, periferik, chiziqli, poligonli, ko‘p konturli hudud	Geometriya, koordinata, chegara, maydon	GIS xaritalash va fazoviy monitoring uchun asos yaratadi
4	Ekologik mezon	Yashil hudud, rekreatsion zona, sanitariya-himoya hududi, ekologik tampon	Ekologik funksiya va himoya zonasi atributlari	Shahar ekologik barqarorligini ta’minlaydi
5	Foydalanish rejimi	Doimiy ochiq, cheklangan ochiq, vaqtinchalik ochiq, maxsus rejimli	Ochiqlik darajasi va ruxsat etilgan foydalanish shakli	Aholining foydalanish huquqi va xavfsizlik talablarini muvofiqlashtiradi
6	Monitoring mezoni	Maydon o‘zgarishi, funksional buzilish, noqonuniy qurilish, degradatsiya	Monitoring indikatori, o‘zgarish sanasi, nazorat holati	Tezkor boshqaruv qarorlarini qabul qilish imkonini beradi
7	Ijtimoiy mezon	Aholi uchun qulaylik, kirish imkoniyati, piyoda masofa, xizmat qamrovi	Xizmat radiusi va foydalanish intensivligi	Shahar aholisi manfaatlariga moslikni baholaydi
8	Rejalashtirish mezoni	Bosh reja, batafsil rejalashtirish loyihasi, qizil chiziqlar, zonalashtirish	Shaharsozlik hujjatlari bilan bog‘lanish	Rejalashtirilgan va amaldagi holatni solishtirish imkonini beradi

1-rasm. Urbanizatsiyalashgan hududlarda umumiy foydalaniladigan yerlarning kompleks tasnif modeli

1-rasmda urbanizatsiyalashgan hududlarda umumiy foydalaniladigan yerlarning kompleks tasnif modeli ko‘rsatilgan. Modelning yuqori qismida urbanizatsiya jarayoni asosiy tashqi omil sifatida berilgan. Aholi zichligi, qurilish bosimi va transport oqimi umumiy foydalaniladigan

yerlarning holati, maydoni, foydalanish intensivligi va ekologik yuklamasiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Modelning markaziy qismida umumiy foydalaniladigan yerlarni funksional, huquqiy, fazoviy, ekologik, foydalanish rejimi va monitoring belgilariga ko‘ra tasniflash zarurligi aks ettirilgan.

Ushbu yondashuvning ilmiy ahamiyati shundaki, umumiy foydalaniladigan yerlar faqat “ko‘cha”, “bog‘” yoki “maydon” sifatida emas, balki kadastr, shaharsozlik, ekologiya va monitoring tizimlari bilan bog‘langan murakkab boshqaruv obyekti sifatida qaraladi. Natijada tasniflash jarayoni kadastr reyestrini shakllantirish, shaharsozlik hujjatlari bilan solishtirish va real hududiy holatni GIS texnologiyalari orqali baholash uchun asos bo‘lib xizmat qiladi [8, 9, 16].

Umumiy foydalaniladigan yerlarning kompleks tasnifi amaliy boshqaruvda aniq mezonlar orqali qo‘llanilishi zarur. Har bir tasnif mezoni yer uchastkasining huquqiy maqomi, funksional vazifasi, fazoviy joylashuvi va monitoring ehtiyojini aniqlashga yordam beradi. Quyidagi 1-jadvalda urbanizatsiyalashgan hududlarda umumiy foydalaniladigan yerlarni tasniflash mezonlari va ularning boshqaruvdagi ilmiy-amaliy ahamiyati tizimlashtirildi.

1-jadval

Umumiy foydalaniladigan yerlarni tasniflash mezonlari va ularning boshqaruvdagi ahamiyati

№	Tasnif mezoni	Asosiy ko‘rsatkichlar	Kadastrdagi ifodalanishi	Boshqaruvdagi ahamiyati
1	**Funksional mezon**	Ko‘cha, maydon, bog‘, xiyobon, piyodalar hududi, muhandislik infratuzilmasi	Yer uchastkasining foydalanish turi va obyekt sinfi	Shahar tizimidagi xizmat vazifasini aniqlaydi
2	**Huquqiy mezon**	Davlat mulki, mahalliy boshqaruv, servitut, cheklov, muhofaza rejimi	Huquq turi, cheklovlar, foydalanish rejimi	Noqonuniy egallanish va maqsadsiz foydalanishning oldini oladi
3	**Fazoviy mezon**	Markaziy, yarim markaziy, periferik, chiziqli, poligonli, ko‘p konturli hudud	Geometriya, koordinata, chegara, maydon	GIS xaritalash va fazoviy monitoring uchun asos yaratadi
4	**Ekologik mezon**	Yashil hudud, rekreatsion zona, sanitariya-himoya hududi, ekologik tampon	Ekologik funksiya va himoya zonasi atributlari	Shahar ekologik barqarorligini ta’minlaydi
5	**Foydalanish rejimi**	Doimiy ochiq, cheklangan ochiq, vaqtinchalik ochiq, maxsus rejimli	Ochiqlik darajasi va ruxsat etilgan foydalanish shakli	Aholining foydalanish huquqi va xavfsizlik talablarini muvofiqlashtiradi
6	**Monitoring mezoni**	Maydon o‘zgarishi, funksional buzilish,	Monitoring indikatori,	Tezkor boshqaruv qarorlarini qabul qilish imkonini beradi

		noqonuniy qurilish, degradatsiya	o‘zgarish sanasi, nazorat holati	
7	**Ijtimoiy mezon**	Aholi uchun qulaylik, kirish imkoniyati, piyoda masofa, xizmat qamrovi	Xizmat radiusi va foydalanish intensivligi	Shahar aholisi manfaatlariga moslikni baholaydi
8	**Rejalashtirish mezoni**	Bosh reja, batafsil rejalashtirish loyihasi, qizil chiziqlar, zonalashtirish	Shaharsozlik hujjatlari bilan bog‘lanish	Rejalashtirilgan va amaldagi holatni solishtirish imkonini beradi

1-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, umumiy foydalaniladigan yerlarni tasniflash ko‘p mezonli yondashuvni talab etadi. Funksional mezon yerning shahar tizimidagi asosiy vazifasini aniqlasa, huquqiy mezon uning maqomi, cheklovlari va foydalanish tartibini belgilaydi. Fazoviy mezon kadastr xaritalarini shakllantirish, obyekt chegaralarini aniqlash va monitoringni GIS asosida yuritish uchun zarur bo‘ladi. Ekologik mezon esa urbanizatsiya bosimi kuchaygan sharoitda yashil hududlar, rekreatsion zonalar va ekologik tampon hududlarning muhofazasini ta’minlaydi.

Jadvalda keltirilgan ijtimoiy va rejalashtirish mezonlari umumiy foydalaniladigan yerlarning nafaqat huquqiy yoki texnik jihatdan, balki shahar aholisi ehtiyojlari va shaharsozlik strategiyasi nuqtayi nazaridan ham baholanishi kerakligini ko‘rsatadi. Ayniqsa, Buxoro shahri kabi tarixiy, turistik va aholi zichligi ortib borayotgan urban hududlarda umumiy foydalaniladigan yerlarning rejalashtirilgan holati bilan amaldagi holatini solishtirish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Buxoro shahri sharoitida umumiy foydalaniladigan yerlarni tasniflash zarurati. Buxoro shahri tarixiy shahar sifatida murakkab urban tuzilishga ega. Shaharda tarixiy markaz, turistik obyektlar, an’anaviy mahallalar, zamonaviy turar joy massivlari, transport yo‘llari, jamoat maydonlari, bozor atrofi hududlari va yashil makonlar o‘zaro yaqin joylashgan. Bunday sharoitda umumiy foydalaniladigan yerlarni boshqarish oddiy yer hisobini yuritish bilan cheklanmasligi lozim. Aksincha, har bir umumiy foydalaniladigan yer turi uning shahar hayotidagi vazifasi, huquqiy rejimi, jamoat uchun ochiqlik darajasi va ekologik ahamiyatiga ko‘ra baholanishi kerak.

Buxoro shahrida umumiy foydalaniladigan yerlarning muhim qismi piyodalar harakati, turistik oqim, transport qatnovi va rekreatsion ehtiyojlar bilan bevosita bog‘liq. Ayniqsa, tarixiy markazga yaqin hududlarda jamoat makonlarining sifati nafaqat mahalliy aholi uchun, balki turizm infratuzilmasi va shahar imiji uchun ham muhim ahamiyatga ega. Shu bois bunday hududlarni tasniflashda ularning foydalanish intensivligi, tarixiy-madaniy obyektlarga yaqinligi, piyoda harakatiga qulayligi va jamoat xavfsizligi kabi qo‘shimcha indikatorlarni ham hisobga olish maqsadga muvofiqdir [10, 15].

Shuningdek, shaharning kengayib borayotgan hududlarida yangi turar joy massivlari, xizmat koʻrsatish obyektlari va transport infratuzilmasining rivojlanishi umumiy foydalaniladigan yerlarning hududiy muvozanatini saqlash zaruratini yuzaga keltiradi. Agar yangi qurilish hududlarida park, xiyobon, piyodalar yoʻlaklari, bolalar maydonchalari va ochiq jamoat makonlari yetarli darajada rejalashtirilmasa, kelgusida ijtimoiy infratuzilma yetishmovchiligi, transport yuklamasi va ekologik noqulayliklar kuchayishi mumkin. Shu sababli umumiy foydalaniladigan yerlarni funksional tasniflash shaharsozlik qarorlarining sifatini oshiruvchi muhim vosita hisoblanadi.

Buxoro shahri misolida ushbu tasnifni GIS texnologiyalari asosida amalga oshirish quyidagi imkoniyatlarni beradi: mavjud umumiy foydalaniladigan yerlarning chegaralarini aniqlash; ularning kadastr maʼlumotlari bilan mosligini tekshirish; yashil hududlar, piyodalar yoʻlaklari va jamoat maydonlarining yetarlilik darajasini baholash; noqonuniy egallanish yoki funksional oʻzgarishlarni aniqlash; shaharsozlik hujjatlarida belgilangan rejalashtirish yechimlari bilan real holatni solishtirish [8, 16, 17].

Natijalar va muhokama. Tadqiqot natijalari shuni koʻrsatadiki, urbanizatsiyalashgan hududlarda umumiy foydalaniladigan yerlar koʻp funksiyali, dinamik va yuqori ijtimoiy ahamiyatga ega yer resurslari hisoblanadi. Ularning boshqaruvi faqat huquqiy roʻyxatga olish yoki maydonni hisoblash orqali toʻliq taʼminlanmaydi. Aksincha, ular shaharsozlik rejalashtirish, ekologik barqarorlik, jamoat manfaatlari, transport tizimi va kadastr-monitoring mexanizmlari bilan uzviy bogʻliq holda boshqarilishi lozim.

Maqolada taklif etilgan kompleks tasnif modeli umumiy foydalaniladigan yerlarni funksional, huquqiy, fazoviy, ekologik, foydalanish rejimi va monitoring mezonlari asosida baholash imkonini beradi. Bunday yondashuv umumiy foydalaniladigan yerlarni kadastr reyestrida aniq ifodalash, ularning real holatini GIS texnologiyalari yordamida nazorat qilish va boshqaruv qarorlarini dalillarga asoslangan holda qabul qilishga xizmat qiladi.

Muhokama natijalari shuni koʻrsatadiki, umumiy foydalaniladigan yerlarni tasniflashda quyidagi ilmiy-amaliy jihatlar muhim hisoblanadi. Birinchidan, har bir umumiy foydalaniladigan yer turi alohida kadastr atributlariga ega boʻlishi kerak. Ikkinchidan, ularning huquqiy maqomi va foydalanish rejimi shaharsozlik hujjatlari bilan moslashtirilishi lozim. Uchinchidan, monitoring jarayonida maydon oʻzgarishi, noqonuniy egallanish, funksional buzilish va ekologik holat kabi indikatorlar qoʻllanilishi zarur. Toʻrtinchidan, Buxoro shahri sharoitida tarixiy markaz, transport yoʻlaklari, yashil hududlar va yangi urban rivojlanish zonalari alohida tahlil birliklari sifatida qaralishi maqsadga muvofiqdir.

Xulosa. Urbanizatsiyalashgan hududlarda umumiy foydalaniladigan yerlar shahar makonining ijtimoiy, ekologik, transport va rekreatsion barqarorligini taʼminlovchi muhim fazoviy resurs hisoblanadi. Ularning nazariy-huquqiy va funksional tasnifi yer kadastri, shaharsozlik rejalashtirish va monitoring tizimlari uchun metodologik asos yaratadi.

Tadqiqot asosida quyidagi xulosalar shakllantirildi:

Birinchidan, umumiy foydalaniladigan yerlar koʻp funksiyali xarakterga ega boʻlib, ularni faqat bitta

mezon asosida baholash ilmiy jihatdan yetarli emas. Ular funksional vazifasi, huquqiy maqomi, fazoviy joylashuvi, ekologik ahamiyati va foydalanish rejimi bo‘yicha kompleks tasniflanishi kerak.

Ikkinchidan, umumiy foydalaniladigan yerlarning kadastr reyestrida aniq aks ettirilishi ularning huquqiy himoyasini kuchaytiradi, noqonuniy egallanishning oldini oladi va shaharsozlik qarorlarining shaffofligini oshiradi.

Uchinchidan, urbanizatsiya sharoitida transport infratuzilmasi kengayishi va qurilish bosimining ortishi rekreatsion va yashil hududlarning qisqarish xavfini kuchaytiradi. Shu sababli umumiy foydalaniladigan yerlarni monitoring qilishda ekologik va ijtimoiy indikatorlarni kiritish zarur.

To‘rtinchidan, Buxoro shahri misolida umumiy foydalaniladigan yerlarni GIS asosida tasniflash va monitoring qilish tarixiy shahar makonini saqlash, jamoat hududlaridan samarali foydalanish va shahar rivojlanishini muvozanatli boshqarish imkonini beradi.

Umuman olganda, umumiy foydalaniladigan yerlarning nazariy-huquqiy va funksional tasnifi urbanizatsiyalashgan hududlarda barqaror boshqaruv, kadastr aniqligi va geoinnovatsion monitoring tizimini shakllantirishning muhim ilmiy-amaliy poydevori hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasining Yer kodeksi. 30.04.1998.
2. O‘zbekiston Respublikasining “Davlat yer kadastri to‘g‘risida”gi Qonuni. 28.08.1998.
3. O‘zbekiston Respublikasining Shaharsozlik kodeksi. 22.02.2021.
4. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Raqamli O‘zbekiston - 2030” strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-6079-son Farmoni. 05.10.2020.
5. Williamson I., Enemark S., Wallace J., Rajabifard A. Land Administration for Sustainable Development. - Redlands: ESRI Press, 2010.
6. Kaufmann J., Steudler D. Cadastre 2014: A Vision for a Future Cadastral System. - FIG Commission 7, 1998.
7. UN-Habitat. Streets as Public Spaces and Drivers of Urban Prosperity. - Nairobi: United Nations Human Settlements Programme, 2013.
8. ISO 19152:2012. Geographic information - Land Administration Domain Model (LADM). - International Organization for Standardization, 2012.
9. Enemark S. Land Administration Systems: Managing Rights, Restrictions and Responsibilities in Land. - Map World Forum, Hyderabad, 2007.
10. Jacobs J. The Death and Life of Great American Cities. - New York: Random House, 1961.
11. Gehl J. Cities for People. - Washington: Island Press, 2010.
12. Carmona M. Public Places Urban Spaces: The Dimensions of Urban Design. - London: Routledge, 2010.
13. Madanipour A. Public and Private Spaces of the City. - London: Routledge, 2003.
14. FAO. Voluntary Guidelines on the Responsible Governance of Tenure of Land, Fisheries and Forests. - Rome: FAO, 2012.
15. Healey P. Urban Complexity and Spatial Strategies: Towards a Relational Planning for Our Times. - London: Routledge, 2007.
16. Deininger K. Land Policies for Growth and Poverty Reduction. - Washington: World Bank, 2003.

17. Longley P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J., Rhind D.W. Geographic Information Systems and Science. - Chichester: Wiley, 2015.
18. Zeiler M. Modeling Our World: The ESRI Guide to Geodatabase Design. - Redlands: ESRI Press, 1999.
19. Babajanov A.R., Rahmonov Q.R., G'ofirov A.J. Yer kadastri. - Toshkent: TIQXMMI, 2008.
20. Salohiddinov A.T., Ashirov B.A. Shaharsozlik va hududiy rejalashtirish asoslari. - Toshkent: Fan va texnologiya, 2016.

UDK: 631.44:332.63:332.3

TUPROQ BONITETI BALINING QISHLOQ XO'JALIK YERLARNING ME'YORIY QIYMATINI HISOBLASHDAGI O'RNI VA AHAMIYATI

A.K.Turopov *- Geoinnovatsiya markazi 3-bosqich mustaqil izlanuvchisi*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada Qishloq xo'jalik ekin yerlarining me'yoriy-bahosini aniqlashda Tuproqlar sifatini baholash ularning asosiy xususiyatlari va tabiiy sharoitlari, xususan, ularning genetik mansubligi, sug'orilish davri, madaniylashganlik darajasi, mexanik tarkibi, sho'rlanish darajasi, yuvilish darajasi, tuproq osti qatlamining holati, yer osti suvlarining sathi, eroziyaga uchraganligi, gipslanganlik darajasi va boshqalar juda ahamiyatlidir.*

Hozirgi kunda ekin yerlarida tuproqlarining eroziyaga uchrayotgan qatlami juda ko'payib bormoqda. Yerlarning me'yoriy bahosini hisoblashda bunday holatlarni inobatga dolzarb bo'lib qolmoqda.

Kalit so'zlar: *fermer xo'jaliklar, tuproq, bonitet bali, normativ qiymatini hisoblash. yer soliq stavkalari, Tuproqlarning sho'rlanishi va tuproq eroziyasi.*

Аннотация. *В данной статье при определении нормативной стоимости сельскохозяйственных угодий важное значение имеет оценка качества почв с учетом их основных характеристик и природных условий, в частности, генетической принадлежности, срока орошения, степени окультуренности, механического состава, засоленности, скорости промывки, состояния подпочвенного слоя, уровня грунтовых вод, эродированности, степени гипсированности и т. д.*

В настоящее время эродированный слой почвы на пахотных землях значительно увеличивается. Важно учитывать эти условия при расчете нормативной стоимости земель.

Ключевые слова: *фермерские хозяйства, почва, стоимость земли, расчет нормативной стоимости, ставки земельного налога, засоление и эрозия почв.*

Abstract. *In this article, when determining the normative value of agricultural arable land, it is very important to assess the quality of soils, taking into account their main characteristics and natural conditions, in particular, their genetic affiliation, irrigation period, degree of cultivation, mechanical composition, salinity, leaching rate, condition of the subsoil, groundwater level, erosion, degree of gypsum, etc.*

Currently, the eroded layer of soil on arable land is increasing significantly. It is important to take such conditions into account when calculating the normative value of land.

Keywords: *farms, soil, land value, calculation of normative value. Land tax rates, Soil salinity and soil erosion.*

Kirish: O‘zbekiston Respublikasida ijtimoiy va iqtisodiy ahamiyatga ega bo‘lgan yer turlaridan biri - ekin yerlari bo‘lib, ular ichida sug‘oriladigan yerlar qishloq xo‘jaligida alohida ahamiyat kasb etadi. Hozirgi kunda, fermer xo‘jaliklari, va dehqon xo‘jaliklariga qishloq xo‘jalik yerlarini berilishidan oldin “O‘zdavyerloyiha” davlat ilmiy loyihalash instituti tomonidan normativ qiymati hisoblanib, ***e-auksion.uz*** platformasiga taqdim etiladi, aniqlangan g‘oliblar Davlat byudjetiga hisoblangan normativ qiymatlarni to‘lash sharti bilan taqsimlab berilishi, yerga bo‘lgan talabni oshayotganligidan dalolatdir.

O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2014-yil 18-avgustdagi “Qishloq xo‘jaligi ekin maydonlarining normativ qiymatini aniqlash tizimini takomillashtirish to‘g‘risida”gi 235-sonli, 2021-yil 24-noyabrdagi “Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yer uchastkalarini ijaraga berish tartibiga doir normativ-huquqiy hujjatlarni tasdiqlash to‘g‘risida”gi 709-sonli qarori, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 24-fevraldagi “Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlardan foydalanish va muhofaza qilish tizimini takomillashtirishga doir qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida” PQ-5006-sonli qarori hamda ushbu sohaga tegishli boshqa me’yoriy-huquqiy hujjatlarda qishloq xo’jaligi yerlaridan unumli foydalanish va tuproq unumdorligini oshirish bo’yicha vazifalar belgilangan.

O‘zbekiston Respublikamizda qishloq xo‘jaligida sug‘oriladigan yerlarga katta e’tibor beriladi. Chunki mamlakatimizda yetishtiriladigan qishloq xo‘jalik mahsulotlarining 95 foizidan ortiqrog‘i ana shu yerlarda yetishtiriladi. Ma’lumki, turli qishloq xo‘jalik ekinlarini yetishtirish uchun, yerlarning unumdorligi turlicha an’anaviy yoki noan’anaviy talab qo‘yiladi. Masalan, ayrim o‘simliklar sho‘rxok muhitda yaxshi rivojlansa, ayrim o‘simliklar esa kuchsiz ishqoriy muhitda yaxshi o‘sib hosil beradi. Shuning uchun ham, sug‘oriladigan yerlar alohida ahamiyatga ega bo‘lib, ularning normativ qiymati, ekiladigan ekinlari, suv bilan ta’minlanishi, tuproq bonitet baliga qarab ma’lum bir o‘simlik turi yoki guruhlari hamda ularning bozordagi yillik o‘rtacha narxlariga qarab baholanadi.

O‘zbekistonda sug‘oriladigan yerlar normativ qiymatini asosan tuproq unumdorligi, suv bilan ta’minlanishiga qarab asosiy qishloq xo‘jalik ekinlari ya`ni g‘o‘za(paxta), g‘alla, bog‘zor, uzumzor, sabzavot, poliz, kartoshka ekinlari ekilganligiga qarab ushbu mahsulotlarning dehqon bozorlardagi yillik o‘rtacha narxlarining statistik ma’lumotlariga asosan baholanadi. Bundan tashqari qishloq xo‘jaligi yerlarining normativ qiymatini hisoblashda tuproq unumdorligi bal bonitetining keng ma’noda tuproqlarning barcha xossa va xususiyatlari, shuningdek shu joyning ekologik sharoiti ta’sirining yig‘indisi sifatida namoyon bo‘ladi.

Qishloq xo‘jaligida yerdan samarali foydalanishni rag‘batlantirish bo‘yicha xorijiy tajribalar

Rivojlangan davlatlarda yerdan foydalanish va uni davlat tomonidan tartibga solish uslubiyoti har bir

hududning tabiiy-iqlim va tuproq sharoitlaridan kelib chiqqan holda alohida mintaqalarga bo‘lingan holda tadqiq etiladi va tarmoqni qo‘llab-quvvatlash tadbirlari ham xuddi shu mintaqalar kesimida kompleks yondashuv asosida amal qiladi.

Iqtisodiyot nazariyasi bo‘yicha dunyodagi yirik mutaxassislardan hisoblangan norvegiyalik olim S.Reynart qishloq xo‘jaligini rivojlantirish bo‘yicha noodatiy va mantiqiy jihatdan tushuntirish qiyin bo‘lgan holatga e’tibor qaratib quyidagi tahliliy ma’lumotlarni keltiradi. Ya’ni, mehnat unumdorligining barqaror ravishda oshirilib borishi asrlar davomida faqat sanoat tarmoqlarida yuz berib keldi. Lekin keyingi 50 yil davomida mehnat unumdorligining o‘sishi sanoat tarmoqlariga nisbatan birmuncha yuqori ko‘rsatkichlarga ega bo‘lmoqda. Misol uchun AQSH da bir akr yer maydonida bug‘doy yetishtirishda mehnat unumdorligi 1940-yilga nisbatan 6 barobarga o‘sgan. Yuqori texnologiyalarni qo‘llash qishloq xo‘jaligining deyarli barcha tarmoqlarida qo‘llanilmoqda. Bugungi kunda amerikalik fermerlar o‘z dalalarida sun’iy yo‘ldosh tizimlari orqali va dronlar orqali ishlov berishmoqda.

Bundan 75 yil avval 10 ta fermer ishlab chiqaradigan mahsulot bugungi kunda bitta fermer tomonidan ishlab chiqarilmoqda. Gap shundaki dunyodagi eng samarali bo‘lgan Amerika va Yevropadagi fermer xo‘jaliklari davlat tomonidan beriladigan imtiyoz va subsidiyalarsiz yashab keta olmaydilar.

Ushbu davlatlarda qishloq xo‘jaligini subsidiyalash uchun yo‘naltiriladigan moliyaviy mablag‘lar miqdori Afrika va Afrikaning janubiy saha davlatlarida yashovchi aholining bir jon boshiga to‘g‘ri keladigan o‘rtacha daromadidan 4 marotaba ortiqni tashkil etadi.

Yuqorida keltirilgan ma’lumotlardan kelib chiqqan holda aytish mumkinki rivojlangan davlatlarda qishloq xo‘jaligini subsidiyalash darajasi rivojlanayotgan davlatlarga nisbatan bir necha barobar yuqorini tashkil etadi. Misol uchun inflyatsiya darajasi va qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini sotish narxlarini hisobga olgan holda ajratilayotgan dotatsiya va kompensatsiyalar miqdori investitsiyada AQSHda 82 foizni, Norvegiyada 75 %, Yaponiyada 74 %, Avstriyada 44 foizni tashkil etadi. Xuddi shunday holat boshqa rivojlangan davlatlarda ham kuzatiladi.

Bundan tashqari rivojlangan davlatlar o‘zlarining ichki oziq-ovqat bozorlarini himoyalash uchun import bojlarining yuqoriligi bilan ajralib turadi. Masalan, qishloq xo‘jaligi mahsulotlariga o‘rnatilgan import bojlari rivojlanayotgan davlatlarda o‘rtacha 18,8 foizni, Xitoyda esa 40,6 foizni, o‘tish davri iqtisodiyotiga ega bo‘lgan davlatlarda 13,4 foizni, Rossiyada 10,5 foizni tashkil etgan holda, iqtisodiy jihatdan yuqori rivojlangan davlatlarda o‘rtacha 43,3 foizni tashkil etmoqda

Tadqiqot natijalari va ularning muhokamasi. Qishloq xo‘jaligi tovar ishlab chiqaruvchisi - qishloq xo‘jaligini yuritish uchun belgilangan tartibda ajratilgan yer uchastkasida qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini yetishtiruvchi yuridik yoki jismoniy shaxslar, shuningdek dehqon xo‘jaliklari tushuniladi;

Qashqadaryo viloyatida 14 tuman hamda 2 ta shahar qishloq xo‘jalik yerlari mavjud bo‘lib, bunda jami yuridik shaxslarga tegishli bo‘lgan qishloq xo‘jalik tovar ishlab chiqaruvchilar hamda jismoniy shaxslarga tegishli bo‘lgan dehqon

xo‘jaliklarning normativ qiymati hisoblanib yer solig‘ini undirish maqsadida Vazirlar Mahkamasi huzuridagi soliq qo‘mitasiga hamda yer soliq stavkalarini belgilash maqsadida Iqtisod va moliya vazirligiga taqdim etib boriladi.

2025-yil 1-yanvar holatiga ko‘ra ushbu Qashqadaryo viloyati bo‘yicha jami 16 131 ta qishloq xo‘jaligi tovar ishlab chiqaruvchilar bo‘lib, ularning jami yer maydoni 18 607 94 gektar, Soliq kodeksining 429-moddasi 6-xat boshida “Qishloq xo‘jaligi uchun mo‘ljallangan yerlar uchun soliq stavkalari qishloq xo‘jaligi ekinzorlarining normativ qiymatiga nisbatan 0,95 % (foiz) miqdorda belgilab” qo‘yilgan.

Shuningdek Qashqadaryo viloyati bo‘yicha jami 16 131 ta qishloq xo‘jaligi tovar ishlab chiqaruvchilarning sug‘oriladigan yerlari 426 948 gektar, bog‘zorlar 15 714 gektar, uzumzorlar 5 238 gektar, boshqa ko‘p yillik daraxtzorlar 7 072 gektar, bo‘z yerlar 16 389 gektar, baliqchilik hovuzlari bilan band bo‘lgan 1 591 gektar, jami yaylov yerlar 5 826 gektar tashkil etadi.

Qashqadaryo viloyati bo‘yicha jami 14 180 ta fermer xo‘jaliklarining umumiy yer maydoni 652 645 gektarni tashkil qiladi. Shundan sug‘oriladigan ekin yerlari 350 095 gektarni tashkil etadi.

Sug‘oriladigan yerlarning normativ qiymatini hisoblashda bonitet balining ahamiyati 100 ballgacha bo‘lgan shkalalarda amalga oshiriladi. Misol uchun aytaylik yerdan foydalanuvchining bonitet bali past ya’ni 41 ball bo‘lsa 1 gektar yer maydoniga sabzavot ekinlari ekilganda Shahrisabz tumani misolida 1 gektar yer maydoniga 55 762 ming so‘m normativ qiymat hisoblanadi uning 0,95 % yer solig‘i 530 ming so‘mni tashkil qiladi. Xuddi shunday holat ya’ni 75 ball bo‘lsa 1 gektar yer maydoniga xuddi shu kabi sabzavot ekinlari ekilganda 1 gektar yer maydoniga 204 078 ming so‘m normativ qiymat hisoblanadi, uning 0,95 % yer solig‘i 1 939 ming so‘mni tashkil etadi. Agarda bir konturda 2-3 xildan iborat ball mavjud bo‘lsa uning o‘rtacha bali hisoblab chiqiladi, shu asosida unga normativ qiymat hisoblanadi. Shuning uchun ham yerlarning bonitet bali normativ qiymatlarni hisoblashda muhim ahamiyatga egadir.

Bozor iqtisodiyoti sharoitida agrar sanoat majmuasining eng salohiyatli tarmog‘i bo‘lgan qishloq xo‘jaligi korxonalarida bozor munosabatlarini joriy etish, o‘ziga xos xususiyatlarga ega va u iqtisodiyotda alohida o‘rinni egallaydi.

Shahrisabz tumanida sabzavot hamda poliz ekinini bonitet ballari yuqori bo‘lgan yerlarga joylashtirish iqtisodiy samaradorlikni ta’minlaydi, katta hajmdagi mehnat va mablag‘lar tejaladi. Chunki yerning unumdorligi yuqori bo‘lganligi uchun qishloq xo‘jaligi yerlarda ekinlar tez kunlarda unib chiqishidan tortib, vegetatsiya davri, shuningdek pishib yetilishigacha bo‘lgan vaqtda unumdor yerlar katta ahamiyatga ega.

Past balli yerlarga sho‘rga chidamli o‘simlik beda hisoblanadi, ozuqabop, dukkakli don ekinlarini ekish yaxshi samara beradi, hamda tuproq unumdorligi oshib boradi.

Qishloq xo‘jalik ekinlari yetishtiriladigan yerlarni har yili kuzatib borish, birinchi navbatda agrotexnik va agromeliorativ tadbirlarga muhtoj maydonlarni aniqlash, sodir bo‘lgan salbiy holatlarni oldini olishga qaratilgan chora-tadbirlar majmuasini zudlik bilan qo‘llash nihoyatda muhim. Tuproq sho‘rlanishini oldini olish uchun eng avvalo, ekin maydonlaridagi yer osti suvlari oqimini ta’minlash, buning

uchun esa mavjud kollektor-zovur tarmoqlarini tozalash, ta'mirlash, ishchi holatga keltirish, zaruriyat tug'ilsa, qo'shimcha zovur tarmoqlarini ko'rish birinchi galdagi vazifalar qatoridan joy olishi kerak.

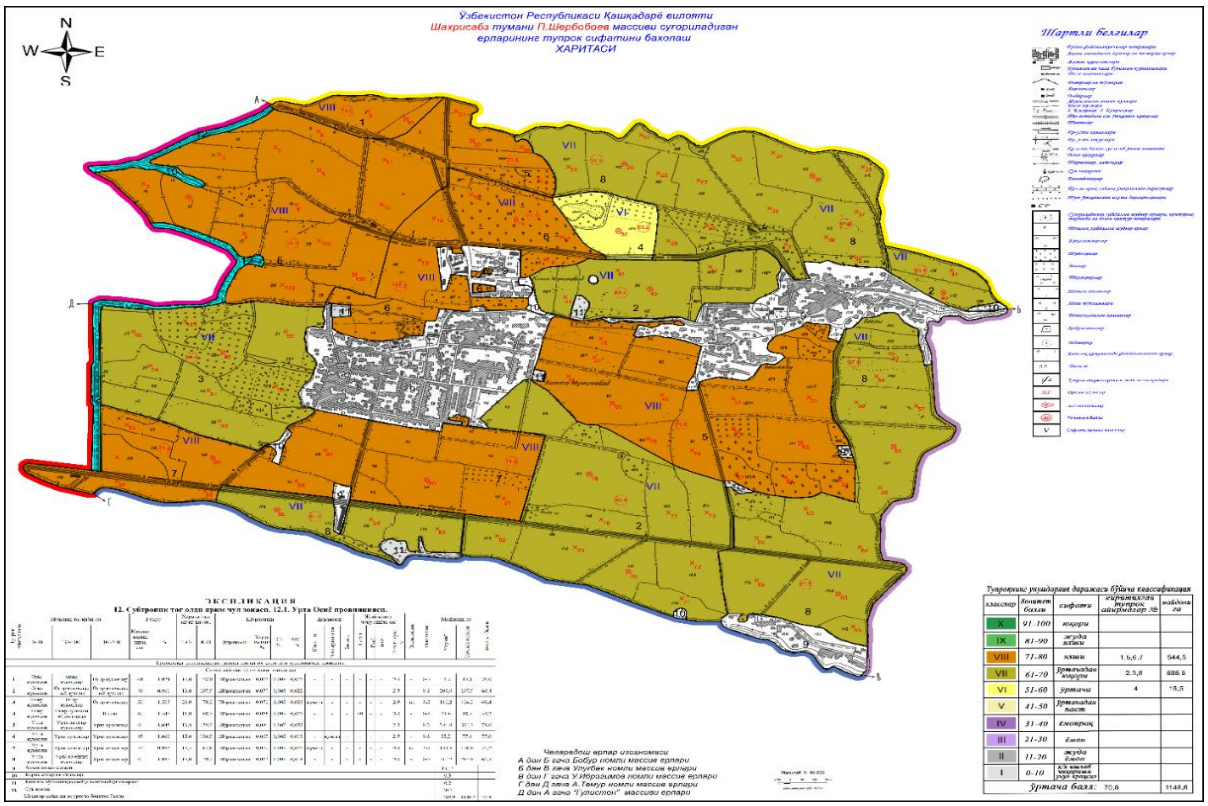
Qishloq xo'jaligi ishlab chiqaruvchilarini sifat jihatidan baholashning iqtisodiy mohiyati: Ishlab chiqarishning har qanday vositalaridan oqilona, samarali hamda imkoni boricha to'laroq foydalanish eng avvalo uning asosiy va muhim xususiyatlarini bilish, o'rganishga, shuningdek ularni o'z joyida qo'llashga ko'p jihatdan bog'liqdir.

Tuproqlar sifatini baholashda ularning asosiy xususiyatlari va tabiiy sharoitlari, xususan, ularning genetik mansubligi, sug'orilish davri, madaniylashganlik darajasi, mexanik tarkibi, sho'rlanish darajasi, yuvilish darajasi, tuproq osti qatlamining holati, yer osti suvlarining sathi, eroziyaga uchraganligi, gipslanganlik darajasi va boshqalarni hisobga olamiz. Aynan shular bizning massivdagi tuproqlarning asosiy xususiyatlarini belgilaydi.

Baholash ishlarini biz 100 balllik yopiq shkala bo'yicha o'tkazamiz. Bunday shkala respublikaning sug'oriladigan yerlarni bonitirovkalash uchun yagona tarzda tuzilgan va qabul qilingan bo'lib, unga asosan tuproqlarning sug'orish davri, madaniylashganlik darajasi hamda, genetik mansubligi asosiy ko'rsatkichlar sifatida qabul qilingan.

Ushbu shkala qulay sharoitdagi, ya'ni sho'rlanmagan va eroziyaga uchragan, mexanik tarkibi va yer osti qatlamining sizot suvlarini o'tkazuvchanligi yaxshi bo'lgan tuproqlarning sifati to'g'risida tasavvurga ega bo'lish imkonini beradi. Ammo, amalda uchraydigan tuproqlarning xususiyatlari turlichadir.

Tuproq unumdorligini pasaytiruvchi omillar qatoriga suv hamda shamol ta'siridan yemirishi ham kiradi. U notekis relyefi, yangi sug'orilayotgan maydonlarda, yuqori nishabliklarda yorqin namoyon bo'ladi. Bu mintaqalarda tuproq jinslari asosan lyoss proluvial va alluvial yotqiziqlardan iborat bo'ladi. Yuviladigan tuproqlarning sifati nisbatan lyoss yotqiziqlarda kamroq pasayadi. Proiyuvial alluvial yotqiziqlarda ko'proq pasayadi.



1-rasm Tuproq ball bonitirovka xaritasining ko‘rinishi

Tadqiqot obyekti Tumani hududida sug‘oriladigan yerlarni muhofaza etish va qishloq xo‘jaligi ekinlari hosildorligini oshirish maqsadida tavsiya va xulosalar:

1. Shahrisabz tumani sug‘oriladigan yerlarning unumdorlik tasnifi guruhlar bo‘yicha yer maydonlari aniqlash;

2. Tuproqlarning meliorativ holatini yaxshilash va tuproq unumdorligini oshirishda tuproq unumdorligi banitet bali o‘zgarishini hisobga olish;

3. Qiyalik yerlarni ko‘ndalang haydashda tuzatma koeffitsiyentni qo‘llash;

4. Intensiv bog‘larni barpo qilishda irrigatsion texnologiyalardan foydalanib tomchilatib sug‘orish usullarini qo‘llashda tuproq tarkibini hisobga olish;

5. Sug‘oriladigan yerlarning unumdorligini oshirishda oraliq ekinlari (ko‘k o‘g‘it) va oraliq ekin sifatida ang‘izga aralashtirib va alohida javdar, no‘xat, dukkakli ekinlar, suli va beda ekish, shu bilan birga qishloq xo‘jaligi ekinlariga mineral va organik o‘g‘itlarni qo‘llashda yerning tabiiy unumdorligini hisobga olib foydalanish imkonini beradi.

Yuqoridagi ilmiy izlanish va o‘rganishlar natijasida, tavsiyalar: tuman sug‘oriladigan yerlarning sifatini oshirish, muhofaza etish va qishloq xo‘jaligi ekinlari hosildorligini oshirish maqsadida tavsiya etiladi.

Xulosa qilib aytganda Viloyatda qishloq xo‘jaligi tovar ishlab chiqaruvchilarning yer maydonlarini normativ qiymatlarini hisoblashda qishloq xo‘jalik xaritasiga har bir yerdan foydalanuvchilarning chegaralari tushiriladi, ularning o‘rtacha bonitet balini hisoblab, yerdan foydalanuvchilarning ekilgan ekinlari, ularning yillik o‘rtacha bozor narxlari va bundan tashqari suv bilan ta`minlanganlik darajasi bo‘yicha alohida jadval asosida hisoblash ishlarini amalga oshirish kerak bo‘ladi.

Tumanda qishloq xo‘jaligi yerlarining katta qismini sug‘oriladigan ekin yerlari tashkil qiladi. Ammo bugungi kunga qadar yerlarning katta qismini asosan an’anaviy yoki zamonaviy usullarda sug‘orish o‘rniga suv taqchil davrda, yer osti sizot suvlari (zovur suvlari) yordamida sug‘orilishi yoki mineral o‘g‘itlarni noto‘g‘ri qo‘llanishi oqibatida sug‘oriladigan ekin yerlari meliorativ holati yomonlashib bormoqda. Shu sababdan sug‘oriladigan ekin yerlarida doimiy monitoring ishlarini dronlar orqali o‘tkazish, kosmosyomka suratlardan hamda masofadan zondlash usullaridan foydalanishni tashkil qilish lozim.

Foydalanilgan adabiyot ro‘yxati

1. O‘zbekiston Respublikasining yer kodeksi.

2. O‘zbekiston Respublikasining soliq kodeksi

3. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2014-yil 18-avgustdagi “Qishloq xo‘jaligi ekin maydonlarining normativ qiymatini aniqlash tizimini takomillashtirish to‘g‘risida”gi 235-sonli qarori.

4. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2021-yil 24-noyabrdagi “Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yer uchastkalarini ijaraga berish tartibiga doir normativ-huquqiy hujjatlarni tasdiqlash to‘g‘risida”gi 709-sonli qarori.

5. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 18-yanvardagi “Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yer uchastkalarini ijaraga berish tartibini takomillashtirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida” PF-15-sonli.

6. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 12-apreldagi “Muhandislik-kommunikatsiya tarmoqlari uchun yer uchastkalarini ajratish tartibini takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-204-sonli qarori.

7. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 24-fevraldagi “Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlardan foydalanish va muhofaza qilish tizimini takomillashtirishga doir qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida” PQ-5006-sonli qarori.

8. Vazirlar Mahkamasi 2021 yil 27 avgustdagi “Yer uchastkalarini jamoat ehtiyojlari uchun doimiy foydalanishga ajratishning ma’muriy reglamentini tasdiqlash to‘g‘risida” 543-sonli qarori.

9. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 17-iyundagi “Qishloq xo‘jaligida yer va suv resurslaridan samarali foydalanish chora-tadbirlari to‘g‘risida” PF-5742-sonli.

10. Q.R.Rahmonov “Yer monitoring asoslari” o‘quv qo‘llanma. Toshkent-2008.

11. Yerdan foydalanish iqtisodiyoti. Altiyev A.S. Toshkent-2019-yil.

12. Xashimdjonov M. «Экономическая оценка орошаемых земель» Диссертация. к.э.н. 1966, Стр. 113.

13. Muxtorov O‘.B. “Qishloq xo‘jaligida yer resurslaridan samarali foydalanishni rag‘batlantirish mexanizmlarini takomillashtirish” mavzusidagi doktorlik dissertatsiyasi. T., 2021. 43-b

UDK: 332.3:528.44:004.9

ЕР ИСЛОҲОТИ ЖАРАЁНЛАРИДА ЕРЛАРНИНГ МИҚДОРИЙ ҲИСОБИНИ ЮРИТИШНИНГ АҲАМИЯТИ

Хожиев Кучкор Мамадиёрович-*“Ўздаверлойиҳа” давлат илмий-лойиҳалаш институти бош директори маслаҳатчиси, қ.х.ф.ф.д. (PhD), К.и.х.*

Аннотация. Мақолада аналитик таҳлил ва монографик тадқиқот усулларига суянган ҳолда мамлакатимизда *олиб борилаётган ислоҳатларнинг тўлақонли амалга оширилишида ерларнинг миқдорий ҳисобини юритишнинг аҳамияти, шунингдек, маъмурий-ҳудудий бирликлар бўйича ерларнинг миқдорий ҳисобини тўғри ва тўлиқ юритишда* йўл қўйилаётган хато-камчиликлар кўрсатиб берилган, хусусан, уларни бартараф этган ҳолда тузилаётган ер баланси (ҳисоботи)нинг сифатини ошириш, ерларнинг миқдорий ҳисобининг ҳаққонийлиги ва шаффофлигини таъминлашда *туманларнинг маъмурий чегараси доирасида шаҳарчалар, қишлоқлар, овуллар ҳудудларини белгиланган тартибда тўлиқ шакллантирган ҳолда* ўтказиладиган ер ресурслари хатлови натижаларини асос сифатида қабул қилиниши бўйича амалий таклиф ва тавсиялар берилган.

Калит сўзлар: ислоҳат, қишлоқ хўжалиги, маъмурий-ҳудудий бирлик, шаҳарча, қишлоқ, овул, ердан фойдаланувчи, ер баланси (ҳисоботи), ерларнинг миқдорий ҳисоби, координаталар тизими, ер ресурслари хатлови, ер фонди тоифалари, ер турлари, электрон рақамли харита, экин ерлар,томорқа ерлар.

Аннотация. *В статье на основе методов аналитического анализа и монографического исследования показаны важность ведения количественного учета земель при полной реализации проводимых в нашей стране реформ, а также ошибки и недостатки, которые допускаются при правильном и полном осуществлении количественного учета земель по административно-территориальным единиц, в частности, в целях повышения качества земельного баланса (отчета), который формируется путем их исключения, обеспечения справедливости и в целях обеспечения прозрачности были сделаны практические предложения и рекомендации по принятию результатов обследования земельных ресурсов за основу, которые осуществляются в пределах административных границ районов с полным формированием посёлков, кишлаков, аулов в соответствии с установленным порядком.*

Ключевые слова: *реформа, сельское хозяйство, административно-территориальная единица, посёлок, кишлак, аул, землепользователь, земельный баланс (отчет), количественный учет земель, система координат, инвентаризация земельных ресурсов, категории земельного фонда, типы земель, электронная*

цифровая карта, пашня, приусадебные земли.

Кириш. Шуни алоҳида таъкидлаш жоизки, ер муносабатларини тартибга солиш, республикамиз ер ресурсларидан фойдаланиш самарадорлигини ва ерларнинг, айниқса, суғориладиган ерларнинг унумдорлигини ошириш ва талон-тарожлигининг олдини олиш мақсадида тегишли қонунларнинг қабул қилиниши, хусусан, ерга оид қонунчилик ҳужжатларига тегишли ўзгартириш ва қўшимчалар киритиш орқали ер ислоҳотини жадаллаштириш албатта ҳукуматимиз олдига қўйилган муҳим вазифаларидан бири ҳисобланади.

Иқтисодиётни инновацион ислоҳ қилиш шароитида ер ислоҳоти механизмларини такомиллаштириш нафақат қишлоқ хўжалигини барқарор ривожлантириш, фермер, деҳқон хўжалиги ва томорқа ерларидан самарали фойдаланиш, балки маҳсулотлар ишлаб чиқариш самарадорлиги ва рақобатдошлигини ошириш, республикамиз озиқ-овқат хавфсизлигини таъминлаш ва экспорт салоҳиятини юксалтириш борасидаги энг муҳим устувор вазифалардан ҳисобланади. Зеро, қишлоқ хўжалигида асосий ишлаб чиқариш воситаси ҳисобланган ер ресурсларидан фойдаланиш тизимини илмий-назарий асосларини такомиллаштириш ва уларни амалиётга самарали татбиқ этиш, хусусан, ер участкаларини ажратишнинг барча учун тенг, шаффоф ва бозор тамойилларига асосланган тартибини жорий этиш, ерга оид мулкий ва ҳуқуқий муносабатларда барқарорликни таъминлаш, ерларни муҳофаза қилиш, ер эгаларининг мулкий ҳуқуқларини кафолатлаш, шунингдек, ернинг иқтисодий қийматини белгилаш орқали уни фуқаролик ҳуқуқий муносабатлар объекти сифатида эркин муомалага киритиш объектив заруратга айланмоқда.

Олиб борилаётган ер ислоҳатларини самарали амалга оширишда амалдаги маъмурий-ҳудудий бирликларнинг чегаралари бўйича тузилган ер баланси (ҳисоботи)нинг ер фонди тоифалари, ер турлари ва ердан фойдаланувчилари (барча ҳуқуқлар бўйича) кесимида ҳаққонийлиги, шунингдек, ер участкаларига ҳамда мулкларга бўлган ҳуқуқларининг давлат рўйхатидан ўтказилганлиги ҳам алоҳида аҳамият касб этади.

Мустақилликнинг дастлабки йилларида аҳолини ижтимоий қўллаб- қувватлаш мақсадида томорқа ерлари меъёрларининг кескин оширилиши, шунингдек, ер муносабатларини ҳуқуқий асосда ривожлантириш ва тартибга солиш, ерлардан мақсадига кўра оқилона ҳамда самарали фойдаланиш ва уларни муҳофаза қилишга қаратилган Ўзбекистон Республикасининг Ер кодекси, Фермер хўжалиги тўғрисидаги, Деҳқон хўжалиги тўғрисидаги, Давлат ер кадастри тўғрисидаги қонунларнинг қабул қилиниши негизида ердан фойдаланишда ижара муносабатига ўтилиши, мамлакатимизда фермер ва деҳқон хўжаликларининг сони кескин ортиб, ердан фойдаланиш самарадорлиги кўтарилиши аграр соҳадаги ислоҳатларнинг натижаси деб баҳолаш мумкин.

Бундан ташқари, Ўзбекистон Республикасининг қишлоқ хўжалигига мўлжалланмаган ер

участкаларини хусусийлаштириш тўғрисидаги қонуни қабул қилиниши, шу билан бирга, бугунги кунда ерларнинг очиқ электрон-онлайн аукционлар орқали реализация қилиниши бу албатта олиб борилаётган ислоҳатларнинг давоми деб тарифласа бўлади.

Шу билан бирга, Республика аҳолисининг йилдан-йилга ўсиб бораётганлиги, уларни озиқ-овқат маҳсулотларига, шунингдек, ижтимоий турмуш даражасини доимий равишда ошириб боришга бўлган талабини кучайтиради. Шу ўринда, миллий статистика қўмитаси маълумотлари таҳлил қилинганда, 2026 йил 1 апрель ҳолатига республикамиз аҳолиси 38,3 млн нафардан ошди. Сўнгги уч йилда аҳоли сонининг ўртача ўсиши 2,1 фоизни ташкил этиб, ўсиш ушбу суръатда давом этса, 2040 йилга бориб 50-52 млн нафарни ва 2050 йилда эса 63-65 млн нафарга етади.

Айниқса бугунги кундаги таҳликали дунёда бўлаётган нотинчлик орқасидан аҳолининг озиқ-овқат маҳсулотларига бўлган талаби янада кучайиши негизида соҳада ислоҳотларни жадаллаштириш, шунингдек, ер майдонларидан, жумладан қишлоқ хўжалигига мўлжалланган ерлардан оқилона ва самарали фойдаланишни ташкил этиш ва уларни муҳофаза қилиш, хусусан, ерларнинг аниқ миқдорий ҳисобини шакллантириш заруриятини туғдиради.

Тадқиқот методологияси. Республикамизнинг мавжуд 44 млн. 892,4 минг гектар умумий ер майдонлари доирасида [14] ерларнинг миқдорий ҳисобини тўғри, тўлиқ ва шаффоф ҳолда юритиш берилган ерлардан мақсадига кўра оқилона ва самарали фойдаланиш ҳамда уларни муҳофаза қилиш соҳасида олиб борилаётган ислоҳатларни амалга оширишда муҳим аҳамият касб этиши сабабли ҳам бугунги кунда бу муаммони кун тартибининг асосий масалаларидан бири сифатида кўтарилаётганлиги бежиз эмас, негаки, туман(шаҳар)лар чегараларининг бутунжаҳон координаталар тизимига (WGS-84) [7] боғланмаганлиги ҳудудларда чегаралар билан боғлиқ ер муносабатларини тартибга солиш борасида, жумладан ер участкаларини ажратиш ва хусусийлаштириш масалаларида, ер билан боғлиқ соҳаларни режалаштиришда, ер ресурсларининг хатловини ўтказишда ва уларнинг мониторингини юритишда, ерларни баҳолашда, шунингдек, туман (шаҳар)ларда юритилаётган ер баланси (ҳисоботи)нинг умумий натижаларида айрим камчиликларни келтириб чиқармоқда. Айниқса, Республика бўйича маъмурий-ҳудудий бирликларнинг қуйи туркумини ташкил этувчи шаҳарча, қишлоқ ва овуллар ҳудудларининг [1] шакллантирилмаганлиги, жумладан, шаҳарча, қишлоқ ва овуллар ҳудуди бўйича амалда ерларнинг миқдорий ҳисоби юритилмаётганлиги мазкур бирликлар бўйича маълумотлар базаси шакллантирилишида сунъий тўсиқларни вужудга келтирмоқда.

Шу билан бирга амалдаги туман (шаҳар) ер баланси (ҳисоботи)да суғориш тармоқларидан ёки сув манбаларидан узилиб қолган ерлар ҳанузгача суғориладиган ерлар ҳисобида юритиб келинаётганлиги, деҳқон хўжаликлари ва томорқа

хўжаликлари ер майдонларини умумлашган ҳолда [14] қайд қилинганлиги, мелиоратив қурилиш ҳолатидаги ерларнинг қишлоқ хўжалиги ерлари таркибига олинмаслиги ҳам уларнинг ҳисобини юритишда тегишли аниқлик киритишни талаб этади. Шу билан бирга, хусусийлаштирилган ер участкалари, хусусан, хусусийлашган боғ ва токзорларни ер баланси (ҳисоботи)да алоҳида акс эттирилмаслиги, бу турдаги ердан фойдаланувчиларнинг ер ҳисоби шакллантирилмасдан қолаётганлигини кўрсатади. Бундан ташқари, юридик ва жисмоний шахсларнинг ҳуқуқ ўрнатувчи ҳужжатларида кўрсатилган майдон билан амалда фойдаланилаётгани ўртасида фарқларни бартараф этишнинг ҳуқуқий ечими ҳанузгача очиқ турганлиги, хусусан, ер майдонларида ўтказилган хатлов натижаларига кўра [13] аниқланган ўзгаришларни ўз муддатларида ер балансига (ҳисоботига) олишнинг ҳуқуқий асоси шакллантирилмаганлиги уларнинг миқдорий ҳисобини тўғри ва тўлиқ юритишга салбий таъсир кўрсатмоқда.

Ерларнинг миқдорий ҳисобида ҳаққонийликни ва шаффофликни таъминлаш зарурияти уни юритиш билан боғлиқ амалдаги тартибига тегишли ўзгартириш ва қўшимчалар киритиш лозимлигини кўрсатмоқда.

Таҳлил ва натижалар. Мамлакатнинг маъмурий-ҳудудий бирликлари кесимида ер фондининг тоифалари ва турлари бўйича уларнинг миқдорий ҳисобини, жумладан, туман (шаҳар)ларнинг маъмурий чегарасидаги шаҳарча, қишлоқ ва овуллар ҳудуди бўйича мавжуд ерларнинг миқдор жиҳатдан аниқ ҳисобини юритиб боришда [3] соҳа мутахассисларига катта вазифалар юклатилганлигига қарамасдан, жойларда олиб борилган таҳлиллар шуни кўрсатадики, бугунги кунда маъмурий-ҳудудий бирликлар бўйича ерларнинг аниқ ҳисобини юритишга доир муайян тизим яратилмаганлиги ерларнинг миқдорий ҳисобини тўғри ва тўлиқ юритиш билан боғлиқ бўлган норматив-ҳуқуқий масалаларни батафсилроқ кўриб чиқилиши керак бўлган жиҳатлардир.

Маълумки, ер ҳисобининг натижалари ҳар бир маъмурий туман (шаҳар) кесимида ишлаб чиқиладиган ер баланси (ҳисоботи)да ёритилади. Ерларнинг ҳисобини юритиш Ўзбекистон Республикаси Урбанизация ва уй-жой бозорини барқарор ривожлантириш миллий қўмитаси ҳузуридаги Кадастр агентлигининг Давлат кадастрлари палатаси ҳудудий бўлинмаларига юклатилган бўлиб, унинг ҳар йилги якуний натижаси сифатидаги туман (шаҳар) ер баланси (ҳисоботи) ҳар йили 1 январь ҳолатига тузилади [3] ҳамда туман (шаҳар)нинг маъмурий чегараси доирасида ер фондининг тоифалари ва ер турлари бўйича ердан фойдаланувчилар (барча ҳуқуқлар бўйича) кесимида юритиб борилади. Бундай ер балансини (ҳисоботини) тузишда ҳар бир ердан фойдаланувчиларнинг ер майдонлари тўғрисидаги маълумотлардан фойдаланилади ва йил давомида уларда вужудга келган тегишли ўзгаришлар ҳисобга олиб борилади. Ер баланси (ҳисоботи)да ерларнинг миқдори ердан фойдаланувчи юридик ва

жисмоний шахслар бўйича уларнинг ер участкаларига бўлган ҳуқуқлари давлат рўйхатидан ўтказилганлиги ёки ўтказилмаганлигидан қатъий назар [12] ҳисобга олиниши назарда тутилади.

Вазирлар Маҳкамасининг 2024 йил 4 мартдаги 111-сон қарори билан тасдиқланган “Қишлоқ хўжалиги билан шуғулланувчи туманларнинг 2025-2030 йилларга мўлжалланган ва лойиҳалаштиришдан олдин амалга ошириладиган ер тузиш чизмаларини ишлаб чиқиш тартиби тўғрисидаги Низом” ижросини таъминлаш бўйича “Ўздаверлойиҳа” давлат илмий-лойиҳалаш институти томонидан ер тузиш лойиҳаларини ишлаб чиқиш жараёнида Республика бўйича 24 та туманларда туманларнинг маъмурий чегарасидаги умумий ер майдонлари белгиланган тартибда хатловдан ўтказилганда 2025 йил 1 январь ҳолатига бўлган ер ҳисоботига нисбатан Кармана туманида 5618 гектар, Зарбдор туманида 4910 гектар, Мирзачўл туманида 2312 гектар, Қонликўл туманида 2217 гектар, Қоракўл туманида 1022 гектар, Қизирик туманида 862 гектар, Нишон туманида 623 гектар, Юқоричирчиқ туманида 460 гектар, Норин туманида 443 гектар, Вобкент туманида 414 гектар, Данғара туманида 374 гектар, Қўшкўпир туманида 363 гектар, Уйчи туманида 360 гектар, Нарпай туманида 222 гектар, Тошлоқ туманида 87 гектар кўп эканлиги, шунингдек, Музработ туманида 1965 гектар, Хўжаобод туманида 874 гектар, Тошкент туманида 204 гектар, Булоқбоши туманида 17 гектар кам эканлиги аниқланган.

Бундан ташқари, ўтказилган хатлов натижалари таҳлилларига кўра нафақат туманлар бўйича, балки ердан фойдаланувчиларнинг аксарият қисмида ер балансига нисбатан амалдаги фойдаланаётган ер майдонларида фарқ бераётганлиги аниқланган. Бу эса Республикамиз ер майдонларидаги ўзгаришларни ўз вақтида ер балансига қабул қилишнинг бугунги кунда тизими йўқлиги қишлоқ хўжалигига мўлжалланган ерларни рақамлаштиришда, ер ҳисоботларидан фойдаланишда, ерларни аукцион онлайн савдоларига чиқаришда, қишлоқ хўжалиги экинларини жойлаштиришда, ер солиғини ундириш учун меъёрий қийматини ҳисоблашда ва бошқа кўплаб ҳолатларда муаммоларни вужудга келмоқда ҳамда ердан фойдаланувчи ва ижарачиларнинг ҳақли эътирозларига сабабчи бўлмоқда.

Ерларнинг аниқ ҳисоби барча соҳаларда ер билан узвий боғлиқ, хусусан ерларни бериш (ажратиш), уларни хусусийлаштиришда муҳим аҳамиятга эга, шунингдек, ерлардан фойдаланиш билан боғлиқ режаларнинг, ерларни баҳолашнинг, давлат ер кадастри ва бошқа давлат кадастрларининг тўғри шаклланишини таъминлайди. Жумладан, Ўзбекистон Республикасининг “Давлат ер кадастри тўғрисида”ги қонунининг 11-моддасида “Ер ресурсларининг ҳолати тўғрисидаги Миллий ҳисобот” ҳар йили тайёрланиши ҳамда бутун мамлакат ва маъмурий-ҳудудий бирликлар бўйича ерларнинг миқдор ва сифат ҳолати ҳамда уларнинг баҳоси, ерларнинг тоифаларга бўлиниши, тармоқлар,

ер участкаларининг эгалари, ер участкасидан фойдаланувчилар, ер участкаси ижарачилари, мулкдорлари бўйича тақсимланиши тўғрисидаги маълумотларни ва ер кадастрига оид бошқа ахборотни ўз ичига олиши белгилаб қўйилган.

Ўзбекистон Республикасининг Конституцияси 83-моддасида “Ўзбекистон Республикаси вилоятлар, туманлар, шаҳарлар, шаҳарчалар, қишлоқлар, овуллар, шунингдек, Қорақалпоғистон Республикасидан иборатлиги” қайд этилганлиги ҳамда Ўзбекистон Республикасининг маъмурий-ҳудудий тузилиши тўғрисидаги Қонуни 5-моддасида “Ўзбекистон Республикасининг маъмурий-ҳудудий бирликлари - вилоятлар, туманлар, шаҳарлар, шаҳарчалар, қишлоқлар, овуллар, шунингдек, Қорақалпоғистон Республикасидан иборат” деб кўрсатиб ўтилганлиги мавжуд туманларнинг маъмурий чегараси доирасидаги туманга бўйсунувчи шаҳар, шаҳарча, қишлоқ ва овуллар ҳудудларининг чегаралари ўрнатилган тартибда белгиланиши учун ҳуқуқий асос эканлигини яна бир карра тасдиқлайди.

Шунингдек, Ўзбекистон Республикасининг маъмурий-ҳудудий тузилиши тўғрисидаги Қонуни 3-моддасида “туман-вилоятлар, Қорақалпоғистон Республикаси таркибидаги, қоида тариқасида, шаҳарлар, шаҳарчалар, қишлоқлар ва овуллардан иборат бўлган маъмурий-ҳудудий бирлик” деган тушунча бор.

Бугунги кунда Республикамизда мавжуд туманларнинг маъмурий чегараси доирасида амалда шаҳарчалар, қишлоқ ва овуллар ҳудудлари ташкил этилмаганлиги ва уларнинг чегаралари белгиланмаганлиги кўпчилик ташкилотларда, жумладан, Кадастр, Статистика, Қишлоқ хўжалиги, Сув хўжалиги, Қурилиш ва архитектура, Транспорт, Экология, Ички ишлар ва бошқа бир қанча ташкилотларда ҳисоботларни юритишда салбий таъсир кўрсатмоқда.

Шу билан бирга, Республикамизда мавжуд туманларнинг маъмурий чегараси доирасидаги туманга бўйсунувчи шаҳар, шаҳарчалар, қишлоқ (овул)лар ҳудудлари бўйича ер ҳисоби юритилмаётганлиги Қонунчилик ҳужжатларининг ижроси таъминланмаётганлигини, шунингдек, ер ҳисобининг талаб даражада бажарилмаётганлигини англатади.

Ўзбекистон Республикаси маъмурий-ҳудудий бирликларининг, жумладан, туманларнинг маъмурий чегараси доирасида шаҳарчалар, қишлоқлар, овуллар ҳудудларини амалдаги қонунчилик асосида бўлиниши ҳамда уларнинг чегараларига бутунжаҳон координаталар тизимидан фойдаланган ҳолда қайта аниқлик киритиш орқали мавжуд ер майдонларининг аниқ ҳисоб-китобини йўлга қўйиш, шунингдек, ердан фойдаланувчилар (барча ҳуқуқлар бўйича) томонидан фойдаланилаётган ер майдонларини хатловдан ўтказиш орқали ер фондининг барча тоифалари
[2] тўғрисидаги ҳаққоний маълумотларга эга бўлиш, ерларнинг миқдорий ҳисобини тўғри ва тўлиқ юритиш ер ислоҳоти жараёнларининг ҳаққонийлигини таъминлашда муҳим амалий аҳамият касб этади.

Бугунги кунда мавжуд туманларнинг маъмурий чегараси доирасида шаҳарчалар, қишлоқлар, овуллар ҳудудлари белгиланган тартибда тўлиқ шаклланмаганлиги мамлакатимизда олиб борилаётган ислоҳатларнинг тўлақонли амалга оширилишига салбий таъсирини кўрсатмоқда, шунингдек, маъмурий-ҳудудий бирликлар бўйича ерларнинг миқдорий ҳисобини юритишда муаммолар келтириб чиқармоқда.

Кейинги йилларда соҳага замонавий, инновацион (учувчисиз учиш қурилмалари, космик суратлардан фойдаланиш, махсус дастурлар ва ҳаказо.) технологияларнинг кириб келиши ер ҳисобини юритиш жараёнини анчагина осонлаштиришга ва натижаларини яхшилашга имкон берди. Шу билан бирга, республикада ер ислоҳотининг чуқурлашуви, ердан фойдаланувчи субъектлар ҳуқуқларининг турли-туманлиги, ердан фойдаланишга янги шаклларнинг кириб келаётганлиги ер ҳисобида аниқлик ва ҳаққонийликни таъминлаш, уни юритиш тизимига зарурий ўзгартиришлар киритиш заруриятини туғдирмоқда.

Ўзбекистон Республикаси Президенти томонидан 2020 йил 21 июль ва 15 октябрь кунлари кенгайтирилган тарзда ўтказилган йиғилишларда ерларни ҳисобга олиш ишлари етарли даражада ташкил этилмаганлиги, шу билан бирга, ҳудудларда ерларнинг ҳисобини ҳамда давлат ер кадастрини юритишда қатор муаммо ва камчиликлар мавжудлиги таъкидлаб ўтилган ва Кадастр агентлигининг асосий вазифалари этиб ерларнинг аниқ ҳисобини шакллантириш ва уларни Миллий геоахборот тизимида юритишни таъминлаш белгиланган.

Шунингдек, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 7 сентябрдаги “Ер ҳисоби ва давлат кадастрларини юритиш тизимини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-6061-сон ҳамда 2021 йил 8 июндаги “Ер муносабатларида тенглик ва шаффофликни таъминлаш, ерга бўлган ҳуқуқларни ишончли ҳимоя қилиш ва уларни бозор активига айлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-6243-сон Фармонларида ерларнинг аниқ ҳисобини юритишни ташкил этиш ва таъминлаш борасида тегишли ваколатли органларга бир қатор вазифалар белгилаб берилган. Хусусан, 2021 йил 1 январдан бошлаб ер тури, контури, чегараси ва ҳуқуқ эгалари ҳақидаги барча маълумотлар Кадастр агентлигининг онлайн геопорталига киритилиши, у эса Миллий геоахборот тизимига интеграция қилиниши, ер баланси ва унинг ҳисоботи, туман (шаҳар) ер кадастри дафтари фақат Миллий геоахборот тизимида юритилиши, Давлат кадастрлари ягона тизими Миллий геоахборот тизимида шакллантирилиши, тегишли давлат кадастрлари маълумотлари Миллий геоахборот тизимига фақат телекоммуникация тармоқлари орқали тўғридан-тўғри тақдим этиб борилиши белгилаб берилган.

Юқоридагилардан келиб чиққан ҳолда ҳамда ерларнинг миқдорий ҳисобини юритишнинг мавжуд ҳолатини тадқиқ қилиш асосида қайд қилиш зарурки, ер ҳисобини юритишнинг амалдаги тизимини қайта кўриб чиқиш, чуқур

таҳлил қилиш, ер ҳисобини тўғри, тўлиқ ва шаффоф ҳолда юритишни, биринчи галда, туман (шаҳар)ларнинг маъмурий чегаралари бўйича умумий майдонларидаги ўзгаришларни ҳамда уларнинг маъмурий чегарасидаги шаҳарча, қишлоқ ва овуллар ҳудуди бўйича ўтказилган хатлов натижаларини ер баланси (ҳисоботи)га олишнинг мақбул усулларини ишлаб чиқишни тақозо этади.

Ерларнинг миқдорий ҳисобини юритиш бўйича мавжуд ҳужжатларни таҳлил қилиш ҳамда соҳадаги амалий тажрибалардан келиб чиққан ҳолда ерларнинг миқдорий ҳисобини тўғри ва тўлиқ юритиш тизимини такомиллаштириш юзасидан қуйидаги таклифларни киритишни зарур деб ҳисоблаймиз:

1. Республикадаги мавжуд туманларнинг маъмурий чегараси доирасидаги туманга бўйсунувчи шаҳар, шаҳарчалар, қишлоқ (овул)лар ҳудудларини ташкил этиш ва белгилаш бўйича Қорақалпоғистон Республикаси Жўқорғи Кенгеси ва халқ депутатлари вилоят Кенгашларида қабул қилинган тегишли ҳужжатлар асосида туманларнинг маъмурий чегараси доирасидаги туманга бўйсунувчи шаҳар, шаҳарчалар, қишлоқ (овул)лар ҳудудлари ва уларнинг майдонлари бўйича ер балансини юритишни таъминлаш.

2. Туман (шаҳар)ларнинг маъмурий чегараларини белгилаш ишларини белгиланган тартибда бутунжаҳон координаталар тизимига(WGS-84) боғлаб амалга ошириш ишларини тўлиқ якунлаш ва аниқланган кўрсатгичларни туман (шаҳар)ларнинг ер балансига (ҳисоботига) қабул қилинишини таъминловчи тегишли норматив-ҳуқуқий ҳужжат ишлаб чиқиш ҳамда уни амалиётга жорий этиш бўйича зарурий чоралар белгилаш кечиктириб бўлмайдиган масалалардан биридир.

3. Туман (шаҳар)лар бўйича ер ресурсларининг хатловини якунлаш ва хатлов якунларини ер фондининг тоифалари, кичик тоифалари, ер турлари ҳамда шаҳарча, қишлоқ (овул)лар бўйича ер балансига (ҳисоботига) қабул қилинишининг мақбул услубиётини ишлаб чиқиш, шунингдек, ер баланси (ҳисоботи)ни ҳамда туман (шаҳар) ер кадастри дафтарини фақат Миллий геоахборот тизимида юритилишини ташкил этиш мақсадга мувофиқ бўлади.

Хулоса ва таклифлар.

Ерларнинг миқдорий ҳисобини юритиш бўйича бугунги кундаги мавжуд норматив-ҳуқуқий ҳужжатлар ва ер баланси (ҳисобот)ларини ўрганиш, таҳлил қилиш бўйича олиб борилган тадқиқотлар асосида хулоса қилиш мумкинки, юқорида ишлаб чиқилган таклифларни ерларнинг миқдорий ҳисобини юритиш амалиётига жорий этиш бу йўналишда бажарилаётган ишлар сифатини тубдан оширишга, ерларнинг миқдорий ҳисобини тўғри ва тўлиқ юритишни йўлга қўйишга, ер майдонларидан, жумладан, қишлоқ хўжалигига мўлжалланган ерлардан оқилона ва самарали фойдаланишни ташкил этишга ва уларни муҳофаза қилишга, шунингдек, ерларнинг миқдорий ҳисобини юритиш тизимини такомиллаштириб боришга, рақамли ер кадастрини яратиш ва юритишга ўзининг ижобий таъсирини кўрсатади, шу билан бирга, мамлакатимизда олиб

борилаётган ислоҳатларнинг тўлақонли амалга оширилишига хизмат қилади.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Ўзбекистон Республикасининг Конституцияси.
2. Ўзбекистон Республикасининг Ер кодекси.
3. Ўзбекистон Республикасининг давлат ер кадастри тўғрисидаги қонуни.
4. Ўзбекистон Республикасининг маъмурий-ҳудудий тузилиши тўғрисидаги қонуни.
5. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 7 сентябрдаги “Ер ҳисоби ва давлат кадастрларини юритиш тизимини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-6061-сон Фармони.
6. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2021 йил 8 июндаги “Ер муносабатларида тенглик ва шаффофликни таъминлаш, ерга бўлган ҳуқуқларни ишончли ҳимоя қилиш ва уларни бозор активига айлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-6243-сон Фармони.
7. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2018 йил 23 апрелдаги “Маъмурий-ҳудудий бирликлар чегараларини белгилаш, ер ресурсларини хатловдан ўтказиш ҳамда яйлов ва пичанзорларда геоботаник тадқиқотларни ўтказиш тартибини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 299-сонли қарори.
8. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2021 йил 22 июндаги “Давлат кадастрларини юритиш соҳасини тартибга солувчи айрим норматив-ҳуқуқий ҳужжатларни тасдиқлаш тўғрисида”ги 389-сонли қарори.
9. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2022 йил 14 январдаги “Қишлоқ хўжалигига мўлжалланган ерларда мониторинг ишларини амалга ошириш, ерларни муҳофаза қилиш ва ер тузиш фаолиятини тартибга солувчи норматив-ҳуқуқий ҳужжатларни тасдиқлаш тўғрисида”ги 22-сонли қарори.
10. Вазирлар Маҳкамасининг 2024 йил 4 мартдаги “Қишлоқ ҳўжалиги билан шуғулланувчи туманларнинг 2025-2030 йилларга мўлжалланган ер тузиш чизмаларини ишлаб чиқиш тўғрисида”ги 111-сон қарори.
11. Ўзбекистон Республикаси ер ресурсларининг ҳолати тўғрисидаги Миллий ҳисобот. - Тошкент: Кадастр агентлиги, 2025.
12. Рахимов В.Р., Бабажанов А.Р. Давлат кадастри асослари. Тошкент, ТТУ 2012.
13. Бобожонов А.Р. “Ер кадастри” Тошкент, ТИМИ, 2011 й.
14. Ўзбекистон Республикасининг ер фонди. - Тошкент: Кадастр агентлиги, 2025.

UDK: 528.46:004:351.853

MADANIY MEROS OBYEKTLARI DAVLAT KADASTRINI YURITISHDA MAVJUD MUAMMOLAR VA RIVOJLANISH TENDENSIYALARI

Sh.Y.Sattorov *- Buxoro davlat texnika universiteti "Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari" kafedrasi dotsenti, t.f.f.d., (PhD).*
M.Y.Bekmurodova *- Buxoro davlat texnika universiteti "Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari" kafedrasi tayanch doktoronti.*
M.B.Ro'ziyeva *- Buxoro davlat texnika universiteti magistrantii*
F.F.Jo'raqulov *- Buxoro davlat texnika universiteti talabasi*
shsattorov1993@mail.ru

Annotatsiya. *Mazkur mavzuda madaniy meros obyektlari davlat kadastrini yuritish jarayonida mavjud muammolar hamda ularning rivojlanish tendensiyalari ilmiy jihatdan tahlil qilinadi. Tadqiqotda kadastr tizimining institutsional, texnologik va axborot ta'minoti bilan bog'liq asosiy muammolar, jumladan ma'lumotlarning to'liqsizligi, raqamlashtirish darajasining pastligi, geoaxborot tizimlarining yetarli integratsiyalanmaganligi hamda ma'lumotlarni yangilashdagi uzilishlar yoritiladi. Shuningdek, sohada zamonaviy GIS texnologiyalarini joriy etish, 3D modellashtirish, masofadan zondlash ma'lumotlaridan foydalanish va raqamli kadastr platformalarini shakllantirish kabi rivojlanish tendensiyalari ilmiy asosda ko'rib chiqiladi. Tadqiqot natijalari madaniy meros obyektlarini muhofaza qilish va boshqarish samaradorligini oshirishga xizmat qiluvchi taklif va xulosalarni shakllantirishga qaratilgan.*

Kalit so'zlar: Madaniy meros, davlat kadastri, geoaxborot tizimlari (GIS), raqamlashtirish, ma'lumotlar bazasi, 3D modellashtirish, masofadan zondlash, kadastr axborot tizimi, geoma'lumotlar integratsiyasi, madaniy merosni muhofaza qilish.

Kirish. Bugungi kunda madaniy meros obyektlarini saqlash, muhofaza qilish va ulardan samarali foydalanish masalasi har bir davlatning ilmiy, madaniy hamda ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishida muhim o'rin tutadi. O'zbekiston Respublikasi ham boy tarixiy-me'moriy merosga ega mamlakat sifatida ushbu yo'nalishda keng ko'lamli islohotlarni amalga oshirmoqda. Shu nuqtayi nazardan, madaniy meros obyektlari davlat kadastrini yuritish tizimini takomillashtirish dolzarb ilmiy-amaliy vazifalardan biri hisoblanadi.

Madaniy meros obyektlari davlat kadastri ushbu obyektlar to'g'risidagi fazoviy va atributiv ma'lumotlarni tizimli ravishda yig'ish, saqlash, tahlil qilish va yangilab borishni ta'minlaydigan muhim axborot tizimi sifatida xizmat qiladi. Mazkur tizimning samaradorligi bevosita uning raqamlashtirilganlik darajasi, geoaxborot texnologiyalarining qo'llanilishi hamda ma'lumotlar bazasining to'liqligi va aniqligi bilan belgilanadi.

Biroq amaliyotda kadastr tizimini yuritishda bir qator muammolar mavjud bo'lib, ular orasida ma'lumotlarning fragmentarligi, turli idoralar o'rtasida integratsiyaning yetarli emasligi, geoaxborot tizimlaridan foydalanish darajasining

pastligi hamda ma’lumotlarni yangilash jarayonlaridagi sustkashliklarni ko‘rsatish mumkin. Ushbu muammolar madaniy meros obyektlarini samarali boshqarish va ularni muhofaza qilish jarayoniga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Shu bilan birga, sohada raqamli texnologiyalar, jumladan GIS, masofadan zondlash, 3D modellashtirish va raqamli kadastr platformalarini joriy etish tendensiyalari jadal rivojlanib bormoqda. Ushbu texnologiyalar kadastr tizimining aniqligini oshirish, ma’lumotlarni tezkor yangilash va qaror qabul qilish jarayonini optimallashtirish imkonini beradi.

Tadqiqotning asosiy maqsadi madaniy meros obyektlari davlat kadastrini yuritishdagi mavjud muammolarni aniqlash hamda ularning rivojlanish tendensiyalarini ilmiy asosda tahlil qilishdan iborat. Shuningdek, ushbu yo‘nalishda samaradorlikni oshirishga qaratilgan ilmiy-amaliy taklif va tavsiyalar ishlab chiqish ko‘zda tutiladi.

Material va metodlar: Mazkur tadqiqotda madaniy meros obyektlari davlat kadastrini yuritishda mavjud muammolar va rivojlanish tendensiyalarini o‘rganish maqsadida turli ilmiy, kartografik va geoaxborot manbalaridan foydalanildi. Tadqiqot materiallari sifatida madaniy meros obyektlariga oid davlat kadastri ma’lumotlari, normativ-huquqiy hujjatlar, arxiv materiallari, topografik xaritalar, sun’iy yo‘ldosh tasvirlari hamda ilmiy adabiyotlar tahlil qilindi. Shuningdek, madaniy meros obyektlarining texnik holati, muhofaza zonalari va ulardan foydalanish bilan bog‘liq ma’lumotlar o‘rganildi.

Tadqiqot jarayonida tizimli tahlil usuli qo‘llanilib, madaniy meros obyektlari davlat kadastrini yuritishdagi mavjud kamchiliklar va muammolar aniqlashtirildi. Jumladan, ma’lumotlarning yetarli darajada raqamlashtirilmaganligi, fazoviy ma’lumotlarning aniqlik darajasi pastligi, ma’lumotlar bazalarining o‘zaro integratsiyalashmaganligi hamda monitoring tizimlarining sust rivojlanganligi kabi muammolar tahlil qilindi.

Geoaxborot tizimlari (GIS) tadqiqotning asosiy metodlaridan biri sifatida foydalanildi. GIS texnologiyalari yordamida madaniy meros obyektlarining fazoviy ma’lumotlari qayta ishlanib, elektron xaritalar yaratildi. Fazoviy tahlil usullari orqali obyektlarning hududiy joylashuvi, muhofaza zonalari va ularga ta’sir etuvchi tabiiy hamda antropogen omillar o‘rganildi. ArcGIS va QGIS dasturiy vositalari yordamida ma’lumotlar bazasi shakllantirildi va tahliliy xaritalar ishlab chiqildi.

Masofadan zondlash metodlari yordamida madaniy meros obyektlarining hozirgi holati monitoring qilindi. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va aerokosmik suratlar asosida obyektlarning hududiy o‘zgarishlari, urbanizatsiya jarayonlari hamda ekologik omillarning ta’siri baholandi. Ushbu metod obyektlarning saqlanish holatini masofadan turib nazorat qilish imkonini berdi.

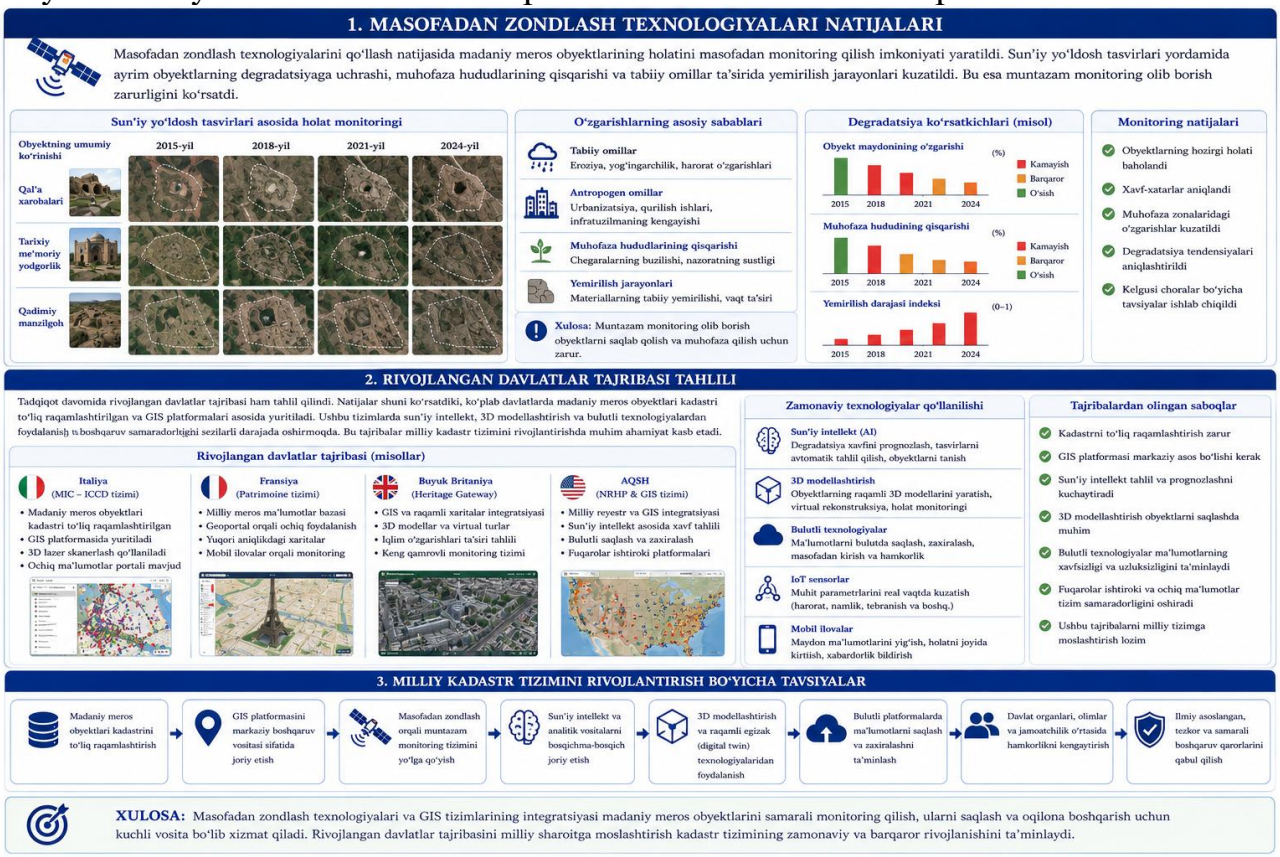
Tadqiqot davomida geodezik o‘lchov ishlari va dala kuzatuvlari ham amalga oshirildi. GPS va GNSS qurilmalari yordamida obyektlarning koordinatalari aniqlashtirildi hamda mavjud kadastr ma’lumotlari bilan solishtirildi. Dala kuzatuvlari natijasida ayrim obyektlarning texnik holati, saqlanish darajasi va infratuzilma bilan bog‘liq muammolari o‘rganildi.

Shuningdek, taqqoslash va statistik tahlil metodlari orqali xorijiy davlatlarning madaniy meros obyektlari kadastrini yuritish

tajribalari o‘rganildi. Rivojlangan davlatlarda qo‘llanilayotgan raqamli texnologiyalar, geoaxborot bazalari va monitoring tizimlari tahlil qilinib, ularni milliy kadastr tizimiga joriy etish imkoniyatlari baholandi.

Tadqiqotning metodologik asosini geoaxborot texnologiyalari, fazoviy tahlil, monitoring va ma’lumotlar integratsiyasi usullari tashkil etdi. Ushbu metodlar asosida madaniy meros obyektlari davlat kadastrini yuritishni takomillashtirish va uning rivojlanish tendensiyalarini aniqlash bo‘yicha ilmiy xulosalar ishlab chiqildi.

Natijalar va ularning tahlili: Tadqiqot natijalari madaniy meros obyektlari davlat kadastrini yuritish jarayonida bir qator tashkiliy, texnik va axborot bilan bog‘liq muammolar mavjudligini ko‘rsatdi. Aniqlanishicha, ko‘plab madaniy meros obyektlari haqidagi ma’lumotlar to‘liq raqamlashtirilmagan bo‘lib, ayrim obyektlarning fazoviy koordinatalari va texnik tavsiflari eskirgan holatda saqlanmoqda. Bu esa obyektlarni monitoring qilish, muhofaza etish va boshqarish samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda.



1-rasm. Masofadan zondlash texnologiyalaridan foydalanib madaniy meros obyektlarida qo‘llash natijalari

Tahlillar natijasida mavjud kadastr tizimlarida ma’lumotlar bazalarining o‘zaro integratsiyalashuvi yetarli darajada emasligi aniqlandi. Turli tashkilotlar tomonidan yuritilayotgan ma’lumotlar alohida shakllarda сақланиши sababli yagona axborot almashinuvi tizimi to‘liq shakllanmagan. Natijada madaniy meros obyektlari haqidagi ma’lumotlarni tezkor yangilash va tahlil qilishda qiyinchiliklar yuzaga kelmoqda.

GIS texnologiyalaridan foydalanish orqali madaniy meros obyektlarining elektron xaritalari yaratildi va ularning fazoviy joylashuvi aniqlashtirildi. Geoaxborot tizimlari

asosida amalga oshirilgan tahlillar obyektlarga urbanizatsiya, ekologik omillar va antropogen ta’sirlarning kuchayib borayotganini ko‘rsatdi. Ayniqsa, yirik shaharlardagi tarixiy obyektlar atrofida noqonuniy qurilishlar va infratuzilma bosimi ortib borayotgani aniqlangan.

Masofadan zondlash texnologiyalarini qo‘llash natijasida madaniy meros obyektlarining holatini masofadan monitoring qilish imkoniyati yaratildi. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari yordamida ayrim obyektlarning degradatsiyaga uchrashi, muhofaza hududlarining qisqarishi va tabiiy omillar ta’sirida yemirilish jarayonlari kuzatildi. Bu esa muntazam monitoring olib borish zarurligini ko‘rsatdi.

Tadqiqot davomida rivojlangan davlatlar tajribasi ham tahlil qilindi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, ko‘plab davlatlarda madaniy meros obyektlari kadastri to‘liq raqamlashtirilgan va GIS platformalari asosida yuritiladi. Ushbu tizimlarda sun’iy intellekt, 3D modellashtirish va bulutli texnologiyalardan foydalanish monitoring va boshqaruv samaradorligini sezilarli darajada oshirmoqda. Bu tajribalar milliy kadastr tizimini rivojlantirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Shuningdek, tadqiqot natijalari madaniy meros obyektlari davlat kadastrini rivojlantirishning asosiy tendensiyalarini aniqlash imkonini berdi. Jumladan, kadastr tizimlarini to‘liq raqamlashtirish, ko‘p qatlamli geoaxborot bazalarini yaratish, mobil monitoring tizimlarini joriy etish hamda masofadan zondlash texnologiyalaridan keng foydalanish ustuvor yo‘nalishlar sifatida belgilandi.

Tahlillar asosida geoaxborot texnologiyalarini keng joriy etish madaniy meros obyektlarini boshqarish samaradorligini oshirishi, ma’lumotlar aniqligini yaxshilashi va obyektlarni muhofaza qilish tizimini takomillashtirishga xizmat qilishi aniqlandi. Shu bilan birga, yagona elektron ma’lumotlar bazasini yaratish davlat organlari va mutaxassislar o‘rtasida axborot almashinuvini tezlashtirish imkonini beradi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari madaniy meros obyektlari davlat kadastrini yuritishda zamonaviy GIS va raqamli texnologiyalarni joriy etish mavjud muammolarni bartaraf etish hamda tizimning samaradorligini oshirishning asosiy yo‘nalishlaridan biri ekanligini ko‘rsatdi.

Xulosalar: Madaniy meros obyektlari davlat kadastrini yuritish tizimi tarixiy va madaniy obyektlarni muhofaza qilish, monitoring qilish hamda ulardan oqilona foydalanishda muhim ahamiyatga ega hisoblanadi. Tadqiqot natijalari ushbu tizimda ma’lumotlarning to‘liq raqamlashtirilmaganligi, fazoviy ma’lumotlar aniqligining yetarli emasligi, ma’lumotlar bazalarining o‘zaro integratsiyalashmaganligi va monitoring jarayonlarining sustligi kabi bir qator muammolar mavjudligini ko‘rsatdi.

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, geoaxborot tizimlari (GIS), masofadan zondlash texnologiyalari va raqamli kartografiya vositalarini keng joriy etish mavjud muammolarni bartaraf etishning samarali yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu texnologiyalar yordamida madaniy meros obyektlarining fazoviy joylashuvi, texnik holati va muhofaza zonalarini aniq monitoring qilish imkoniyati kengayadi.

Shuningdek, ko‘p qatlamli geoaxborot bazalarini yaratish va yagona elektron kadastr tizimini shakllantirish davlat organlari hamda mutaxassislar o‘rtasida axborot almashinuvini tezlashtiradi. Bu esa

boshqaruv qarorlarini qabul qilish samaradorligini oshirib, madaniy meros obyektlarini saqlash va restavratsiya qilish jarayonlarini ilmiy asosda tashkil etishga xizmat qiladi.

Tadqiqot davomida rivojlangan davlatlar tajribasi o‘rganilib, raqamlashtirish, 3D modellashtirish, sun’iy intellekt va bulutli texnologiyalarni qo‘llash madaniy meros obyektlari kadastrini rivojlantirishning istiqbolli yo‘nalishlari ekanligi aniqlandi. Kelgusida ushbu texnologiyalarni milliy kadastr tizimiga integratsiyalash madaniy meros obyektlarini samarali boshqarish va muhofaza qilish imkoniyatlarini yanada kengaytiradi.

Umuman olganda, madaniy meros obyektlari davlat kadastrini zamonaviy geoaxborot va raqamli texnologiyalar asosida takomillashtirish tarixiy-madaniy boyliklarni saqlash, ularni kelajak avlodlarga yetkazish hamda davlat kadastri tizimining barqaror rivojlanishini ta’minlashning muhim omili hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021 yil 19 iyundagi PQ-5150-sonli moddiy madaniy meros ob’ektlarini muhofaza qilish sohasidagi faoliyatni tubdan takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risidagi qarori
3. O‘zbekiston Respublikasining yer kodeksi
4. Sattorov Sh Y, Ahmadov S O, Akhtamov S A 2021 Mechanisms of rice growing and rice development in Uzbekistan online-conferences 5 183
5. Sattorov Sh Y 2020 Use of aerocosmic methods and gis programs in construction of space data models of pastural land Current scientific research in the modern world
6. https://lex.uz/acts/25461

UDK 628.4:504.06:528.44

MAISHIY CHIQINDILAR POLIGONLARINI JOYLASHTIRISHDA EKOLOGIK, SANITARIYA VA KADASTR TALABLARINING ILMIY-METODOLOGIK ASOSLARI

Akbar Nosirov *- Buxoro davlat texnika universiteti, “Yer resurslarni boshqarish va foydalanish” ta’lim yo‘nalishi magistranti*

hajdarruzimurodov@gmail.com

F.Sh.Xudoyberdiyev *- Buxoro davlat texnika universiteti “Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari” kafedrasi professori, t.f.f.d., (PhD).*

Annotatsiya. *Mazkur maqolada maishiy chiqindilar poligonlarini joylashtirishda ekologik, sanitariya va kadastr talablarini kompleks hisobga olishning ilmiy-metodologik asoslari yoritilgan. Chiqindi poligonlari uzoq muddatli ekologik ta’sirga ega obyektlar qatoriga kirgani sababli ularni joylashtirishda faqat bo‘sh yer maydonining mavjudligi yoki transport qulayligi yetarli mezon bo‘la olmaydi. Tadqiqotda poligon joylashuvini asoslashda yer fondining huquqiy maqomi, aholi punktlariga nisbatan sanitariya masofasi, grunt suvlari sathi, relyef nishabligi, tuproqning filtratsion xususiyati, shamol yo‘nalishi, suv obyektlariga yaqinlik va hududiy rejalashtirish*

hujjatlari o‘zaro bog‘liq tizim sifatida qaralishi zarurligi asoslangan. Shuningdek, yer kadastri, yer monitoringi va geografik axborot tizimlari ma’lumotlarini integratsiyalash orqali poligon joylashtirish qarorlarini subyektiv yondashuvdan ilmiy asoslangan fazoviy baholash bosqichiga o‘tkazish imkoniyati tahlil qilingan. Maqolada GAT va ko‘p mezonli baholash metodologiyasi, xususan AHP yondashuvi, poligon joylashuvi uchun mezonlar ustuvorligini aniqlashda samarali vosita sifatida ko‘rib chiqiladi.

Kalit so‘zlar: *maishiy chiqindilar, chiqindi poligoni, ekologik talab, sanitariya himoya zonasi, yer kadastri, yer monitoringi, GAT, AHP, ko‘p mezonli baholash, hududiy rejalashtirish.*

Аннотация. *В данной статье освещены научно-методологические основы комплексного учета экологических, санитарных и кадастровых требований при размещении полигонов твердых бытовых отходов. Поскольку полигоны отходов относятся к объектам с долгосрочным экологическим воздействием, наличие свободного земельного участка или транспортная доступность не могут рассматриваться как достаточные критерии для их размещения. В исследовании обоснована необходимость рассмотрения правового статуса земельного фонда, санитарного расстояния до населенных пунктов, уровня грунтовых вод, уклона рельефа, фильтрационных свойств почвы, направления ветра, близости к водным объектам и документов территориального планирования как взаимосвязанной системы при выборе места размещения полигона. Также проанализирована возможность перехода от субъективного подхода к научно обоснованной пространственной оценке путем интеграции данных земельного кадастра, мониторинга земель и географических информационных систем. В статье методология ГИС и многокритериальной оценки, в частности подход AHP, рассматривается как эффективный инструмент определения приоритетности критериев при выборе места размещения полигона.*

Ключевые слова*: твердые бытовые отходы, полигон отходов, экологические требования, санитарно-защитная зона, земельный кадастр, мониторинг земель, ГИС, AHP, многокритериальная оценка, территориальное планирование.*

Abstract. *This article highlights the scientific and methodological foundations for the comprehensive consideration of environmental, sanitary and cadastral requirements in the siting of municipal solid waste landfills. Since waste landfills are objects with long-term environmental impacts, the availability of vacant land or transport accessibility alone cannot be considered sufficient criteria for their location. The study substantiates the need to consider the legal status of land resources, sanitary distance from settlements, groundwater level, terrain slope, soil filtration properties, wind direction, proximity to water bodies and territorial planning documents as an interconnected system when justifying landfill location. The article also analyzes the possibility of shifting landfill siting decisions from a subjective approach to a scientifically based spatial assessment through the*

integration of land cadastre, land monitoring and geographic information system data. GIS and multi-criteria assessment methodology, particularly the AHP approach, are considered as effective tools for determining the priority of criteria in landfill site selection.

Keywords: *municipal solid waste, waste landfill, environmental requirements, sanitary protection zone, land cadastre, land monitoring, GIS, AHP, multi-criteria assessment, territorial planning*.

Kirish. Bugungi kunda maishiy chiqindilarni boshqarish masalasi ekologik xavfsizlik, aholi salomatligi, yer resurslaridan oqilona foydalanish va hududiy rejalashtirish tizimi bilan bevosita bog‘liq bo‘lgan dolzarb ilmiy-amaliy muammolardan biri hisoblanadi. Aholi sonining o‘sishi, urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi, iste’mol hajmining ortishi hamda turmush tarzining o‘zgarishi maishiy chiqindilar miqdorining ko‘payishiga sabab bo‘lmoqda. Jahon bankining “What a Waste 2.0” hisobotida ham chiqindilar hajmi urbanizatsiya va iqtisodiy rivojlanish bilan birga ortib borayotgani qayd etilgan [8]. Shu jihatdan chiqindilarni yig‘ish, tashish, saralash, qayta ishlash va xavfsiz joylashtirish jarayonlarini ilmiy asosda tashkil etish zarurati kuchaymoqda.

Maishiy chiqindilar poligonini joylashtirish masalasi oddiy texnik yoki tashkiliy vazifa emas. Poligon joylashuvi noto‘g‘ri tanlansa, bu yer osti va yer usti suvlarining ifloslanishi, tuproq degradatsiyasi, atmosfera havosiga metan va boshqa zararli gazlarning ajralishi, aholi yashash muhiti sifatining pasayishi hamda sanitariya-epidemiologik xavflarning ortishiga olib kelishi mumkin [2, 3, 9]. Ayniqsa, quruq iqlimli, shamol faolligi yuqori va grunt suvlari sathi ayrim hududlarda yuzaga yaqin bo‘lgan mintaqalarda poligon joylashtirish qarori yanada chuqurroq tahlilni talab qiladi.

O‘zbekiston Respublikasida yer resurslaridan foydalanish, atrof-muhitni muhofaza qilish, chiqindilar bilan bog‘liq munosabatlarni tartibga solish va aholining sanitariya-epidemiologik osoyishtaligini ta’minlash bo‘yicha muhim normativ-huquqiy asoslar mavjud [1; 4]. Biroq amaliyotda chiqindi poligonlari uchun yer tanlash jarayoni har doim ham ekologik, sanitariya va kadastr mezonlarining yagona baholash tizimi asosida amalga oshirilmaydi. Ayrim hollarda transport qulayligi yoki mavjud bo‘sh yer maydoni asosiy mezon sifatida olinadi, bu esa uzoq muddatli ekologik xavflarni yetarlicha hisobga olmaslikka olib keladi.

Shu sababli maishiy chiqindilar poligonlarini joylashtirishda ekologik, sanitariya va kadastr talablarini alohida-alohida emas, balki o‘zaro bog‘langan yagona metodologik tizim sifatida ko‘rib chiqish zarur. Bunda yer kadastri yer uchastkasining huquqiy maqomi va chegaralarini aniqlasa, yer monitoringi uning ekologik holatini baholaydi, geografik axborot tizimlari esa ushbu ma’lumotlarni fazoviy qatlamlar ko‘rinishida birlashtirib, optimal joylashuvni aniqlashga xizmat qiladi [6, 10, 11].

Tadqiqotning maqsadi va metodologik yondashuvi. Mazkur maqolaning maqsadi maishiy chiqindilar poligonlarini joylashtirishda ekologik, sanitariya va kadastr talablarini ilmiy-metodologik jihatdan asoslash, ularning o‘zaro bog‘liqligini ochib berish hamda GAT va ko‘p mezonli baholash usullari asosida poligon joylashuvini tanlash yondashuvini takomillashtirishdan iborat.

Tadqiqotda tizimli tahlil, qiyosiy tahlil, normativ-huquqiy tahlil, ko‘p mezonli baholash, kartografik yondashuv va GAT asosidagi fazoviy tahlil metodlari asosiy metodologik tayanch sifatida qaraldi. Ko‘p mezonli baholash jarayonida Analitik ierarxiya jarayoni - AHP usuli muhim ahamiyatga ega bo‘lib, u turli mezonlarning nisbiy ustuvorligini aniqlashda keng qo‘llaniladi [12]. GAT asosidagi ko‘p mezonli qaror qabul qilish esa ekologik, ijtimoiy, iqtisodiy va hududiy omillarni yagona fazoviy modelda baholash imkonini beradi [13, 14].

Maishiy chiqindilar poligonini joylashtirishning ekologik talablari. Ekologik talablar poligon joylashtirish jarayonining eng muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Chunki poligonlar uzoq muddat davomida tuproq, atmosfera havosi, yer osti va yer usti suvlariga bevosita yoki bilvosita ta’sir ko‘rsatadi. Poligonda organik chiqindilar parchalanishi natijasida metan, karbonat angidrid va boshqa gazlar ajraladi. IPCC metodik hujjatlarida qattiq chiqindilarni joylashtirish joylari metan emissiyasi manbalaridan biri sifatida ko‘rsatilgan [9]. Demak, poligon joylashuvi nafaqat mahalliy ekologik xavfsizlik, balki atmosfera ifloslanishi va issiqxona gazlari emissiyasi nuqtai nazaridan ham baholanishi kerak.

Ekologik talablar ichida eng asosiylaridan biri grunt suvlari sathidir. Agar poligon grunt suvlari yuzaga yaqin joylashgan hududda barpo etilsa, filtrat tarkibidagi ifloslantiruvchi moddalar suv qatlamlariga o‘tishi mumkin. Bu esa ichimlik va xo‘jalik ehtiyojlari uchun foydalaniladigan suv resurslari sifatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shuning uchun poligon joylashtirishda grunt suvlari chuqurligi, yer osti suvlarining oqim yo‘nalishi, tuproqning suv o‘tkazuvchanlik darajasi va tabiiy drenaj sharoitlari alohida baholanishi zarur [15, 16].

Ikkinchi muhim ekologik mezon - tuproqning filtratsion xususiyatidir. Loyli va kam suv o‘tkazuvchi tuproq qatlamlari filtrat tarqalishini sekinlashtirishi mumkin, qumli va yengil mexanik tarkibli tuproqlar esa ifloslantiruvchi moddalar migratsiyasini tezlashtiradi. Shu sababli tuproq qatlami faqat agronomik nuqtai nazardan emas, balki ekologik to‘siq vazifasini bajarish salohiyati bo‘yicha ham baholanishi lozim.

Uchinchi mezon relyef va nishablik bilan bog‘liq. Nishabligi yuqori hududlarda yog‘in suvlari orqali ifloslangan oqimlarning pastki zonalarga siljish xavfi ortadi. Shu sababli poligonlar uchun nisbatan tekis, suv oqimlari nazorat qilinishi mumkin bo‘lgan, eroziya xavfi past hududlar maqbul hisoblanadi. Relyef, suv oqimlari yo‘nalishi va tuproq filtratsiyasi o‘zaro bog‘liq bo‘lgani sababli ular birgalikda baholanishi kerak.

Ekologik talablarning yana bir muhim qismi suv obyektlariga nisbatan masofadir. Poligonlar daryo, kanal, ko‘l, kollektor-drenaj tarmoqlari va suv muhofaza zonalariga yaqin joylashtirilsa, filtrat yoki yuzaki oqim orqali suv resurslari ifloslanishi ehtimoli ortadi. Shu bois xalqaro amaliyotda ham poligon joylashtirishda suv obyektlari, yer osti suvlari, geologik sharoitlar va landshaft sezgirligi asosiy cheklovchi omillar sifatida qaraladi [15; 16; 17].

Sanitariya talablarining metodologik ahamiyati. Sanitariya talablari poligon joylashuvining aholi salomatligiga ta’sirini cheklashga qaratilgan. Chiqindi poligoni aholi punktlariga haddan tashqari yaqin

joylashsa, hid, chang, gaz, shovqin, transport harakati, kemiruvchilar va epidemiologik xavflar kuchayishi mumkin. O‘zbekiston Respublikasining “Aholining sanitariya-epidemiologik osoyishtaligi to‘g‘risida”gi Qonunida yashash muhiti omillarining inson salomatligiga zararli ta’sirini oldini olish masalasi alohida huquqiy asos sifatida belgilangan [4].

Sanitariya talablarining asosiy elementi sanitariya himoya zonasi hisoblanadi. Sanitariya himoya zonasi poligon va aholi yashash hududlari o‘rtasida xavfsiz masofani ta’minlaydi. Biroq bu masofani faqat standart ko‘rsatkich sifatida emas, balki hududning tabiiy-iqlim sharoiti bilan bog‘liq holda belgilash maqsadga muvofiq. Masalan, shamol tezligi yuqori bo‘lgan hududlarda chang va gazlarning tarqalish radiusi kengayadi. Shuning uchun shamol yo‘nalishi, shamolning takrorlanish chastotasi va ustuvor yo‘nalishdagi aholi punktlari joylashuvi sanitariya zonalarini belgilashda asosiy mezonlardan biri bo‘lishi kerak.

Sanitariya-himoya zonasi poligon va aholi yashash hududlari o‘rtasida xavfsiz masofani ta’minlovchi muhim hududiy cheklov hisoblanadi. Biroq bu zona faqat aylana shaklidagi standart masofa sifatida emas, balki hududning tabiiy-iqlim sharoiti, xususan shamol yo‘nalishi va tezligi bilan bog‘liq holda baholanishi lozim (1-rasm).



1-rasm. Poligon atrofida sanitariya-himoya zonasi va shamol yo‘nalishi bo‘yicha kengaytirilgan xavf sektori

Sanitariya-himoya zonasini to‘g‘ri belgilash ekologik xavflarni kamaytiradi, biroq poligon joylashuvini to‘liq asoslash uchun bu yetarli emas. Tanlanayotgan hududning grunt suvlari, suv obyektlariga yaqinligi, relyef nishabligi, yer toifasi va transport infratuzilmasi ham birgalikda baholanishi kerak. Bunday ko‘p omilli masalani hal qilishda GAT va AHP usullaridan foydalanish ilmiy jihatdan asoslangan yondashuv hisoblanadi.

Sanitariya talablarini ekologik talablar bilan bog‘lamasdan turib to‘liq baholab bo‘lmaydi. Masalan, yuqori harorat organik chiqindilarning parchalanishini tezlashtiradi, bu esa gaz ajralishini kuchaytiradi. Shamol ushbu gaz va hidlarning tarqalish hududini kengaytiradi. Demak, harorat, shamol va aholi punktigacha bo‘lgan masofa yagona sanitariya-ekologik xavf zanjirini tashkil etadi. Bu holat poligon joylashuvi qarorini oddiy masofa mezoni bilan emas, balki

fazoviy xavf modeliga tayangan holda qabul qilishni talab etadi [10; 15; 18].

Sanitariya talablarida transport omili ham muhim o‘rin tutadi. Chiqindi tashuvchi maxsus transport vositalarining aholi punktlari ichidan o‘tishi shovqin, hid, yo‘l yuklamasi va xavfsizlik bilan bog‘liq muammolarni keltirib chiqarishi mumkin. Shu sababli poligon joylashuvi transport yo‘llariga nisbatan qulay bo‘lishi, biroq aholi punktlari ichki yo‘l tarmoqlariga ortiqcha yuklama bermasligi lozim.

Kadastr talablari va yer uchastkasining huquqiy maqomi. Kadastr talablari poligon joylashtirishning huquqiy, fazoviy va mulkiy asoslarini belgilaydi. Yer uchastkasining chegarasi, maydoni, yer fondi toifasi, maqsadli foydalanish turi, mavjud cheklovlar, servitutlar, muhofaza zonalari va boshqa huquqiy ma’lumotlar aniqlanmasdan turib poligon joylashtirish bo‘yicha asosli qaror qabul qilib bo‘lmaydi.

O‘zbekiston Respublikasining Yer kodeksida yerdan oqilona foydalanish, uni muhofaza qilish va yer munosabatlarini tartibga solish asosiy vazifalardan biri sifatida belgilangan [1]. “Davlat yer kadastri to‘g‘risida”gi Qonun esa yer uchastkalari bo‘yicha ma’lumotlarni hisobga olish, baholash va ulardan foydalanishni axborot bilan ta’minlashga xizmat qiladi [5]. Demak, poligon joylashtirishda kadastr ma’lumotlari faqat ma’lumotnoma vazifasini emas, balki qaror qabul qilishning huquqiy-fazoviy asosi vazifasini bajaradi.

Kadastr nuqtai nazaridan poligon joylashtirishda quyidagi savollarga aniq javob berilishi kerak: tanlanayotgan yer uchastkasi qaysi yer toifasiga kiradi; uning maqsadli foydalanish turi poligon qurilishi bilan mos keladimi; hududda suv muhofaza zonasi, muhandislik kommunikatsiyalari, qishloq xo‘jaligi yerlariga oid cheklovlar yoki boshqa servitutlar mavjudmi; yer uchastkasi hududiy rejalashtirish hujjatlariga zid emasmi; kelajakda uning rekultivatsiya qilinishi va xo‘jalik aylanishiga qaytarilishi mumkinmi?

Bu savollar poligon joylashtirish qarorining huquqiy barqarorligini belgilaydi. Agar yer uchastkasining huquqiy maqomi to‘liq aniqlanmasa, kelajakda yer nizolari, ekologik ekspertiza jarayonidagi rad etishlar yoki loyiha qiymatining oshishi yuzaga kelishi mumkin. Shu bois kadastr talablari ekologik va sanitariya talablarini to‘ldiruvchi emas, balki ular bilan teng darajadagi asosiy metodologik blok sifatida qaralishi lozim.

Yer monitoringi va GAT asosida ko‘p mezonli baholash zarurati. Yer monitoringi poligon joylashtirish uchun tanlanayotgan hududning mavjud ekologik holatini aniqlash imkonini beradi. O‘zbekiston Respublikasida yer monitoringi yer fondidagi o‘zgarishlarni o‘z vaqtida aniqlash, yer holatiga baho berish, salbiy jarayonlarning oldini olish va oqibatlarini bartaraf etish maqsadida tashkil etilishi belgilangan [6]. Bu yondashuv poligon joylashtirishda faqat statik kadastr ma’lumotlari bilan cheklanmasdan, yerning dinamik ekologik holatini ham hisobga olishni talab qiladi.

GAT texnologiyalari esa kadastr, monitoring, ekologik va sanitariya ma’lumotlarini yagona fazoviy tizimda birlashtirish imkonini beradi. Masalan, suv obyektlari, aholi punktlari, yo‘llar, qishloq xo‘jaligi yerlari, relyef, nishablik, grunt suvlari, tuproq turlari va shamol yo‘nalishi alohida qatlamlar sifatida shakllantiriladi. Keyin ushbu qatlamlar standartlashtiriladi, qayta tasniflanadi va ko‘p mezonli baholash asosida moslik xaritasi ishlab chiqiladi.

AHP usuli bu jarayonda mezonlarning ustuvorligini aniqlashga xizmat qiladi. Masalan, grunt suvlari chuqurligi, aholi punktigacha masofa, suv obyektlariga yaqinlik, yer toifasi, transport infratuzilmasi va relyef nishabligi bir xil darajada ta'sir qilmaydi. AHP orqali har bir mezonning nisbiy og'irligi aniqlanadi va yakuniy moslik indeksi hisoblanadi [12; 14]. Kontos va boshqalar tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda poligon joylashuvini aniqlashda GAT, ko'p mezonli tahlil va fazoviy statistik metodlarning birgalikda qo'llanishi samarali yondashuv sifatida asoslangan [15].

Shu jihatdan poligon joylashtirish metodologiyasi quyidagi 1-jadavalda ketma-ket bosqichlarga asoslanishi mumkin:

1-jadaval

Bosqich	Mazmuni	Kutiladigan natija
1-bosqich	Ekologik, sanitariya va kadastr mezonlarini tanlash	Baholash mezonlari tizimi shakllanadi
2-bosqich	Har bir mezon bo'yicha fazoviy ma'lumotlarni yig'ish	GAT qatlamlari yaratiladi
3-bosqich	Mezonlarni standartlashtirish va qayta tasniflash	Har bir qatlam yagona baholash shkalasiga keltiriladi
4-bosqich	AHP asosida mezonlar og'irligini aniqlash	Ustuvor mezonlar belgilanadi
5-bosqich	Vaznli ustma-ust qo'yish orqali moslik indeksini hisoblash	Mos va nomaqbul hududlar ajratiladi
6-bosqich	Kadastr-huquqiy va ekologik ekspertiza bilan tekshirish	Yakuniy optimal hudud asoslanadi

Ushbu bosqichlar poligon joylashtirishda qaror qabul qilish jarayonini tizimli, shaffof va ilmiy asoslangan shaklga keltiradi. Eng muhimi, ekologik xavf, sanitariya masofasi va yer-huquqiy cheklovlar bir-biridan ajratilmaydi, balki yagona qaror qabul qilish modeli tarkibida baholanadi.

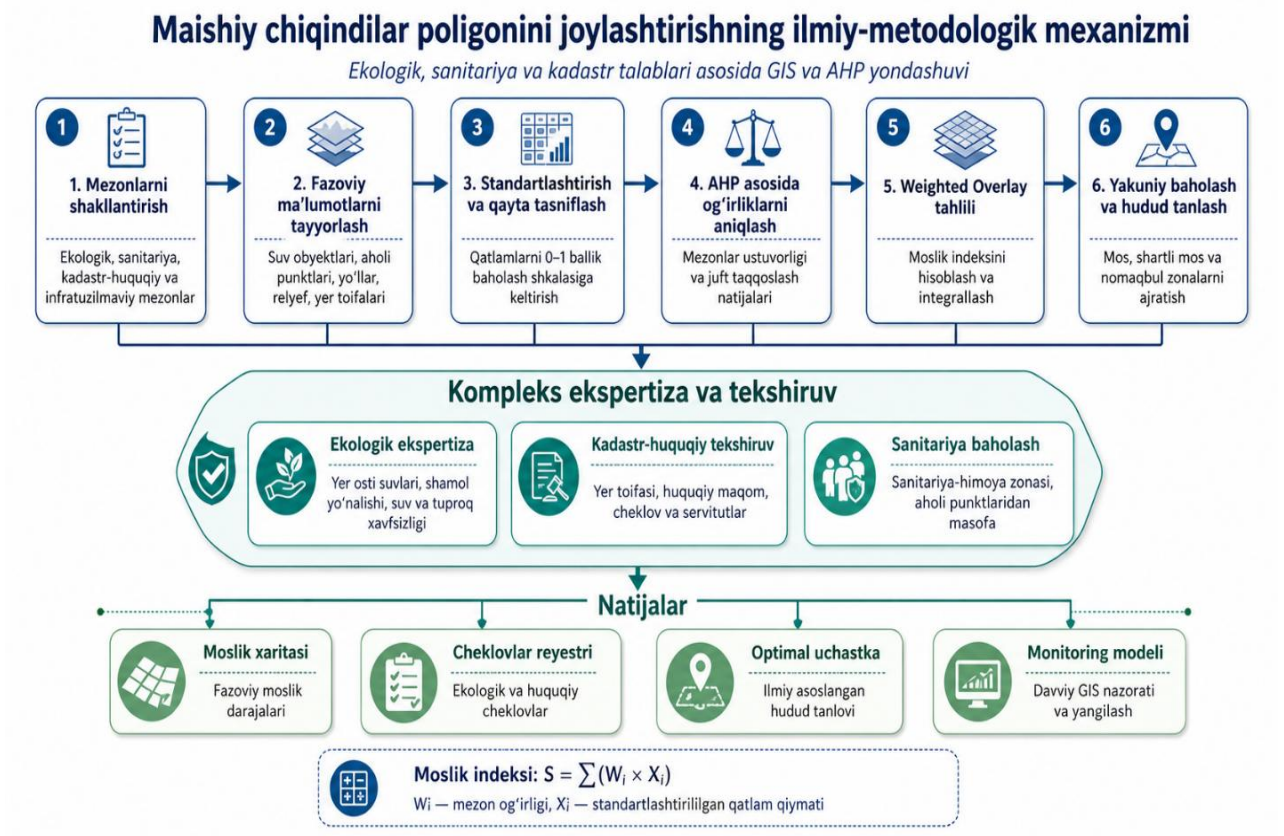
Ekologik, sanitariya va kadastr talablarining o'zaro bog'liqligi. Maishiy chiqindilar poligonini joylashtirishda ekologik, sanitariya va kadastr talablarining har biri alohida ahamiyatga ega bo'lsa-da, ular yakka holda to'liq natija bermaydi. Ekologik talablar hududning tabiiy barqarorligini baholaydi, sanitariya talablar aholi salomatligini himoya qiladi, kadastr talablar esa yer uchastkasidan huquqiy va maqsadli foydalanishni ta'minlaydi. Ularning integratsiyasi poligon joylashuvi bo'yicha optimal qaror qabul qilishning asosiy shartidir.

Masalan, hudud ekologik jihatdan maqbul bo'lishi mumkin, lekin u qishloq xo'jaligi uchun yuqori qiymatga ega yer toifasiga kirsa yoki hududiy rejalashtirish hujjatlariga zid bo'lsa, bunday joy poligon uchun mos hisoblanmaydi. Aksincha, yer kadastri jihatidan bo'sh yoki zaxira yer bo'lgan maydon ekologik jihatdan xavfli — grunt suvlari yaqin, suv obyektlariga tutash yoki shamol yo'nalishi aholi punktlari tomon bo'lsa, bunday hudud ham maqbul variant bo'la olmaydi. Shuningdek, transport jihatidan qulay

hudud sanitariya masofasi talablariga javob bermasa, u aholining yashash muhiti sifatiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

Shu sababli poligon joylashtirish metodologiyasida “eng qulay yer” tushunchasi “eng xavfsiz va kompleks mos hudud” tushunchasi bilan almashtirilishi zarur. Bu yondashuv chiqindilarni boshqarishning integratsiyalashgan konsepsiyasiga mos keladi [11]. Yevropa Ittifoqining poligonlar bo‘yicha direktivasida ham chiqindilarni joylashtirishda atrof-muhitga salbiy ta’sirni kamaytirish, suv, tuproq va havo muhofazasini ta’minlash asosiy vazifalardan biri sifatida belgilangan [7].

Poligon joylashtirishda ekologik, sanitariya va kadastr mezonlarini yagona tizimda baholash ko‘p mezonli fazoviy tahlilni talab qiladi. Bunda GAT texnologiyalari hududiy ma’lumotlarni qatlamlar ko‘rinishida birlashtiradi, AHP usuli esa mezonlarning nisbiy ustuvorligini aniqlash imkonini beradi. Dissertatsiyada ham yer kadastri ma’lumotlari, yer monitoringi natijalari va GAT imkoniyatlarini integratsiyalash orqali optimal hududni aniqlash zarurligi asoslangan (2-rasm).



2-rasm. GAT va AHP asosida poligon joylashtirishni baholash algoritmi

2-rasmda maishiy chiqindilar poligonini joylashtirish uchun ko‘p mezonli fazoviy baholashning metodologik ketma-ketligi ko‘rsatilgan. Dastlab ekologik, sanitariya va kadastr mezonlari shakllantiriladi. Keyingi bosqichda suv obyektlari, aholi punktlari, yo‘llar, relyef, nishablik va yer toifalari bo‘yicha fazoviy qatlamlar tayyorlanadi. Ushbu qatlamlar yagona baholash shkalasiga keltirilib, AHP usuli yordamida ularning og‘irlik koeffitsientlari aniqlanadi. So‘ngra

vaznli ustma-ust qo‘yish orqali moslik indeksi hisoblanadi va hududlar mos, shartli mos hamda nomaqbul zonalarga ajratiladi.

Mazkur algoritm poligon joylashtirish qarorini subyektiv tanlovdan ilmiy asoslangan fazoviy baholash jarayoniga o‘tkazadi. Natijada yer uchastkasining faqat mavjudligi emas, balki uning ekologik xavfsizligi, sanitariya talablariga mosligi, kadastr-huquqiy maqomi va hududiy rejalashtirish hujjatlari bilan uyg‘unligi kompleks baholanadi. Shu jihatdan GAT va AHP asosidagi yondashuv maishiy chiqindilar poligonlarini joylashtirishda zamonaviy ilmiy-metodologik asos sifatida qaraladi.

Xulosa. Maishiy chiqindilar poligonlarini joylashtirishda ekologik, sanitariya va kadastr talablarini kompleks baholash hududiy ekologik xavfsizlikni ta’minlashning asosiy sharti hisoblanadi. Poligon joylashuvi faqat bo‘sh yer maydoni yoki transport qulayligi asosida emas, balki yer uchastkasining huquqiy maqomi, tabiiy-iqlim sharoiti, grunt suvlari sathi, suv obyektlariga yaqinlik, relyef nishabligi, tuproq filtratsiyasi, shamol rejimi va aholi punktlariga nisbatan sanitariya masofasi asosida tanlanishi kerak.

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, ekologik talablar poligonning tabiiy muhitga ta’sirini cheklasa, sanitariya talablar aholi salomatligini himoya qiladi, kadastr talablar esa yer resurslaridan qonuniy va maqsadli foydalanishni ta’minlaydi. Ushbu uch talab guruhi alohida emas, balki yagona ko‘p mezonli fazoviy baholash tizimida qo‘llangandagina optimal natijaga erishish mumkin.

Yer kadastri, yer monitoringi va GAT texnologiyalarining integratsiyasi poligon joylashtirish jarayonida subyektiv qarorlarni kamaytiradi, hududiy cheklovlarni aniq ko‘rsatadi va moslik darajasini kartografik asosda baholash imkonini beradi. AHP usuli esa mezonlar ustuvorligini aniqlashda ilmiy asoslangan yondashuvni ta’minlaydi. Shu bois maishiy chiqindilar poligonlarini joylashtirishda ekologik, sanitariya va kadastr talablarini integratsiyalashgan metodologiya asosida qo‘llash hududiy rejalashtirish, atrof-muhitni muhofaza qilish va yer resurslaridan oqilona foydalanish samaradorligini oshiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasining Yer kodeksi. 1998-yil 30-aprel. Lex.uz.
2. O‘zbekiston Respublikasining “Tabiatni muhofaza qilish to‘g‘risida”gi Qonuni. 1992-yil 9-dekabr, 754-XII-son. Lex.uz.
3. O‘zbekiston Respublikasining “Chiqindilar to‘g‘risida”gi Qonuni. 2002-yil 5-aprel, 362-II-son. Lex.uz.
4. O‘zbekiston Respublikasining “Aholining sanitariya-epidemiologik osoyishtaligi to‘g‘risida”gi Qonuni. 2015-yil 26-avgust, O‘RQ-393-son. Lex.uz.
5. O‘zbekiston Respublikasining “Davlat yer kadastri to‘g‘risida”gi Qonuni. 1998-yil 28-avgust, 666-I-son. Lex.uz.
6. O‘zbekiston Respublikasida yer monitoringi to‘g‘risidagi nizom. Lex.uz.
7. Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste. Official Journal of the European Communities.
8. Kaza S., Yao L., Bhada-Tata P., Van Woerden F. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Washington, DC: World Bank, 2018.
9. IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste. Chapter 3: Solid Waste Disposal. IGES, Japan, 2006.

10. ISO 19152:2012. Geographic information - Land Administration Domain Model (LADM). International Organization for Standardization.
11. Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S.A. Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues. New York: McGraw-Hill, 1993.
12. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. New York: McGraw-Hill, 1980.
13. Malczewski J. GIS and Multicriteria Decision Analysis. New York: John Wiley & Sons, 1999.
14. Malczewski J. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature // International Journal of Geographical Information Science. 2006. Vol. 20(7). P. 703-726.
15. Kontos T.D., Komilis D.P., Halvadakis C.P. Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology // Waste Management. 2005. Vol. 25(8). P. 818-832.
16. Sumathi V.R., Natesan U., Sarkar C. GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill // Waste Management. 2008. Vol. 28(11). P. 2146-2160.
17. Şener Ş., Şener E., Nas B., Karagüzel R. Combining AHP with GIS for landfill site selection: a case study in the Lake Beyşehir catchment area // Waste Management. 2010. Vol. 30(11). P. 2037-2046.
18. Geneletti D. Combining stakeholder analysis and spatial multicriteria evaluation to select and rank inert landfill sites // Waste Management. 2010. Vol. 30(2). P. 328-337.
19. Siddiqui M.Z., Everett J.W., Vieux B.E. Landfill siting using geographic information systems: a demonstration // Journal of Environmental Engineering. 1996. Vol. 122(6). P. 515-523.
20. Chang N.B., Parvathinathan G., Breeden J.B. Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region // Journal of Environmental Management. 2008. Vol. 87(1). P. 139-153.

UDK: 332.3:528.4

ДАВЛАТ ЕР КАДАСТРИ ВА ЕР ТУЗИШНИ ТАРИХИЙ ШАКЛЛАНИШИ ҲАМДА РИВОЖЛАНТИРИШ ИСТИҚБОЛЛАРИ

Аллаберган Рўзимович Бабажанов *қ.х.ф.д. доцент, "Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти" миллий тадқиқот университети, Ўзбекистон*

Аннотация: *Мақолада монографик тадқиқот ва аналитик таҳлил усулларидан фойдаланилган ҳолда республикада юритилаётган ер кадастри ва ер тузиш ишларини тарихий шаклланиши, юритилиши ва бугунги давр талаблари асосида уларни модернизация қилиш йўлидаги муаммолар ҳамда замонавий технологиялар негизида ривожлантириш истиқболлари ёритилган.*

Annotation: *The article, based on the use of monographic research methods and analytical analysis, reflects the historical formation and maintenance of the state land cadastre in the republic, presents some problems of modernization and ways of long-term development of the land*

cadastral system based on the use of modern technologies.

Бошқа мамлакатлар сингари Ўзбекистон Республикасидаги ер кадастри ва ер тузишга оид ишлар ҳам узоқ тарихий даврларга бориб тақалади. Буни ёрқин натижаси сифатида Амир Темурнинг мамлакатни идора қилиш давридаги ерлардан солиқ ундириш тартиби, янги ерларни ўзлаштириш, ер-мулклар ҳисобини доимий юритиб бориш, ер-мулклар эгалари ва ердан фойдаланувчиларни махсус рўйхатга олиш ҳамда ер майдонларидан фойдаланишни ташкил этишга доир тадбирлар катта аҳамиятга эгадир. Хусусан, хирож солиғи деҳқончилик қилинадиган ерларнинг унумдорлиги ва ҳосил миқдори билан белгиланганлигини А.Темур ўз "Тузуклари"да қуйидагича баён қилган: "Яна амр қилдимки, хирожни экиндан олган ҳосилга ва ернинг унумдорлигига қараб йиғсинлар, чунончи, доим узлуксиз равишда қориз, булоқ ва дарё суви билан суғориладиган экин ерларини ҳисобга олсинлар ва ундай ерлардан олинган ҳосилдан икки ҳиссасини раиятга, бир ҳиссасини олий саркорлик (салтанат хазинаси) учун олсинлар" [5,19 бет]. Лалмикор ерларни суғориладиганига нисбатан унумдорлиги паст бўлганлиги сабабли, бу ерлардан олинган ҳосилнинг олтидан бир қисми, баъзида эса саккиздан бир қисми хирож сифатида салтанат хазинасига тўланган. А.Темур ўз "Тузуклари"да фуқаролардан ундириладиган солиқлар миқдори, солиқларни йиғиш тартиби, янги ерларни ўзлаштирилганлиги сабабли фуқароларга бериладиган имтиёзлар каби масалаларга ҳам алоҳида эътибор қаратган: "Амр қилдимки, ҳосил пишиб етилмасидан бурун раиятдан молу хирож олинмасин. Ҳосил етилгач хирожни уч бўлиб олсинлар. Агар раият солиқ тўпловчи юбормасдан солиқни ўзи келтириб берса, у ҳолда бу ерга солиқ тўпловчи юбормасинлар"[5, 20 б.]. Ушбу маълумотлар шу даврлардаёқ юртимизда ер кадастри ва ер тузишга оид жуда кўп тадбирлар мамлакатни идора қилишда фойдаланилганлигини яна бир карра тасдиқлайди.

Шуниси диққатга сазаворки, шу даврларда ерларни миқдорий ҳисобини юритишда асосан таноб[1] ўлчов бирлигидан фойдаланилган. Хусусан, тадқиқотчи М.Й.Йўлдошевнинг берган маълумотларига қараганда, XIX асрга келиб Хива хонлиги ерларида олиб борилган ер ҳисоби натижаларига асосан хонликнинг ер фонди қуйидагича тақсимланган: мулк ерлари 142,0 минг танобни, мусулмон диндорлар, яъни масжид ерлари - 152,0минг танобни ташкил қилган (бундан ташқари, ҳар бир масжидга вақф ҳуқуқи билан қўшимча 10,0 таноб ер ажратилган бўлиб, уларнинг жами майдони [11]хонлик бўйича 10,0 - 12,0 минг

[11] *таноб –майдон ўлчов бирлиги:Туркистонда 400кв.саженга ёки 1600 кв.метрга, Хива хонлигида 900кв.саженга ёки 3600кв.метрга, Бухоро амирлигида 600кв.саженга ёки 2400 кв.метрга тенг бўлган(Давыдов А.Аграрные преобразования и формирование социалистического землепользования в Узбекской ССР. Ташкент, Наука, 1965, 14 стр.)*

танобни ташкил қилган), демак, Хива хонлигидаги жами вақф ерлари 165,0- 170,0 минг танобни ташкил қилган; давлатнинг экин ер фонди -86,0 минг танобни ташкил қилган [9].

Умуман, тадқиқотчи М.Й.Йўлдошевнинг берган маълумотларини тўплаган холда, XIX асрнинг ўрталарида Хива хонлигидаги бутун ер фондини ҳисоблаш қуйидаги натижаларни берган:

- маҳсулот ишлаб чиқарувчи деҳқонлар- паст табақа, *адно* ва *овсат* деҳқонлар жами 64,0 минг таноб ерга эгалик қилганлар;
- юқори табақадаги мулкдорлар жами 70,0 минг таноб ерга эгалик қилганлар;
- давлат ва масжид ерлари- 250,0 минг танобни ташкил этган [9].

Бу маълумотлар шу даврларда ерларнинг миқдорий ҳисобини, хусусан, ер кадастри ишларини юритилиши анчагина яхши йўлган қўйилганлигидан далолат беради. Аммо, XIX асрнинг иккинчи ярмида Туркистонни Россияга қўшиб олиниши бу ҳудудда ер кадастри ишларини ҳам тубдан ўзгаришига сабаб бўлди.

Табиий ресурсларга (ер, сув, ўрмон) давлат эгалигининг вужудга келиши билан ер кадастри тизими уларнинг ҳолати тўғрисидаги маълумотларнинг бир тизимга келтирилган тўплами сифатида турли минтақалар ва мамлакатни марказлашган бошқаришнинг муҳим қуроли бўлиши зарур эди. Шунинг учун ҳам Ўзбекистонда яратилган ер кадастри ва ер тузиш ишлари давлат моҳиятига эга бўлган ва ягона, аммо аниқ, ресурс нуқтаи назаридан қатъий идоравий талаблар асосида юритилган. Шу сабабли ҳам энг муҳим ресурс (ер) ягона давлат мулкини ташкил этишига қарамасдан унинг кадастрини юритиш ҳамда ер тузиш ишларини олиб бориш идоравий характерга эга бўлганлиги сабабли мамлакатдаги ер кадастри ва ер тузиш ишларида ўзига хос хусусиятларни вужудга келтирди [2,4,6]. Бу хусусиятлар айнан ер кадастрини юритишда ва мамлакатда ер муносабатларини тартибга солишда ёрқин намоён бўлган.

Ўтган асрнинг 30-йилларида Ўзбекистонда юритилган ер кадастри ва олиб борилган ер тузиш ишлари асосан қишлоқ хўжалиги корхоналарини ташкил этиш ва улар ерларидан фойдаланишни давлат рўйхатига олиш ҳамда бундай ерларни миқдорий ҳисобини юритишни ўз ичига олган. Бу ҳолат ер кадастрини юритиш, ер тузиш ишларини олиб бориш учун бир қатор хужжатларни яратиш заруриятини туғдирди. Натижада колхозлар учун “Ерларни ип ўтказилган дафтари”, қишлоқ туманлари учун “Туманнинг ер кадастри китоби” юритила бошланди. Кейинчалик ушбу китоб билан бир қаторда “Туманнинг навбатчи кадастр картаси” (1940 й.) жорий этилди.Ушбу ҳужжатларни амалга киритилиши Ўзбекистонда ҳам ер кадастри ишларини маълум тартибда йўлга қўйишга имкон берди. Булардан ташқари, собиқ Иттифоқ Министрлар Советининг 1954йил 31декабрдаги “Мамлакат ер фондининг ягона давлат ҳисобини юритиш тўғрисида”ги Қарорига мувофиқ ишлаб чиқилган ва амалиётга киритилган “Ерлардан фойдаланишнинг рўйхати ва ерларнинг давлат ҳисобини юритиш тартиби ҳақида”ги кўрсатмаларга

биноан,
1955-йилдан бошлаб ҳар йили республика минтақаларида, вилоятларда ва бугун мамлакат бўйича махсус ер балансларини (ер ҳисоботлари)ни тузиш йўлга қўйилган. Бундан ташқари, ушбу кўрсатмаларда ер турларидан фойдаланишни тўғрилигини тасдиқлаш мақсадида тупроқларнинг сифати ва асосий хоссалари ҳақидаги маълумотлар зарурлиги кўрсатилган. Бундай маълумотларни фақат йирик масштабли тупроқ хариталаридан олиш мумкин бўлган. Шунинг учун 1956 йили республика қишлоқ хўжалиги вазирлиги қошидаги Ер тузиш бошқармасида махсус гуруҳ ташкил этилган. Бу гуруҳ 1959йилга келиб 102 та туманнинг тупроқ хариталарини тайёрлаган. Бу гуруҳ Ўзбекистон Республикаси Министрлар Советининг 1959йилги 270сон қарори билан махсус тупроқ экспедициясига айлантирилган ва кейинчалик, яъни 1969йилда “Узгипрозем” республика илмий-лойиҳалаш институти таркибидаги “Ер кадастри филиали”га айлантирилган. Бу филиал ерларни сифатининг аниқлаш, тупроқ бонитировкаси ва ерларни иқтисодий баҳолаш каби ер кадастри ишларини бажарган [6].

Ўзбекистонда ер кадастри ва ер тузиш ишларини юқори савияда олиб бориш шу пайтларда юқори малакали ер тузувчи мутахассисларни мамлакатни ўзида тайёрлаш тизимини ташкил этишни тақозо қилди. Айнан мамлакатимиз ва Марказий Осиё республикалари учун малакали ер тузувчи инженерлар тайёрлашни йўлга қўйиш мақсадида собиқ Иттифоқ Халқ Комиссарлари Кенгашининг 1945 йил 14-июлдаги қарорига биноан шу йили Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти (ТИҚХМИИ) таркибида“Ер тузиш” факультети ташкил этилган. Факультет ташкил этилган биринчи йили иккинчи жаҳон урушидан қайтганлар ҳисобига 25 нафар талаба, кейинги йиллари 50 нафар талаба ўқишга қабул қилинган. 1950 йил биринчи марта республика халқ хўжалигига 23 нафар факультетни битказган олий маълумотли ер тузувчилар ишга юборилган. Бугунги кунга келиб факультет наинки ер тузиш ва ер кадастри, балки давлат кадастрлари, геодезия, геоинформатика, масофадан зондлаш йўналишларида юқори малакали мутахассислар тайёрлаш бўйича наинки республикамизда, балки Марказий Осиё давлатларидаги йирик ўқув, ўқув-методик ва илмий марказга айланган.

Республикада ер кадастрини юритилишини янада такомиллаштиришда собиқ Иттифоқ Министрлар Совети томонидан 1977 йил 10 июнда қабул қилинган “Давлат ер кадастрини юритиш тартиби тўғрисида” ги Қарор муҳим роль ўйнаган [3,6]. Ушбу қарорга биноан ер кадастри республикада ҳам ердан фойдаланишларни рўйхатга олиш, ер ҳисоби ва ерларни баҳолаш ишлари бутун бир мажмуавий тадбир сифатида ягона услубиёт асосида ўтказила бошланди. Лекин ер кадастрининг асосий таркибий қисмларидан бири бўлган ерларни миқдорий ҳисобининг ҳар йилги натижаси сифатида тузиладиган туман ер балансларини (хисоботлари) аксарият қишлоқ хўжалиги

ерларининг миқдорий ҳисоби кўринишида қолаверган.

Бугунги кунда юритилаётган давлат ер кадастри геодезия, картография, ер тузиш, тупроқшунослик ва ахборот технологиялари тамойилларини бирлаштирган кўп тармоқли илмий асосга қурилган [1,2]. Бунда геодезия ва картография ер участкаларини аниқ ўлчаш ва карталаш учун зарур, юқори аниқликка эга бўлган, шунингдек ягона координаталар тизимини яратиш учун асос яратса, ер участкаларини ўлчаш ва чегараларини белгилаш, уларни қонуний тан олинишини таъминлаш ва ерга оид низоларни олдини олиш учун ер тузиш усуллари қўлланилади. Тупроқшунослик ерни баҳолаш ва таснифлашга катта хисса қўшса, ахборот технологиялари маълумотларни тўплаш, қайта ишлаш, бир тизимга келтириш, сақлаш, таҳлил қилиш ва тарқатишни осонлаштиради.

Олиб борилган назарий ва аналитик тадқиқотлар асосида шуни алоҳида қайд қилиш зарурки, сўнгги йилларда давлат ер кадастри ва ер тузишнинг илмий асосларини такомиллаштиришга қаратилган қатор модернизациялаш ишлари амалга оширилмоқда. Бундай ишлар жумласига қуйидагиларни киритиш мумкин:

- давлат ер кадастри ва ер тузиш тизимида илғор технологияларни ўзлаштириш. Жумладан, ер участкалари бўйича ягона ахборотлар базаси “UzCAD”, “Геопортал”ни яратилиши ва юритилиши, суньий йўлдошлар ёрдамида олинган тасвирлардан, масофадан зондлаш материалларидан фойдаланиш, учувчисиз учиш аппаратлари ёрдамида ерларни миқдорий ҳисобини юритиш ва ҳакозолар. Бу технологиялар давлат ер кадастрини юритиш ва ер тузиш ишларини бажариш учун зарурий маълумотларни тўплаш аниқлиги ва самарадорлигини сезиларли даражада оширади, мехнат сарфини камайтиради;

- ягона ахборот тизимини яратиш ва ривожлантириш. Жумладан, давлат ер кадастри тизимида “UzCAD” ягона ахборотлар базасини яратилиши ҳамда уни доимий маълумотлар билан тўлдириб турилиши давлат хизматларини ягона тизимда юритишни, марказлаштирилган ва яхлит ер-ахборот тизимини яратишни, маълумотларни бошқаришни соддалаштиради ва турли давлат органлари ўртасида ахборот алмашинувини осонлаштиради;

- халқаро стандартларни жорий этиш. Бундай стандартларни давлат ер кадастрини юритиш ва ер тузиш тизимига жорий этилиши республиканинг ер ресурсларидан фойдаланишни бошқаруви ва ер кадастри тизимларини бошқа ривожланган давлатларга мувофиқ келишини таъминлайди ва трансчегаравий ҳамкорликни осонлаштиради.

Аммо, давлат ер кадастрини ва ер тузиш ишларини республикада истиқболда ривожлантириш бўйича юқорида қайд қилинган ижобий қадамлар билан бир қаторда бу йўналишда ҳал қилиниши лозим бўлган муаммолар ҳам мавжуд. Буларга, фикримизча, қуйидагиларни киритиш мумкин:

- давлат ер кадастри ва ер тузиш тизимини юритиш учун олинадиган маьдумотларнинг

сифати ва изчиллигини доимо ҳам талабга жавоб бермаслиги;

- ерларни рўйхатга олиш, хисобини юритиш ва солиққа тортиш каби тизимлар ўртасида узлуксиз ахборотлар алмашинувини янада такомиллаштиришни зарурлиги;

- давлат ер кадастри ахборотларига жамоатчиликни тўғридан-тўғри кириши ва фуқаролар фаоллигини ошириш имкониятларини яратиш учун уларга қулай бўлган интерфейслар шаффофлигини таьминлаш зарурлиги.

Тўғри, юқоридаги муаммолар Ўзбекистонда юритилаётган давлат ер кадастри тизимини ва ер тузиш ишларини жаҳон андозаларига мос равишда ривожлантиришга имкон бермайди. Шундай бўлишига қарамасдан, олиб борилган таҳлилий тадқиқотлар юқоридаги муаммоларни қисман бўлсада ҳал қилишга йўналтирилган янги имкониятлар, жумладан сунъий интеллект ва блокчейн технологиясидан фойдаланиш ижобий самара беришини кўрсатди. Бунда, агарда биринчи технология катта ҳажмлардаги ахборотларни таҳлил қилиш, муайян жараёнларни автоматлаштириш орқали самарадорликни ва аниқликни оширса, иккинчи технология ахборотлар ҳавфсизлигини, шаффофлигини ва кузатилишини кучайтириш орқали ташқаридан маьлумотлар базасини бузиб кириш хавфини камайтиради [7,8].

Юқорида келтирилган назарий тадқиқотлар, аналитик таҳлиллар асосида берилган тавсияларга суяниб қисқача хулоса қилиш мумкинки, давлат ер кадастри ва ер тузиш ишларини Ўзбекистонда шаклланиши ва ривожланиши катта тарихий йўлни босиб ўтган, уларни замон талабларига мос такомиллаштириш йўлидаги баьзи муаммоларга қарамасдан катта иқтисодий салоҳиятга эга мамлакатлардаги каби замонавий технологиялардан кенг фойдаланиш уларни истиқболга юқори даражада ривожлантириш имкониятларини вужудга келтиради.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Ўзбекистон Республикасининг Қонуни “Давлат ер кадастри тўғрисида”. Тошкент,1998,Lex.uz

2. Алтиев А.С. “Ер ресурсларидан фойдаланиш тизимини тартибга солиш механизмларини такомиллаштириш” Тошкент, 2018, 274 б.

3. Дегтярев И.В. Проблемы земельного кадастра. М., Колос, 1979

4. Бабажанов А.Р., Рўзибоев С.Б. Аҳоли яшаш жойлари кадастри. Тошкент, Тафаккур, 2011

5. Темур Амир. Темур тузуклари. Б.Ахмедов таҳрири остида. Тошкент, Нашриёт матбаа бирлашмаси. 1999

6. Бабажанов А.Р., Рўзибоев С.Б., Камалова Д.М. Ер кадастри (дарслик). 1-2 қисм, Тошкент, ТАҚИ, 2014

7. Reyan M. Zein., Hossana Twinomurinzi.Blockchain Technology in Land Registration: A Systematic Literature Review. Creative Commons Attribution 3.0 Austria (CC BY 3.0), 2023.

8. Maria Kaczorowska. Blockchain-based land registration: possibilities and challenges. DOI 10.5817/MUJLT2019-2-8

9. Юлдашев М.Ю. К истории крестьян Хивы XIX века. Ташкент, Фан, 1966

UDK: 347.214.2

O‘zboshimchalik bilan egallab olingan yer uchastkalari va ularda qurilgan obyektlarga bo‘lgan huquqlarni e’tirof etishda kreativ yondashuvlar

Asanova I.D-*“TIQXMMI” MTU 3-bosqich talabasi*
Uspankulov B.M-*“TIQXMMI” MTU dotsenti t.f.f.d. (PhD)*

Annotatsiya: *Ushbu maqolada O‘zbekiston hududida o‘zboshimchalik bilan egallangan yer maydonlari muammosi va uni bartaraf etishga qaratilgan zamonaviy amaliy yechimlar ko’rib chiqiladi, tahlil qilinadi va amaliyotda qo’llash uchun tavsiya etiladi. Maqolada O‘zbekiston Respublikasidagi yer resurslaridan oqilona foydalanish va o‘zboshimchalik bilan egallangan yer uchastkalarini qonuniylashtirish masalalari tahlil qilingan. Xususan, 2024-yilgi yangi qonunchilik asosida huquqlarni e’tirof etish tartibi, muddatlari va mezonlari yoritilgan. Muallif xatlov jarayonlarini 2028-yilga qadar samarali yakunlash uchun masofadan zondlash texnologiyalar asosida maqsadli xatlovni tashkil etish hamda jarayonga bilimli va salohiyatli talabalarni jalb qilish bo‘yicha takliflarni ilgari surgan.*

Kalit so’zlar: *O’zboshimchalik bilan yer egallash, yer ajratish tizimi, qonuniylashtirish, yer monitoringi, uy-joy siyosati, masofadan zondlash, yer xatlovi, kadastr tizimi.*

Аннотация: *В данной статье рассматривается и анализируется проблема самовольно захваченных земельных участков на территории Узбекистана, а также рекомендуются современные практические решения по её устранению. В статье проанализированы вопросы рационального использования земельных ресурсов и легализации самовольно занятых земельных участков в Республике Узбекистан. В частности, освещены порядок, сроки и критерии признания прав на основании нового законодательства 2024 года. Автор выдвигает предложения по организации целевой инвентаризации на основе технологий дистанционного зондирования для эффективного завершения процессов инвентаризации до 2028 года, а также по привлечению к этому процессу квалифицированных и потенциальных студентов.*

Ключевые слова: *Самовольный захват земли, система выделения земель, легализация, мониторинг земель, жилищная политика, дистанционное зондирование, инвентаризация земель, кадастровая система.*

Abstract: *This article examines and analyzes the problem of arbitrarily occupied land plots in the territory of Uzbekistan and recommends modern practical solutions for its elimination. The article analyzes the issues of rational use of land resources and the legalization of arbitrarily occupied land plots in the Republic of Uzbekistan. In particular, the procedures, terms, and criteria for the recognition of rights based on the new 2024 legislation are highlighted. To effectively complete the inventory processes by 2028, the author puts*

forward proposals for organizing a targeted inventory based on remote sensing technologies and involving knowledgeable and capable students in the process.

Keywords: *Arbitrary land seizure, land allocation system, legalization, land monitoring, housing policy, remote sensing, land inventory, cadastral system.*

Kirish. Yer umummilliy boylikdir, O‘zbekiston Respublikasi xalqi hayoti, faoliyati va farovonligining asosi sifatida undan oqilona foydalanish zarur va u davlat tomonidan muhofaza qilinadi. Jumladan, Yer resurslari har bir davlat uchun muhim va cheklangan tabiiy boylik hisoblanadi. Ayniqsa, aholi soni oshib borayotgan zamonaviy davrda, yer maydonlarini oqilona va samarali taqsimlash, ularni qonuniy va adolatli foydalanishni ta’minlash mamlakat ijtimoiy-iqtisodiy barqarorligi uchun katta ahamiyat kasb etadi. O‘zbekiston kabi rivojlanayotgan davlatlarda, uy-joy va yerga bo‘lgan ehtiyoj tobora ortib borayotgani tufayli, yer munosabatlari sohasidagi muammolar yanada dolzarb masalaga aylanmoqda. Xususan, o‘zboshimchalik bilan egallangan yer maydonlari muammosi mamlakatda keng tarqalgan va bu holat nafaqat yer resurslarini boshqarish tizimining izdan chiqishi, balki qonuniylik va tartib-intizomning buzilishiga, soliq tushumlarining kamayishiga olib kelmoqda. Ushbu muammo bir qator omillar bilan bog‘liq bo‘lib, jumladan, aholi orasida uy-joyga bo‘lgan talabning ortib borishi, yer monitoringi jarayonlarining yetarli darajada tizimli yo‘lga qo‘yilmaganligi, nazorat mexanizmlarining samaradorligi pastligi hamda ayrim hududlarda yerlarni noqonuniy egallash holatlarining uchrashi bilan izohlanadi. Natijada, bunday holatlar hududiy rejalashtirish va ijtimoiy infratuzilmani rivojlantirish jarayonlariga salbiy ta’sir ko‘rsatadi, qonun ustuvorligi hamda fuqarolarning huquqlarini ta’minlashda muayyan qiyinchiliklarni yuzaga keltiradi, shuningdek, soliq tushumlarining to‘liq shakllanishiga to‘sqinlik qiladi.

Bugungi kunda respublikamizda mazkur muammoni hal etish maqsadida qonunchilik bazasi izchil takomillashtirilib, yerlarni qonuniylashtirish va tartibga solishga qaratilgan qator tashabbuslar amalga oshirilmoqda. Jumladan, o‘zboshimchalik bilan egallangan yer maydonlarini aniqlash, joylarda tizimli kuzatuv va monitoring ishlarini yo‘lga qo‘yish, sud qarorlari asosida noqonuniy qurilmalarni bartaraf etish, shuningdek, raqamlashtirish hamda zamonaviy yer monitoringi tizimlarini joriy etish bo‘yicha chora-tadbirlar ko‘rilmoqda. Mazkur chora-tadbirlar respublika hududlarini to‘liq qamrab olishga, soliq tushumlarining to‘liq va shaffof shakllanishini ta’minlashga, shuningdek, yer munosabatlarida adolat va ochiqlikni mustahkamlashga qaratilgan kompleks yondashuvning muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Jumladan, bunday muammolarni respublika miqyosida amaliy hal etish maqsadida bir qator qonun hujjatlari qabul qilingan bo‘lib, so‘nggi yillarda mazkur yo‘nalishda qabul qilingan normativ-huquqiy hujjatlar quyidagilardan iborat:

Vazirlar Maxkamasining “Fuqarolarni ijtimoiy qo‘llab-quvvatlash bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar hamda o‘zboshimchalik bilan qurilgan turar joylarga nisbatan mulk huquqini e’tirof etish bo‘yicha bir martalik umumdavlat aksiyasini o‘tkazish to‘g‘risida” O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018 yil 20 apreldagi pf-5421-son farmoni ijrosini ta’minlash chora-tadbirlari

haqida 21-iyun 2018 yildagi 461-sonli qarori;

2024-yil 5-avgustda 937-son bilan “O‘zboshimchalik bilan egallab olingan yer uchastkalariga hamda ularda qurilgan bino va inshootlarga bo‘lgan huquqlarni e’tirof etish to‘g‘risida”gi Qonuni.

2018-yilda qabul qilingan normativ-huquqiy hujjat o‘zboshimchalik bilan qurilgan turar joylarga nisbatan mulk huquqini e’tirof etishda ma’lum darajada mavjud muammolarni bartaraf etishga xizmat qilgan bo‘lib, uning amal qilish muddati 2019-yil 1-mayga qadar davom etgan. Biroq, berilgan muddatning cheklanganligi hamda zamonaviy texnologiyalardan yetarli darajada foydalanilmaganligi mazkur yo‘nalishda yangi yondashuvlarni joriy etishni taqozo etdi. Natijada, 2024-yil 5-avgustda 937-sonli Qonun qabul qilindi. Ushbu Qonunga muvofiq, endilikda huquqlarni e’tirof etish ishlari kadastr muhandislari faoliyatini tashkil etish darajasidan kelib chiqib, tasdiqlangan reja-grafik asosida amalga oshirilishi belgilandi. Xususan, o‘zboshimchalik bilan egallab olingan yer uchastkalari hamda ularda qurilgan bino va inshootlarga bo‘lgan huquqlarni e’tirof etish 8 ta alohida holat bo‘yicha amalga oshirilishi nazarda tutilgan. Ularning mazmuni bilan qisqacha tanishib o‘tamiz:

1) O‘zbekiston Respublikasi fuqarolari va O‘zbekiston Respublikasi hududida doimiy yashab turgan fuqaroligi bo‘lmagan shaxslar (bundan buyon matnda fuqarolar deb yuritiladi) tomonidan 2018-yil 1-mayga qadar yakka tartibda uy-joy qurish orqali o‘zboshimchalik bilan egallab olingan yer uchastkasiga hamda unda qurilgan binolar va inshootlarga;

2) fuqarolar, yakka tartibdagi tadbirkorlar va rezident bo‘lgan yuridik shaxslar qonunchilik hujjatlariga muvofiq ajratilgan yer uchastkasiga bo‘lgan huquqni tasdiqlovchi hujjatlarda ko‘rsatilgan yer uchastkasi maydonidan 2018-yil 1-mayga qadar ortiqcha egallagan yer uchastkasiga hamda unda qurilgan binolar va inshootlarga;

3) o‘zboshimchalik bilan qurilgan yakka tartibdagi uy-joylarga bo‘lgan mulk huquqini O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining qaroriga asosan tashkil etilgan Ko‘chmas mulkka nisbatan huquqni e’tirof etish ishlarini tashkil etish bo‘yicha tuman (shahar) komissiyalari (bundan buyon matnda Ko‘chmas mulkka nisbatan huquqni e’tirof etish ishlarini tashkil etish bo‘yicha tuman (shahar) komissiyalari deb yuritiladi) tomonidan e’tirof etish mumkin deb topilganligi hollariga yoki uni e’tirof etish rad etilganligi yoxud arizalarning ko‘rib chiqilishi bir martalik umumdavlat aksiyasining muddati o‘tganligi sababli yakuniga yetmaganligi hollariga;

4) 2021-yil 8-iyunga qadar tuman (shahar) hokimining qaroriga ko‘ra qonunchilik hujjatlariga muvofiq fuqarolarga, yakka tartibdagi tadbirkorlarga yoki rezident bo‘lgan yuridik shaxslarga ajratilgan, tasdiqlash masalasi Qoraqalpog‘iston Respublikasi Vazirlar Kengashi, viloyatlar va Toshkent shahar hokimlari hamda Qoraqalpog‘iston Respublikasi Jo‘qorg‘i Kengesi yoki tegishli xalq deputatlari Kengashi tomonidan ko‘rib chiqilmagan yer uchastkasiga (bundan shunday yer uchastkasida ikki yil ichida binolar va inshootlar qurilmagan yoki ularning qurilishi boshlanmagan yoxud yer uchastkasidan maqsadsiz foydalanilgan hollar mustasno);

5) fuqarolarning bog‘dorchilik va uzumchilik shirkatlari hududidagi turar joylariga hamda ular egallagan yer uchastkasiga;

6) 2020-yil 9-martga qadar kichik sanoat zonalari hududiga joylashtirilgan tadbirkorlik subyektlarining yashash uchun mo‘ljallanmagan binolari va inshootlari yoki ularning qismlari joylashgan yer uchastkasiga;

7) xususiylashtirilgan binolar va inshootlar egallagan yer uchastkasiga;

8) fuqarolarning, yakka tartibdagi tadbirkorlarning va rezident bo‘lgan yuridik shaxslarning qonunchilikka muvofiq mulk (egalik qilish) huquqi e’tirof etilgan binolari va inshootlari egallagan yer uchastkasiga nisbatan huquqlarni e’tirof etish asoslari va tartibini belgilaydi.

Yuqoridagilardan ko’rinadiki, 937-sonli qonun bilan belgilangan holatlar o‘zboshimchalik bilan egallangan yer uchastkalari hamda ularda qurilgan bino va inshootlarga nisbatan huquqlarni e’tirof etishning aniq huquqiy mexanizmini shakllantirishga qaratilgan. Ushbu yondashuv amaliyotda shakllanib qolgan turli toifadagi yer munosabatlarini tizimlashtirish, ilgari to‘liq hal etilmagan yoki huquqiy jihatdan noaniq bo‘lib qolgan holatlarni tartibga solish imkonini beradi. Natijada, fuqarolar va xo‘jalik yurituvchi subyektlarning mulkiy huquqlarini himoya qilish, yer resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirish hamda yer munosabatlarida yagona va shaffof huquqiy muhitni shakllantirishga xizmat qiladi.

Ta’kidlab o’tganimizdek, o‘zboshimchalik bilan egallab olingan yer uchastkalari hamda ularda qurilgan bino va inshootlarni xatlovdan o‘tkazish ishlari bosqichma-bosqich tarzda, har yil uchun tasdiqlanadigan reja-jadval asosida amalga oshiriladi. Ushbu reja-jadval Qoraqalpog‘iston Respublikasi Vazirlar Kengashi, viloyatlar va Toshkent shahar hokimliklarining takliflari asosida Kadastr agentligi tomonidan tasdiqlanib, jamoatchilikka e’lon qilinadi. Shuningdek, reja-jadvalga muvofiq, xalq deputatlari tuman (shahar) Kengashlari qarorlari asosida vakolatli tashkilotlarning hududiy bo‘linmalari vakillaridan iborat ishchi guruhlar shakllantiriladi. Mazkur ishchi guruhlar tomonidan joylarda xatlov va o‘rganish ishlari amalga oshiriladi.

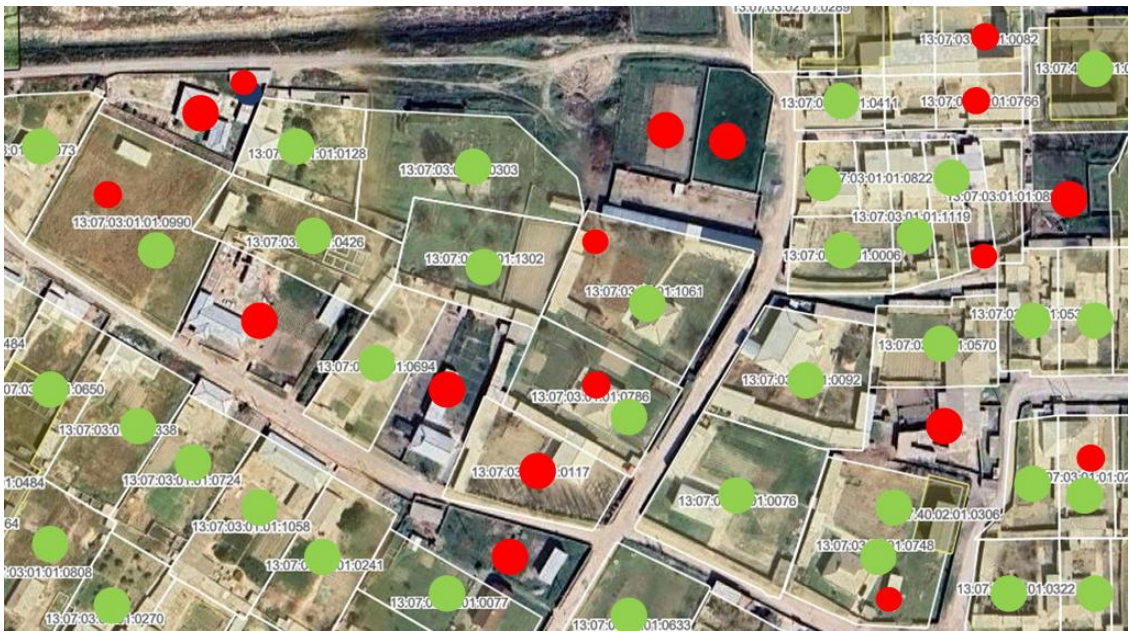
Jarayonlarni samarali tashkil etish maqsadida Kadastr agentligining avtomatlashtirilgan axborot tizimini joriy etish nazarda tutilgan. Ushbu tizim orqali o‘zboshimchalik bilan egallangan yer uchastkalari hamda ularga tegishli bino va inshootlar bo‘yicha barcha ma’lumotlar va hujjatlar yig‘iladi, kelishiladi hamda qayta ishlanadi. Tizim operatori sifatida Kadastr agentligi faoliyat yuritadi. Ma’lumotlar va hujjatlar vakolatli tashkilotlar tomonidan mazkur axborot tizimiga ikki bosqichda kiritiladi hamda elektron raqamli imzo orqali tasdiqlanadi.

Ma’lumotlar va hujjatlarni avtomatlashtirilgan axborot tizimiga kiritishning birinchi bosqichida Kadastr agentligining Davlat kadastrlari palatasi hududiy bo‘linmalari tomonidan tegishli yer uchastkasi, unda joylashgan bino va inshootlar yuzasidan elektron yig‘majild shakllantiriladi. Mazkur elektron yig‘majild ijara yoki mulk huquqini e’tirof etish masalasini ko‘rib chiqish uchun asosiy axborot bazasi sifatida xizmat qiladi. Ma’lumotlar va hujjatlarni avtomatlashtirilgan axborot tizimiga kiritishning ikkinchi bosqichida vakolatli tashkilotlar (jami

18 ta tashkilot) tomonidan yuborilgan elektron yig‘majildlar ikki oy muddatda ko‘rib chiqilib, tegishli ma’lumotlar va hujjatlar tizimga kiritiladi. Shu o‘rinda ta’kidlash lozimki, mazkur jarayonning asosiy va eng mas’uliyatli qismi birinchi bosqichga to‘g‘ri keladi. Chunki aynan ushbu bosqichda zarur ma’lumotlar shakllantirilib, keyingi tahlil va qaror qabul qilish jarayonlari uchun asos yaratiladi. Shu sababli ushbu bosqich ko‘proq mehnat va resurslarni talab etadi. Xususan, 937-sonli qonunga muvofiq, xatlov ishlari 2028-yil 1-yanvarga qadar davom ettirilishi belgilangan bo‘lib, bu jarayonni bosqichma-bosqich va tizimli ravishda amalga oshirish zaruratini yanada kuchaytiradi. Mazkur zaruriyatdan kelib chiqib, ishlab chiqarish amaliyotlariga bilimli, tashabbuskor va malakali talabalarni jalb etish, zamonaviy texnik vositalar hamda asbob-uskunalar sonini ko‘paytirish, shuningdek, masofadan zondlash texnologiyalari va sun’iy yo‘ldosh tasvirlaridan keng foydalanish kabi yechimlarni qo‘llash maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Bunga amaliy yechim sifatida biz davlatimiz rahbarining joriy yil 2-apreldagi PQ-122-son qarorini ko’rsatishimiz mumkin. Ushbu qonun hujjati Global iqlim o‘zgarishi, suv tanqisligi sharoitida melioratsiya va suv xo‘jaligi bo‘yicha zamonaviy yondashuvlarni va ularning ilmiy-amaliy asoslarini ishlab chiqish, raqamli texnologiyalar asosida ilg‘or tadqiqotlar olib borish, “tarmoq-korxona-oliygoh” barqaror uzluksiz ta’lim tizimini yaratish orqali mehnat bozorida raqobatbardosh bilimli va salohiyatli muhandis kadrlarni tayyorlashga qaratilgan hisoblanadi. Bu qarorni ishlab chiqishdan ko’zda tutilgan asosiy maqsad malakali muhandis kadrlarni tayyorlash tizimini tubdan takomillashtirishga qaratilgan bo’lib, unda dual ta’lim tizimini joriy etish masalasiga alohida e’tibor qaratilgan. Mazkur yondashuv nazariy bilimlar bilan amaliyotni uyg‘unlashtirish orqali yuqori malakali mutaxassislar tayyorlash imkonini yaratadi. Xususan, kadastr sohasida dual ta’limni tashkil etish talabalarni amaliy jarayonlarga keng jalb qilishga xizmat qiladi. Bu esa, bir tomondan, talabalarning kasbiy ko‘nikmalarini mustahkamlasa, ikkinchi tomondan, sohada qo‘shimcha mehnat resurslarini shakllantiradi. Natijada, o‘zboshimchalik bilan egallangan yer uchastkalariga bo‘lgan huquqlarni e’tirof etish jarayonlari samaradorligi sezilarli darajada oshadi, ish hajmi tezkor va sifatli bajarilishi ta’minlanadi.

Shu bilan bir qatorda, o‘zboshimchalik bilan egallab olingan yer uchastkalari hamda ularda qurilgan bino va inshootlarga bo‘lgan huquqlarni e’tirof etish jarayonida xatlov ishlarini masofadan zondlash texnologiyalaridan foydalangan holda samarali tashkil etish muhim ahamiyat kasb etadi. Xususan, yoppasiga xatlov ishlarida har bir xonadon bo‘yicha yer uchastkalari va undagi bino-inshootlarni joyiga chiqib o‘rganish katta vaqt va mehnat resurslarini talab etadi. Masofadan zondlash texnologiyalarini qo‘llash esa ushbu jarayonni optimallashtirib, maqsadli xatlovni tashkil etish imkonini yaratadi (1-rasm).



1-rasm. Masofadan zondlash texnologiyalarini qo‘llash asosida maqsadli xatlovni tashkil etish

1-rasmda keltirilgan uslub asosida ishlarni amalga oshirishda hudud dastlab kameral sharoitda tahlil qilinadi. Bunda arxiv hujjatlari, mavjud kadastr ma’lumotlari hamda hududning kosmik suratlari asos qilib olinadi. Tahlil natijasida yer uchastkalari bir necha toifalarga ajratiladi, jumladan: huquqni tasdiqlovchi hujjatlari mavjud bo‘lmagan yerlar, belgilangan maydondan ortiqcha egallangan hududlar, mavjud ma’lumotlarga nisbatan o‘zgarishlar aniqlangan uchastkalar hamda hujjatlari to‘liq rasmiylashtirilgan yerlar.

Natijada xatlov ishlari aniq yo‘naltirilgan holda tashkil etilib, ortiqcha vaqt va resurslar sarfi kamayadi. Shu bilan birga, noqonuniy yer egallash holatlarini tezkor aniqlash, ma’lumotlarning aniqligi va ishonchliligini oshirish hamda qaror qabul qilish jarayonini tezlashtirish imkoniyati yaratiladi. Bundan tashqari, mazkur yondashuv hududiy rejalashtirishni takomillashtirish, soliq bazasini kengaytirish va yer resurslaridan samarali foydalanishni ta’minlashda ham muhim ahamiyat kasb etadi.

Xulosa. Xulosa qilib aytganda, O‘zbekiston Respublikasida yer resurslaridan oqilona foydalanish, ularni qonuniy tartibga solish hamda o‘zboshimchalik bilan egallangan yer uchastkalari muammosini bartaraf etish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. So‘nggi yillarda ushbu yo‘nalishda qabul qilingan normativ-huquqiy hujjatlar, xususan 937-sonli Qonun, yer munosabatlarini tartibga solishda aniq va samarali huquqiy mexanizmlarni shakllantirishga xizmat qilmoqda.

Shu bilan birga, kadastr sohasiga zamonaviy axborot texnologiyalarini joriy etish, xususan avtomatlashtirilgan tizimlar va masofadan zondlash texnologiyalaridan foydalanish xatlov jarayonlarini sezilarli darajada takomillashtirish imkonini bermoqda. Bu esa yer uchastkalarini aniqlash, ularni tizimlashtirish hamda noqonuniy egallash holatlarini tezkor bartaraf etishda muhim omil bo‘lib xizmat qiladi.

Bundan tashqari, dual ta’lim tizimini rivojlantirish orqali malakali kadrlar tayyorlash, amaliy jarayonlarga

yosh mutaxassislarni keng jalb etish kadastr sohasida ish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Natijada, yer resurslaridan foydalanish samaradorligi ortib, davlat boshqaruvida shaffoflik, qonun ustuvorligi va ijtimoiy adolatni ta’minlash imkoniyatlari kengayadi.

Umuman olganda, yer munosabatlarini tartibga solishda zamonaviy yondashuvlar, raqamli texnologiyalar va huquqiy islohotlarning uyg‘unligi mamlakatning barqaror ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro’yxati

1. O’zbekiston Respublikasi Yer kodeksi (30.04.1998)
2. O‘zboshimchalik bilan egallab olingan yer uchastkalariga hamda ularda qurilgan binolar va inshootlarga bo‘lgan huquqlarni e’tirof etish to‘g‘risida [1]
3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining «Fuqarolarni ijtimoiy qo‘llab-quvvatlash bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar hamda o‘zboshimchalik bilan qurilgan turar joylarga nisbatan mulk huquqini e’tirof etish bo‘yicha bir martalik umumdavlat aksiyasini o‘tkazish to‘g‘risida» 2018-yil 20-apreldagi PF-5421-son Farmoni ijrosini ta’minlash chora-tadbirlari haqida
4. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 02.04.2026-y. PQ-122-son "Qishloq va suv xo‘jaligi muhandislarini tayyorlash tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida"gi Qarori
5. O’zbekiston Respublikasi milliy geoportali.
6. Sh. S. Shokirov, I. M. Musaev, M.S.Akbarov MASOFADAN ZONDLASH , O’QUV QO’LLANMA 252-B [3]

UDK: 332.3:004.738.5

DAVLAT YER KADASTRI VA KO'CHMAS MULK BU YERDA ASOSIY TREND-MA'LUMOTLAR SHAFFOFLIGI VA BLOKCHEYN TEXNOLOGIYALARI

Murodova Sabohat*–“TIQXMMI” MTU talabasi.*
Muxtorov O‘zbekxon *– “TIQXMMI” MTU “Yer resurslarini boshqarish” kafedrasi mudiri PhD, Dotsent*

Annotatsiya: *Mazkur maqolada davlat yer kadastri va ko‘chmas mulk tizimlarida zamonaviy raqamli texnologiyalarni joriy etish, xususan ma’lumotlar shaffofligini ta’minlash va Blockchain texnologiyasidan foydalanish masalalari tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida yer va ko‘chmas mulk hisobini yuritishda mavjud muammolar — ma’lumotlarning yopiq tizimda saqlanishi, korrupsiya xavfi va huquqiy noaniqliklar o‘rganildi.*

Shuningdek, xalqaro tajribalar asosida blokcheyn texnologiyasi yordamida kadastr ma’lumotlarini himoyalash, ularni o‘zgarmas va oshkora shaklda yuritish imkoniyatlari ko‘rib chiqildi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, raqamlashtirish va blokcheyn integratsiyasi yer resurslarini boshqarishda ishonchlilikni oshirib, ko‘chmas mulk bozorida shaffoflikni ta’minlashga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: *Davlat yer kadastri, ko‘chmas mulk, Blockchain,*

ma’lumotlar shaffofligi, raqamli kadastr, geoinformatsion tizimlar (GIS), smart kontraktlar, yer resurslari boshqaruvi, elektron hukumat, mulk huquqi, raqamlashtirish.

KIRISH . Hozirgi kunda yer resurslarini boshqarish va ko‘chmas mulk munosabatlarini tartibga solish har bir davlatning iqtisodiy va huquqiy tizimida muhim o‘rin egallaydi. Davlat yer kadastri tizimi yer uchastkalari, ularning huquqiy holati, qiymati va foydalanish maqsadi to‘g‘risidagi ma’lumotlarni jamlash, saqlash hamda yangilab borishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, ko‘chmas mulk bozori rivojlanishi uchun ishonchli va shaffof axborot tizimi zarur hisoblanadi.

Ammo an’anaviy kadastr tizimlarida ma’lumotlarning yopiq holda saqlanishi, inson omiliga bog‘liq xatoliklar va korrupsiya xavfi kabi muammolar mavjud bo‘lib, bu tizim samaradorligini pasaytiradi.

So‘nggi yillarda raqamli texnologiyalar, xususan Blockchain texnologiyasining rivojlanishi ushbu muammolarni hal etish uchun yangi imkoniyatlarni yuzaga keltirmoqda. Blokcheyn asosida yaratilgan tizimlar ma’lumotlarni markazlashmagan holda saqlash, ularning o‘zgarmasligini ta’minlash va barcha foydalanuvchilar uchun ochiq qilish imkonini beradi. Bu esa davlat yer kadastri va ko‘chmas mulk tizimlarida shaffoflikni oshirish, mulk huquqini ishonchli himoya qilish va xizmatlar sifatini yaxshilashga xizmat qiladi.

Mazkur maqolaning maqsadi — davlat yer kadastri va ko‘chmas mulk tizimlarida blokcheyn texnologiyalarini joriy etishning ahamiyati, mavjud muammolar hamda ularni bartaraf etish yo‘llarini tahlil qilishdan iborat.

ASOSIY QISM. Bugungi kunda davlat yer kadastri va ko‘chmas mulk tizimlari butun dunyo bo‘yicha raqamli transformatsiyaning eng tez rivojlanayotgan yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Yer resurslarini boshqarish, mulk huquqlarini ro‘yxatdan o‘tkazish va ko‘chmas mulk bozorini tartibga solish jarayonlarida shaffoflikni oshirishga bo‘lgan talab tobora kuchayib bormoqda. Ayniqsa, ma’lumotlarning ishonchliligi, ularning o‘zgarmasligi va ommaviy ochiqligi masalalari dolzarb bo‘lib qolmoqda. Shu sababli ko‘plab davlatlar an’anaviy kadastr tizimlaridan raqamli platformalarga o‘tish va bu tizimlarni Blockchain texnologiyasi bilan integratsiya qilish bo‘yicha keng ko‘lamli ishlarni amalga oshirmoqda.

Global statistik ma’lumotlarga ko‘ra, blokcheyn asosidagi yer kadastri va aktivlarni boshqarish bozori so‘nggi yillarda juda tez o‘sib bormoqda. 2025-yil holatiga ko‘ra ushbu bozor hajmi taxminan 13–14 milliard AQSh dollarini tashkil etgan bo‘lsa, 2031-yilga kelib u 22 milliard dollardan oshishi prognoz qilinmoqda.

O‘rtacha yillik o‘sish sur’ati (CAGR) esa 18–22% atrofida baholanmoqda. Bu ko‘rsatkichlar ushbu texnologiyaga bo‘lgan global ehtiyoj juda yuqori ekanligini ko‘rsatadi. O‘sishning asosiy sabablari sifatida davlat xizmatlarining raqamlashtirilishi, yer huquqlari bilan bog‘liq nizolarni kamaytirish zarurati va investitsiya muhitini yaxshilashga bo‘lgan talablar ko‘rsatiladi.

Amaliy jihatdan qaraganda, bugungi kunda bir qator davlatlar blokcheyn asosidagi kadastr tizimlarini sinovdan o‘tkazmoqda yoki qisman joriy qilgan. Masalan, Gruziya Respublikasi yer reyestrini blokcheyn texnologiyasi bilan integratsiya qilgan ilk davlatlardan biri hisoblanadi.

Ushbu tizim orqali yerga egalik huquqlari raqamli, o‘zgarmas yozuvlar shaklida saqlanadi va har qanday o‘zgarish tizimda iz qoldiradi. Natijada hujjatlarni soxtalashtirish va noqonuniy o‘zgartirish holatlari keskin kamaygan. Shuningdek, Shvetsiya yer kadastri agentligi tomonidan olib borilgan tajriba loyihalarda ko‘chmas mulk oldi-sotdi jarayonlari blokcheyn va smart kontraktlar orqali avtomatlashtirilgan bo‘lib, tranzaksiya vaqti o‘rtacha bir necha oydan bir necha kunga qisqargan.

Estoniya ham raqamli davlat sifatida bu sohada ilg‘or tajribaga ega. Mamlakatda davlat ma’lumotlarining katta qismi blokcheyn asosida himoyalangan bo‘lib, bu tizim ma’lumotlarning o‘zgarmasligini va xavfsizligini ta’minlaydi. Natijada davlat xizmatlari samaradorligi oshgan va fuqarolar uchun xizmatlardan foydalanish ancha soddalashgan. Hozirgi kunda dunyo bo‘yicha kamida 20 dan ortiq davlat blokcheyn asosidagi kadastr tizimlarini pilot bosqichda sinovdan o‘tkazmoqda, bu esa texnologiyaning global miqyosda tez tarqalayotganini ko‘rsatadi.

Statistik tahlillarga ko‘ra, rivojlanayotgan davlatlarda yer nizolarining 40–70 foizi noto‘g‘ri yoki to‘liq bo‘lmagan kadastr ma’lumotlari bilan bog‘liq. Ko‘plab hududlarda yer ma’lumotlarining faqat 50–60 foizi elektron tizimlarga o‘tkazilgan. Bu esa shaffoflik yetishmasligi va korrupsiya xavfini oshiradi. Shu nuqtai nazardan blokcheyn texnologiyasi muhim yechim sifatida ko‘rilmoqda, chunki u ma’lumotlarni markazlashmagan va o‘zgarmas shaklda saqlash imkonini beradi.

Blokcheyn texnologiyasining eng muhim afzalliklaridan biri — ma’lumotlarning o‘zgarmasligi va barcha tranzaksiyalarning shaffof qayd etilishidir. Tadqiqotlarga ko‘ra, blokcheyn joriy etilgan tizimlarda ma’lumotlarni o‘zgartirish ehtimoli deyarli nolga yaqinlashadi, tranzaksiya shaffofligi 80–90 foizgacha oshadi va hujjatlarni tekshirish vaqti 70 foizgacha qisqaradi. Bu esa davlat boshqaruvi va ko‘chmas mulk bozorida katta samaradorlik beradi.

Shuningdek, smart kontraktlar texnologiyasi ham keng joriy etilmoqda. Bu texnologiya orqali ko‘chmas mulk oldi-sotdi jarayonlari avtomatik tarzda amalga oshiriladi. Shartlar bajarilganda tizim o‘zi tranzaksiyani tasdiqlaydi.
Natijada notarius va vositachilar soni kamayadi, tranzaksiya xarajatlari esa o‘rtacha 20–40 foizgacha qisqaradi. Bu esa bozorda tezlik va samaradorlikni oshiradi hamda inson omili bilan bog‘liq xatoliklarni kamaytiradi.

Kelajak prognozlariga ko‘ra, 2030-yilga borib rivojlangan davlatlarning 60–70 foizi to‘liq raqamlashtirilgan kadastr tizimlariga ega bo‘ladi. Shuningdek, blokcheyn asosidagi yer reyestrlari ulushi global miqyosda 25–30 foizga yetishi kutilmoqda. Sun’iy intellekt texnologiyalari bilan integratsiya qilingan kadastr tizimlari esa standart yechimga aylanishi prognoz qilinmoqda. Bu jarayonlar yer resurslarini yanada samarali boshqarish, investitsiya muhitini yaxshilash va mulk huquqlarini himoya qilishga xizmat qiladi.

Shu bilan birga, ushbu sohada bir qator muammolar ham mavjud. Jumladan, texnologik infratuzilmaning yuqori xarajati, huquqiy bazaning to‘liq shakllanmaganligi, eski tizimlarni yangi platformalarga moslashtirish qiyinligi va kiberxavfsizlik muammolari dolzarb bo‘lib qolmoqda. Ba’zi davlatlarda blokcheyn loyihalarini joriy etish jarayoni texnik va institutsional sabablarga ko‘ra sekinlashgan.

Biroq ushbu muammolarni hal qilish bo‘yicha ham keng ko‘lamli ishlar olib borilmoqda. Davlatlar bosqichma-bosqich raqamlashtirish strategiyalarini joriy qilmoqda, xalqaro standartlar ishlab chiqilmoqda hamda sun’iy intellekt va katta ma’lumotlar texnologiyalari bilan integratsiya ishlari amalga oshirilmoqda.

Bu esa kelajakda yanada samarali, shaffof va ishonchli kadastr tizimlarini yaratish imkonini beradi.

Umuman olganda, davlat yer kadastri va ko‘chmas mulk tizimlarining raqamlashtirilishi va blokcheyn texnologiyasining joriy etilishi global miqyosda katta iqtisodiy va ijtimoiy ahamiyatga ega bo‘lib, bu yo‘nalish kelajakda davlat boshqaruvi tizimining eng muhim qismlaridan biriga aylanishi kutilmoqda.

Davlat yer kadastri va ko‘chmas mulk tizimlarida raqamli transformatsiya faqat texnologik yangilanish emas, balki butun boshqaruv modelining o‘zgarishini ham anglatadi. So‘nggi yillarda ko‘plab davlatlarda “e-Government” va “Smart Land Administration” konsepsiyalari asosida yangi tizimlar ishlab chiqilmoqda. Bu tizimlarning markazida esa ma’lumotlarning ishonchliligi, tezkorligi va shaffofligi turadi.

Xalqaro tajribalar shuni ko‘rsatadiki, yer kadastri tizimlari raqamlashtirilgan davlatlarda iqtisodiy samaradorlik sezilarli darajada oshadi. Masalan, Jahon Banki ma’lumotlariga ko‘ra, yer huquqlarini aniq va shaffof ro‘yxatdan o‘tkazgan davlatlarda investitsiya hajmi o‘rtacha 10–15% ga oshgan, chunki investorlar mulk huquqi kafolatlangan hududlarga ko‘proq sarmoya kiritadi.

Shuningdek, UN-Habitat tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda yer ma’lumotlari raqamlashtirilgan hududlarda yer nizolari 30–50% gacha kamaygani aniqlangan. Bu esa sud tizimiga tushadigan yukni kamaytiradi va davlat resurslarini samaraliroq taqsimlashga yordam beradi.

Hozirgi kunda eng muhim yo‘nalishlardan biri bu blokcheyn texnologiyasini sun’iy intellekt (AI) va geoinformatsion tizimlar (GIS) bilan integratsiya qilishdir. Bu kombinatsiya nafaqat ma’lumotlarni saqlash, balki ularni tahlil qilish va prognoz qilish imkonini ham beradi. Masalan, AI yordamida yer narxlarining o‘sishi, urbanizatsiya jarayonlari va infratuzilma rivojlanishini oldindan bashorat qilish mumkin bo‘ladi.

Yana bir muhim tendensiya — “Digital Twin” (raqamli egizak) texnologiyasidir. Bu texnologiya orqali shaharlar va yer uchastkalari real vaqt rejimida raqamli model sifatida aks ettiriladi. Masalan, 2026-yilga kelib Yevropaning bir qator shaharlarida yer va ko‘chmas mulk boshqaruvi to‘liq raqamli egizak tizimiga o‘tkazilmoqda. Bu tizimlar yordamida har bir yer uchastkasining holati, qiymati va foydalanish darajasi real vaqtda kuzatiladi.

Shuningdek, global tendensiyalarda “open data” (ochiq ma’lumotlar) siyosati ham muhim o‘rin egallamoqda. Ko‘plab davlatlar kadastr ma’lumotlarini ochiq platformalarda taqdim etishni boshlagan. Bu esa fuqarolar va biznes subyektlari uchun ma’lumot olishni osonlashtiradi hamda korrupsion xavflarni kamaytiradi.

Biroq, raqamlashtirish jarayoni bilan birga kiberxavfsizlik muammolari ham keskinlashmoqda. Statistik ma’lumotlarga ko‘ra, 2024–2025 yillarda davlat ma’lumot tizimlariga qilingan kiberhujumlar soni 20% ga oshgan. Shu sababli blokcheyn asosidagi tizimlarda kriptografik himoya, ko‘p darajali autentifikatsiya va xavfsiz tarmoq protokollari keng joriy etilmoqda.

Moliyaviy jihatdan qaraganda, davlatlar ushbu sohani rivojlantirish uchun katta investitsiyalar ajratmoqda. Masalan, 2025-yilda raqamli yer kadastri va blokcheyn asosidagi tizimlarga global investitsiyalar hajmi taxminan 5–6 milliard dollarni tashkil etgan. Prognozlarga koʻra, 2030-yilga borib bu koʻrsatkich 12 milliard dollardan oshadi.

Rivojlanayotgan davlatlar uchun eng katta muammo bu — mavjud eski kadastr maʼlumotlarini raqamlashtirishdir. Koʻplab mamlakatlarda yer hujjatlari qogʻoz shaklda saqlanadi, bu esa ularni raqamli tizimga oʻtkazishda vaqt va resurs talab qiladi. Shu sababli “mass digitization” (ommaviy raqamlashtirish) loyihalari keng joriy etilmoqda.

Yana bir muhim jihat — huquqiy bazaning moslashuvi. Blokcheyn asosidagi kadastr tizimlari uchun yangi qonunchilik talab etiladi. Hozirda koʻplab davlatlarda “digital property rights” (raqamli mulk huquqi) tushunchasi shakllantirilmoqda.

Kelajak istiqbollariga nazar tashlasak, 2035-yilgacha global kadastr tizimlarining kamida 50% qismi toʻliq raqamli platformalarga oʻtishi kutilmoqda. Shu bilan birga, blokcheyn va AI integratsiyasi asosida “toʻliq avtomatlashtirilgan yer boshqaruvi tizimi” shakllanishi prognoz qilinmoqda.

Umuman olganda, davlat yer kadastri va koʻchmas mulk tizimlarida blokcheyn texnologiyasining joriy etilishi global miqyosda katta transformatsiyani anglatadi. Bu jarayon nafaqat texnologik yangilanish, balki iqtisodiy, huquqiy va ijtimoiy tizimlarning ham oʻzgarishiga olib kelmoqda. Maʼlumotlarning shaffofligi oshishi, tranzaksiyalar tezlashishi va mulk huquqlarining himoyalanishi ushbu texnologiyaning asosiy afzalliklari hisoblanadi.

Shu bilan birga, texnik, huquqiy va kiberxavfsizlik muammolari hali ham mavjud boʻlsa-da, global tendensiyalar ushbu sohaning kelajakda yanada tez rivojlanishini koʻrsatmoqda.

XULOSA. Xulosa qilib aytganda, davlat yer kadastri va koʻchmas mulk tizimlarida zamonaviy raqamli texnologiyalarni joriy etish bugungi kunning eng dolzarb yoʻnalishlaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, blokcheyn texnologiyasining qoʻllanilishi maʼlumotlar shaffofligini taʼminlash, ularning oʻzgarmasligini kafolatlash va inson omilidan kelib chiqadigan xatoliklarni kamaytirishda muhim rol oʻynaydi.

Hozirgi kunda koʻplab davlatlarda kadastr tizimlari raqamlashtirilgan boʻlsa-da, maʼlumotlarning toʻliq ochiqligi va ishonchliligi hali ham muhim muammo boʻlib qolmoqda. Shu sababli blokcheyn asosidagi tizimlar yer va koʻchmas mulk maʼlumotlarini yagona, himoyalangan va markazlashmagan muhitda saqlash imkonini beradi. Bu esa korrupsiya xavfini kamaytiradi, mulk huquqini himoya qiladi va fuqarolar hamda investorlar ishonchini oshiradi.

Kelajakda davlat yer kadastri tizimlarini blokcheyn, sunʼiy intellekt va GIS texnologiyalari bilan integratsiya qilish orqali yanada samarali va shaffof boshqaruv tizimini yaratish mumkin. Natijada, yer resurslaridan oqilona foydalanish, iqtisodiy barqarorlikni taʼminlash va koʻchmas mulk bozorini rivojlantirishga erishiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. World Bank. Blockchain and Land Registry: Enhancing Transparency and Trust. — 2021.
2. FAO. Land Tenure and Blockchain Technology. — 2020.

3. European Commission. Blockchain for Land Administration Systems. — 2022.
4. IEEE. Blockchain Applications in Real Estate Management. — 2023.
5. UN-Habitat. Fit-for-Purpose Land Administration and Digital Cadastre. — 2021.
6. ESRI. GIS for Land Administration and Cadastre Systems. — 2022.
7. Open Geospatial Consortium. Standards for Digital Land Information Systems. — 2021.
8. Abdukarimov B.A. Yer kadastri asoslari. — Toshkent, 2020.
9. Williamson I., Enemark S., Wallace J. Land Administration for Sustainable Development. — ESRI Press, 2010.
10. Dale P., McLaughlin J. Land Information Management. — Oxford University Press, 2012.

UDK: 332.3:004.9

KADASTR SOHASIDA RAQAMLI TRANSFORMATSIYA: UZKAD IMKONIYATLARI

Jasuzaqova Ayjamol *-"TIQXMMI "Kadastr" ta'lim yo'nalishi talabasi*
Ilmiy rahbar: *B.M. Uspankulov*

Annotatsiya: *Ushbu maqolada, kadastr sohasida raqamli transformatsiyaga o'tish davrida ko'chmas mulk obyektlarini yaratish, kadastr yig'majildini shakllantirish, kadastr pasportini rasmiylashtirish hamda unga bo'lgan huquqlarni davlat ro'yxatidan o'tkazishda "UZKAD" axborot tizimining imkoniyatlari yoritilgan.*

Kalit so'zlar: *kadastr, raqamli transformatsiya, UZKAD, elektron xizmatlar, davlat boshqaruvi, yer resurslari, ko'chmas mulk, axborot tizimi, mulk huquqlari, islohotlar, raqamlashtirish, hujjatlar, shaffoflik, davlat xizmatlari.*

Kadastr tizimi yer resurslari boshqaruvining muhim asoslaridan biri bo'lib, ko'chmas mulk obyektlari to'g'risidagi huquqiy, texnik, iqtisodiy va geografik ma'lumotlarni o'z ichiga oladi. Xususan, kadastr o'z mohiyatiga ko'ra jamiyat hayotining deyarli barcha sohalari bilan bevosita bog'liq bo'lib, davlat tashkiliy-iqtisodiy siyosati, mulkchilik munosabatlari, yer va mulkdan oqilona foydalanish, soliq va boshqa ko'plab yo'nalishlarni muvofiqlashtirishda katta ahamiyat kasb etadi. So'nggi yillarda taraqqiyot yo'liga qat'iy kirishgan yurtimizda ham kadastr sohasida tub o'zgarishlar, modernizatsiya va innovatsion yangilanishlar yuz bermoqda. Bunday o'zgarishlarning markazida esa, eng avvalo, raqamli transformatsiya hamda yangi texnologiyalar asosida butun tizimni tubdan yangilash va takomillashtirish maqsadi yotadi.

Jumladan, kadastr tizimini raqamlashtirish natijasida ishbilarmonlik muhitini tubdan yaxshilash, tadbirkorlik faoliyatini amalga oshirish uchun yana-da qulay shart-sharoitlar yaratish hamda ko'chmas mulkka bo'lgan huquqlarni davlat ro'yxatidan o'tkazish bilan bog'liq tartibotlar sonini va muddatlarini qisqartirish kabi imkoniyatlar yaratiladi. Bundan tashqari, raqamlashtirish jarayoni xizmat ko'rsatish tezligini oshirib, inson omilini kamaytiradi hamda shaffoflik darajasini sezilarli ravishda oshiradi.

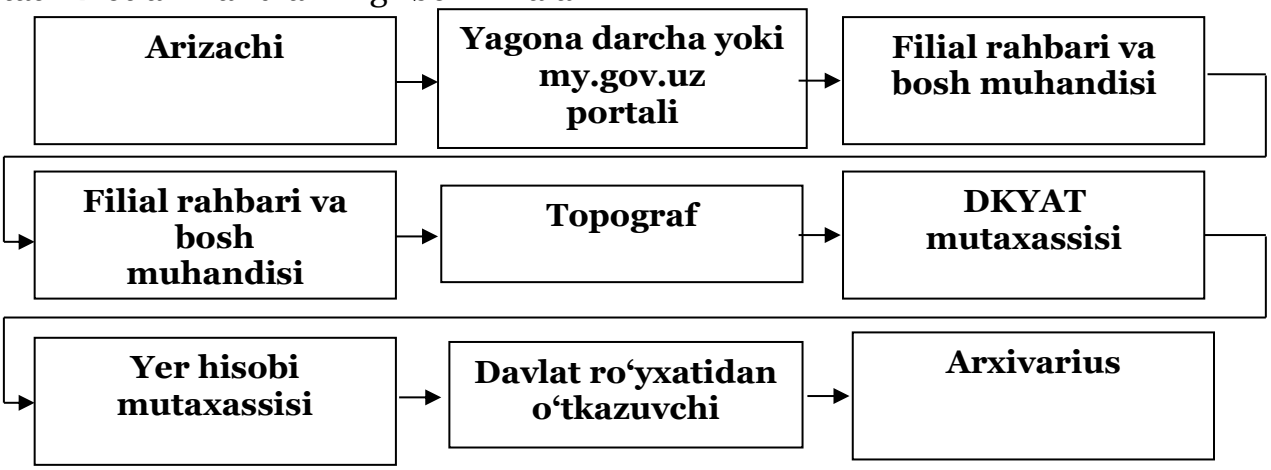
Kadastr sohasida ushbu maqsadlarni amalga oshirish yo'lida 2023-yil 1-yanvardan boshlab Kadastr va ko'chmas mulklarni ro'yxatdan o'tkazish integratsion axborot tizimi – UZKAD joriy etildi. Ushbu tizim

ko‘chmas mulk obyektlariga bo‘lgan huquqlarning davlat reyestri va ular haqidagi ma’lumotlar yuritiladigan, **ishonchliligi davlat tomonidan kafolatlangan markazlashgan raqamli platforma** sifatida amaliyotga tatbiq etildi.

“UZKAD” axborot tizimi kadastr sohasida raqamli transformatsiyaning amaldagi yorqin namunasi hisoblanadi. Mazkur tizim barcha jarayonlarni bosqichma-bosqich raqamlashtirish, mavjud hujjatlar, xaritalar va ma’lumotlarni zamonaviy ko‘rinishga keltirish orqali yagona **raqamli ekotizimni** shakllantiradi. Natijada ko‘chmas mulk huquqlarini rasmiylashtirish, yer ajratish va davlat xizmatlaridan foydalanish jarayonlari to‘liq integratsiyalashgan holda amalga oshiriladi. Xususan, “UZKAD” tizimi turli davlat axborot resurslari bilan o’z aro bog’langan. Jumladan “Garov reyestri”, “Notarius” avtomatlashtirilgan axborot tizimi, Ko‘chmas mulk obyektlari manzillari yagona reyestri shular jumlasidandir. Shuningdek, tadbirkorlik subyektlari yagona davlat reyestri, O‘zbekiston Respublikasi soliq to‘lovchilarining yagona reyestri, “Davlat mulki” axborot tizimi, shuningdek nodavlat notijorat tashkilotlar va ularning bo‘linmalari reyestri, litsenziyalar, ruxsat etish xususiyatiga ega hujjatlar hamda xabarnomalar reyestrlari va ko‘chmas mulk obyektlariga oid boshqa davlat axborot tizimlari bilan ham o‘zaro integratsiyasi yo’lga qo’yilgan**. Bu esa real vaqt rejimida ma’lumot almashinuvini ta’minlaydi.**

Mazkur tizimda yuritilayotgan har bir o‘zgarish tezkor tarzda qayd etilib, davlat idoralari va fuqarolar uchun ochiq hamda qulay elektron xizmat sifatida taqdim etiladi. Bunday imkoniyatlar mulk egalari va boshqa manfaatdor tomonlarga o‘z huquqlari hamda mulk obyektlari bo‘yicha ishonchli axborot olish, hujjatlarni masofadan turib rasmiylashtirish, zarur tekshiruv va so‘rovlarni amalga oshirish imkonini beradi.

E’tirof etish joizki, ko‘chmas mulk obyektlarini yaratish, kadastr yig‘majildini shakllantirish, kadastr pasportini rasmiylashtirish hamda unga bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish o‘zaro bog‘liq bo‘lgan murakkab texnik va tashkiliy jarayonlarni o‘z ichiga oladi. Ushbu jarayonlarda bir qator manfaatdor subyektlar, jumladan davlat xizmatchilari ham ishtirok etadi 1-rasm.

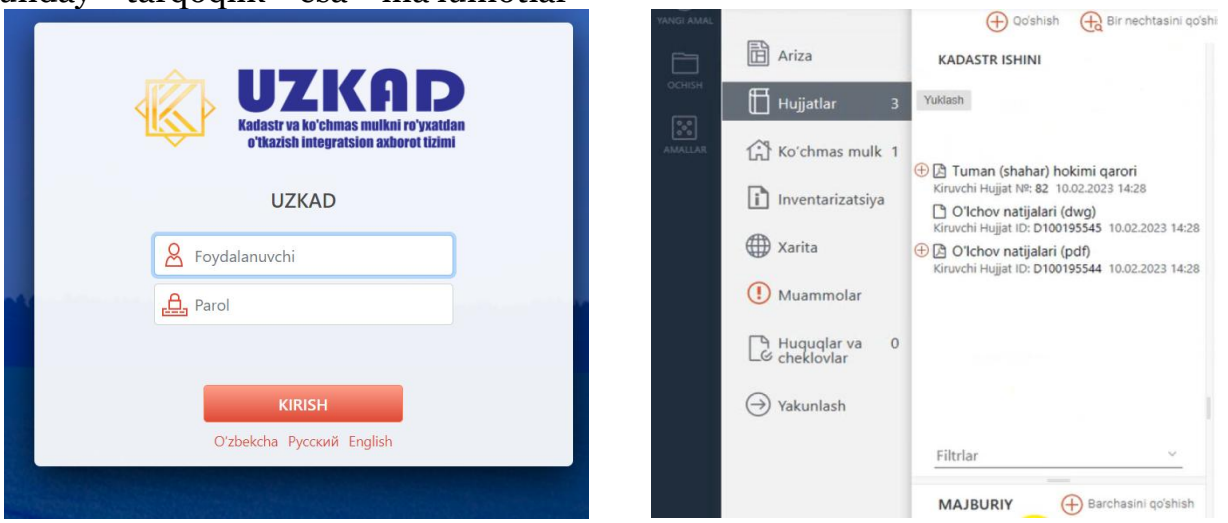


1-rasm. Ko‘chmas mulk obyektlarini yaratish va ro‘yxatdan o‘tkazish jarayonlari ishtirokchilari

Xususan, 2023-yilgacha kadastr sohasida raqamli transformatsiyaga o‘tish davrida kadastr sohasini raqamlashtirish maqsadida “Ko‘chmas

mulk” elektron dasturidan foydalanilgan bo‘lib, kadastr yig‘majildini shakllantirish, kadastr pasportini rasmiylashtirish hamda unga bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazishda bir qator texnik va funksional kamchiliklarga ega bo‘lgan.

Jumladan, grafik ma’lumotlarni to‘liq va samarali saqlash imkoniyatining cheklanganligi, ko‘chmas mulk obyektlarining kadastr qiymatini aniqlashda alohida qo‘shimcha dasturlardan foydalanish zaruriyati, shuningdek mulk va boshqa ashyoviy huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazishda “Davreestr.uz” kabi boshqa tizimlarga murojaat qilishga to‘g‘ri kelishi jarayonni murakkablashtirgan. Bunday tarqoqlik esa ma’lumotlar bog’liqligini qiyinlashtirib, ish jarayonida ortiqcha vaqt sarfi va texnik noqulayliklarni keltirib chiqarishiga sabab bo‘lgan. Aynan shunday murakkab texnik va tashkiliy jarayonlarni soddalashtirish maqsadida joriy etilgan “UZKAD” tizimi texnik ta’minot nuqtayi nazaridan kadastr muhandislari uchun qator muhim afzalliklarni taqdim etadi. Endilikda “UZKAD” axborot tizimi joriy etilishi bilan barcha jarayonlar “yagona tizim” tamoyili asosida amalga oshirilmoqda. Jumladan, 1-rasmda aks ettirilgan bosqichlar to‘liq raqamlashtirilgan holda, markazlashtirilgan tizm doirasida izchil va uzluksiz tarzda bajariladi.



a) “UZKAD” axborot tizimiga kirish *b) “UZKAD” axborot tizimi amallarni bajarish darchasi*

2-rasm. Kadastr va ko’chmas mulklarni ro’yxatdan o’tkazish integratsion axborot tizimining umumiy ko’rinishi

2-rasmda axborot tizimining umumiy ko‘rinishi keltirilgan bo‘lib, uning “Ko‘chmas mulk” elektron dasturidan asosiy farqi funksional imkoniyatlarining kengligida namoyon bo‘ladi. Xususan, “UZKAD” axborot tizimida ko‘chmas mulk bilan bog‘liq jarayonlar, jumladan kadastr pasportini shakllantirish, davlat kadastrlari yagona tizimiga ma’lumotlarni kiritish, ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish hamda boshqa tegishli amallarni yagona platforma orqali amalga oshirish imkoniyati yaratildi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 7-dekabrdagi “Davlat tomonidan tartibga solinadigan sohalarga xususiy sektorni jalb etish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-4913-son

qaroriga muvofiq, 2021-yil 1-apreldan boshlab Kadastr agentligi tomonidan beriladigan malaka shahodatnomasiga ega bo‘lgan ko‘chmas mulk bo‘yicha kadastr muhandislariga, jumladan, ko‘chmas mulk obyektlariga birlamchi kadastr yig‘majildini tayyorlash huquqi berildi. Bu esa **xususiy sektorni jalb qilish va raqobat muhitini rivojlantirishga xizmat qiladi.**

UZKAD tizimi orqali xususiy sektor vakillari yagona ma’lumotlar bazasidan foydalanish imkoniga ega bo‘lib, bu esa jarayonlarning tezkorligi va samaradorligini oshiradi.

Xulosa qilib aytganda, UZKAD axborot tizimi kadastr sohasida raqamli transformatsiyaning muhim bosqichi bo‘lib, barcha jarayonlarni yagona platformada birlashtirish orqali tizim samaradorligini sezilarli darajada oshirdi. Ushbu tizim davlat boshqaruvida shaffoflikni ta’minlab, xizmat ko‘rsatish sifatini yaxshilaydi hamda fuqarolar va tadbirkorlar uchun keng imkoniyatlar yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 24-avgustdagi “Mulk huquqining daxlsizligini ishonchli himoya qilish, mulkiy munosabatlarga asossiz aralashuvga yo‘l qo‘ymaslik, xususiy mulkning kapitallashuv darajasini oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-198-sonli Farmoni.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 7-dekabrdagi “Davlat tomonidan tartibga solinadigan sohalarga xususiy sektorni jalb etish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-4913-son qarori.
3. Akramov, M. (2019). “O‘zbekistonda yer kadastr tizimini takomillashtirishning aktual masalalari.” Yer resurslari va kadastr, 5(2), 15-22.
4 . Beknazarov, I. (2021). “Raqamli kadastr tizimi rivojlanishining asosiy omillari.” Geodeziya va kartografiya, 35(4), 27-33.
5. Ergashev, S., & Murodova, S. (2018). “Kadastr sohasida innovatsion texnologiyalar.” Zamonaviy fan yutuqlari, 12(2), 80-87.
6. Karimov, F. (2020). “Raqamli transformatsiya va mulk huquqlarini himoya qilish.” Kadastr axboroti, 23(2), 11-18.
7. Ochilov, Z. (2017). “Davlat kadastr tizimida axborotlashuv jarayonlari.” Iqtisodiyot va innovatsiyalar, 8(3), 19-25.

UDK: 528.8:332.3

МАСОФАДАН ЗОНДЛАШ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ АСОСИДА ЕР РЕСУРСЛАРИНИ МОНИТОРИНГ ҚИЛИШ ВА КАДАСТР МАЪЛУМОТЛАРИНИ ЯНГИЛАШ

Абдираманов Рашид Дусчанович *“ТИҚХММИ” Миллий тадқиқот университети катта ўқитувчиси*

Нуруллаев Озодбек Фарход ўғли *“ТИҚХММИ" миллий тадқиқот университети” талабаси*

Хамдамов Оғабек Дилшод ўғли *“ТИҚХММИ" Миллий тадқиқот университети” талабаси*

Аннотация: *Мазкур мақолада масофадан зондлаш технологияларидан фойдаланиш орқали ер ресурсларини мониторинг қилиш ҳамда кадастр маълумотларини янгилаш*

масалалари таҳлил қилинади. Ер ресурсларидан оқилона фойдаланиш, уларнинг ҳолатини мунтазам назорат қилиш ва мавжуд маълумотларни тезкор янгилаб бориш бугунги кунда долзарб вазифалардан бири ҳисобланади. Тадқиқотда сунъий йўлдош тасвирлари ва геоинформацион технологиялар ёрдамида ер фондининг ҳолатини аниқлаш, ўзгаришларни мониторинг қилиш ҳамда кадастр тизимига интеграция қилиш имкониятлари ёритилган.

Калит сўзлар: *масофадан зондлаш, ер ресурслари, мониторинг, кадастр тизими, сунъий йўлдош тасвирлари, геоинформацион тизимлар.*

Кириш қисми. Ер ресурслари ҳар қандай давлатнинг муҳим табиий бойликларидан бири ҳисобланади. Уларни самарали бошқариш ва муҳофаза қилиш учун ер фондининг ҳолати тўғрисидаги маълумотларнинг аниқлиги ва янгилиги катта аҳамиятга эга. Анъанавий усуллар ёрдамида ер майдонларини ўрганиш кўп вақт ва маблағ талаб қилади. Шу сабабли сўнгги йилларда масофадан зондлаш технологияларидан фойдаланиш кенг ривожланиб бормоқда. Масофадан зондлаш технологиялари ер юзасини сунъий йўлдошлар ёки учувчи аппаратлар орқали кузатиш имконини беради. Ушбу технологиялар ёрдамида катта ҳудудларни қисқа вақт ичида ўрганиш, ер қопламасидаги ўзгаришларни аниқлаш ҳамда мавжуд кадастр маълумотларини янгилаш мумкин.

Муаммонинг қўйилиши: Ер ресурслари мамлакат иқтисодий ривожланишида муҳим ўрин тутадиган табиий бойликлардан бири ҳисобланади. Ер фондидан оқилона фойдаланиш, унинг ҳолатини назорат қилиш ҳамда ер участкалари тўғрисидаги маълумотларнинг аниқлигини таъминлаш давлат ер кадастри тизимининг асосий вазифаларидан биридир. Бироқ амалиётда ер ресурслари тўғрисидаги мавжуд маълумотлар ҳар доим ҳам реал ҳолатни тўлиқ акс эттирмаслиги кузатилади. Анъанавий усуллар орқали ер майдонларини ўрганиш, геодезик ўлчовлар ўтказиш ва дала тадқиқотларини амалга ошириш кўп вақт ва меҳнат талаб қилади. Катта ҳудудларни қисқа вақт ичида қамраб олиш имкониятининг чекланганлиги сабабли айрим ҳолларда кадастр маълумотлари эскириб қолади. Натижада ер участкаларининг чегаралари, фойдаланиш тури ёки ер қопламаси таркибидаги ўзгаришлар кадастр базасида ўз вақтида акс эттирилмайди.

Шунингдек, қишлоқ хўжалиги ерларининг қисқариши, янги қурилиш объектларининг пайдо бўлиши, ерларнинг деградацияси каби жараёнлар ҳам ер ресурслари мониторингини мунтазам равишда олиб боришни талаб этади. Бундай ўзгаришларни аниқ ва тезкор аниқлаш учун замонавий технологиялардан фойдаланиш зарур. Шу нуқтаи назардан, масофадан зондлаш технологиялари ер ресурсларининг ҳолатини масофадан туриб кузатиш, катта ҳудудлар бўйича тезкор маълумотлар олиш ҳамда ўзгаришларни аниқлаш имконини беради. Олинган маълумотларни геоинформацион тизимлар билан интеграция қилиш орқали кадастр маълумотларини янгилаш ва уларнинг аниқлигини ошириш

мумкин. Демак, ер ресурсларини мониторинг қилишда масофадан зондлаш технологияларидан самарали фойдаланиш ҳамда уларни кадастр тизими билан уйғунлаштириш масаласи илмий ва амалий жиҳатдан долзарб муаммо ҳисобланади. Бу йўналишда олиб бориладиган тадқиқотлар ер ресурсларини бошқариш самарадорлигини оширишга хизмат қилади.

Тадқиқот методи: Мазкур тадқиқотни амалга ошириш жараёнида бир қатор илмий ва амалий тадқиқот методларидан фойдаланилди. Аввало, масофадан зондлаш технологиялари ёрдамида олинган сунъий йўлдош тасвирларини таҳлил қилиш орқали ер ресурсларининг ҳолати ўрганилди. Олинган маълумотлар махсус дастурий воситалар ёрдамида қайта ишланиб, ер қопламасининг турли турлари ажратиб олинди ҳамда уларнинг ҳудудий тақсимоти аниқлаштирилди. Тадқиқот жараёнида геоинформацион тизимлардан кенг фойдаланилди. Ушбу тизимлар ёрдамида масофадан зондлаш орқали олинган маълумотлар мавжуд кадастр маълумотлари билан солиштирилди ва таҳлил қилинди. Бу эса ер участкаларининг чегаралари, фойдаланиш тури ҳамда бошқа кўрсаткичлардаги ўзгаришларни аниқлаш имконини берди. Шунингдек, тадқиқот давомида картографик таҳлил усули қўлланилиб, сунъий йўлдош тасвирлари асосида тематик хариталар тузилди. Ушбу хариталар ёрдамида ер қопламасидаги ўзгаришлар ва уларнинг ҳудудий хусусиятлари аниқлаштирилди. Олинган натижалар статистик таҳлил усуллари ёрдамида умумлаштирилиб, ер ресурслари мониторинги ҳамда кадастр маълумотларини янгилаш жараёнида масофадан зондлаш технологияларининг самарадорлиги баҳоланди. Тадқиқот натижаларининг ишончлилигини таъминлаш мақсадида масофадан зондлаш маълумотлари дала кузатувлари ва мавжуд расмий кадастр маълумотлари билан солиштирилди. Натижада олинган маълумотларнинг аниқлиги текширилиб, уларни амалиётда қўллаш имкониятлари асослаб берилди.

Тадқиқот натижалари. Ўтказилган тадқиқотлар натижасида масофадан зондлаш технологияларидан фойдаланиш ер ресурсларининг ҳолатини аниқлаш ва уларни мониторинг қилишда самарали усуллардан бири эканлиги аниқланди. Сунъий йўлдош тасвирларини таҳлил қилиш орқали ўрганилган ҳудуддаги ер қопламасининг асосий турлари аниқланиб, уларнинг ҳудудий тақсимоти баҳоланди. Тадқиқот жараёнида олинган масофадан зондлаш маълумотлари мавжуд кадастр маълумотлари билан солиштирилди. Таҳлил натижаларига кўра айрим ҳудудларда ер участкаларининг фойдаланиш турида ўзгаришлар юз бергани, баъзи жойларда эса янги қурилиш объектлари Пайде бўлгани аниқланган. Шунингдек, қишлоқ хўжалиги ерларининг айрим қисмларида экин майдонларининг қисқариши ёки бошқа мақсадларда фойдаланиш ҳолатлари кузатилди. Сунъий йўлдош тасвирлари асосида ер қопламасининг тематик хариталари тузилди ҳамда ўзгаришларни акс эттирувчи

картографик материаллар яратилди. Ушбу хариталар ёрдамида ҳудуддаги ер ресурсларининг ҳолатини визуал тарзда баҳолаш ва таҳлил қилиш имконияти яратилди. Тадқиқот натижалари шуни кўрсатдики, масофадан зондлаш технологиялари катта ҳудудларни қисқа вақт ичида ўрганиш, ер қопламасидаги ўзгаришларни аниқлаш ҳамда мавжуд кадастр маълумотларини янгилаш жараёнини сезиларли даражада тезлаштиради. Шу билан бирга, ушбу технологиялар ер ресурсларини бошқариш ва улардан самарали фойдаланиш бўйича асосланган қарорлар қабул қилишга хизмат қилади. Натижада масофадан зондлаш маълумотларини геоинформацион тизимлар билан биргаликда қўллаш ер ресурслари мониторингининг аниқлиги ва самарадорлигини ошириши, шунингдек кадастр маълумотлар базасини мунтазам янгилаб бориш учун муҳим ахборот манбаи бўлиб хизмат қилиши аниқланди.

Хулоса. Олиб борилган тадқиқотлар натижасида масофадан зондлаш технологияларидан фойдаланиш ер ресурсларини мониторинг қилиш ва кадастр маълумотларини янгилаш жараёнида муҳим аҳамиятга эга эканлиги аниқланди. Ушбу технологиялар ёрдамида катта ҳудудларни қисқа вақт ичида ўрганиш, ер қопламасидаги ўзгаришларни аниқлаш ҳамда олинган маълумотларни таҳлил қилиш имконияти мавжуд. Тадқиқот натижалари шуни кўрсатдики, сунъий йўлдош тасвирлари ва геоинформацион тизимлардан биргаликда фойдаланиш ер ресурслари тўғрисидаги маълумотларнинг аниқлиги ва ишончлилигини оширишга хизмат қилади. Шунингдек, бу усул ер участкаларининг фойдаланиш туридаги ўзгаришларни ўз вақтида аниқлаш ҳамда кадастр маълумотларини мунтазам янгилаб бориш имконини беради. Масофадан зондлаш технологияларини амалиётга кенг жорий этиш ер ресурсларини бошқариш самарадорлигини оширишга, уларни муҳофаза қилиш ва улардан оқилона фойдаланишни таъминлашга ёрдам беради. Шу билан бирга, мазкур технологиялар ер кадастри тизимини такомиллаштириш ва замонавий ахборот технологияларига асосланган бошқарув механизмларини ривожлантиришда муҳим аҳамият касб этади. Келгусида масофадан зондлаш маълумотларини янада чуқурроқ таҳлил қилиш, уларни геоинформацион тизимлар билан интеграция қилиш ҳамда автоматлаштирилган мониторинг тизимларини яратиш ер ресурсларини самарали бошқариш имкониятларини кенгайтиради.

Юқоридагилардан келиб чиққан ҳолда шуни айтиш мумкинки, масофадан зондлаш маълумотларидан фойдаланиш ер ресурслари мониторингининг аниқлиги ва тезкорлигини ошириб, давлат ер кадастри маълумотларини мунтазам равишда янгилаб бориш учун муҳим ахборот манбаи бўлиб хизмат қилади.

Фойдаланилган адабиётлар.

1. Ўзбекистон Республикаси “Ер кодекси”. Т.: Адолат, 2022.

2. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 7 сентябрьдаги ПФ-6061-сонли “Ер

ҳисоби ва давлат кадастрларини юритиш тизимини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги Фармони. Тошкент, 2020.

3. Мухторов Ў.М., Инамов А.Н. Геоинформацион тизимлар ва технологиялар — ўқув қўлланма, ТИИҚХММИ. (2017). (ГИС ва фазовий маълумотларни қайта ишлаш бўйича илмий-услубий материаллар).

4. Бабажанов А.Р., Абдираманов Р.Д., Абдурахмонов И.И., Исломов Ў.П. Ноқишлоқ хўжалик мақсадларида ер ажратиш лойиҳаларини ГИС технологиялари асосида тузишнинг афзалликлари. E3S веб-конференциялари, 227, (2021).

5. Бабажанов А.Р., Абдираманов Р.Д. Геоахборот тизимлари технологияларига асосланган лойиҳаларни назорат қилиш ва мониторингини юритиш Агро иқтисодиёт илмий-амалий журнал махсус сони, 2020 йил, 122-125 б.

6. Egamova D.A., Sulaymonov J.N. “Improving Agricultural Mapping Using Remote Sensing Data”, – ilmiy maqola (*Best Publication*). (2023). (Sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari orqali yer xaritalash va fazoviy tahlil bo‘yicha tadqiqot.

UDK: 528.8:631.4

ЗАМОНАВИЙ ЭЛЕКТРОН ДАСТУРЛАР ОРҚАЛИ ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИ ЭКИН ЕРЛАРИНИНГ МОНИТОРИНГ ҚИЛИШ СУРХОНДАРЁ ВИЛОЯТИ МИСОЛИДА

Турдиева Моҳичеҳра Дилмурод қизи., *“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” миллий тадқиқот университети, Ер ресурлар ва кадастр факультети талабаси*

Ўткир Исломов Пирметович., *Геодезия ва геоинформатика кафедраси. доцент., т.ф.ф.д.*

Аннотация: *Ушбу мақолада Ўзбекистон Республикасида сўнги беш йил ичида Қишлоқ хўжалиги экин ерларини замонавий электрон дастурлар орқали мониторинг ва таҳлил қилиб бориш, ерлар деградациясига қарши курашиш тадбирларини мониторинг қилиш, баҳолаш ва ҳисобот шаклларини ишлаб чиқиш ҳамда бошқа маълумотлар соҳадаги маълумотларини тезда эчим топиш ишлари келтирилган.*

Калит сўзлари: *Ер, замонавий дастурлар, ГИС, қишлоқ хўжалик экин ерлари, мониторинг ишлари деградацияга учраган ерлар, инновацион тармоқлар, ҳудудлар кесими, аҳоли, рақамли технологиялар ва статистик маълумотлар.*

Аннотация: *В статье представлены результаты работы по мониторингу и анализу пахотных земель сельскохозяйственного назначения с использованием современных электронных программ в Республике Узбекистан за последние пять лет, разработка форм мониторинга, оценки и отчетности по мерам борьбы с деградацией земель, а также быстрая обработка других данных в полевых условиях.*

Ключевые слова: *Земля, современные программы, ГИС, пахотные земли сельскохозяйственного назначения,*

мониторинг деградированных земель, инновационные секторы, территориальный разрез, население, цифровые технологии и статистические данные.

Abstract: *This article presents the work on monitoring and analyzing agricultural arable land through modern electronic programs in the Republic of Uzbekistan over the past five years, the development of monitoring, assessment and reporting forms for measures to combat land degradation, and the rapid processing of other data in the field.*

Keywords: *Land, modern programs, GIS, agricultural arable land, monitoring degraded lands, innovative sectors, cross-section of territories, population, digital technologies and statistical data.*

Ҳозирги иқлим ўзгариш даврида Ўзбекистонда қишлоқ хўжалиги экин ерлари мониторинги ва таҳлил ишлари, деградацияга учраган ерларни гуллаб-яшнаётган экотизмлари ва барқарор ҳудудларга айлантириш учун давлат ва хусусий фойдаланган кўрсатишга замонавий электрон дастурлар ўрни катта аҳамиятга эга. Сўнги йилларда глобол иқлим ўзгари натижасида мамлакатимизда ҳам чанг бўронлари тез-тез кузатилаётганлиги, бунга глобал иқлим ўзгариши билан бирга ноқонуний дарахт кесилиши, сув камайиши, тартибсиз чорва боқилиши оқибатида чўл яйловлари деградацияга учраётгани ҳам сабаб бўлаяпди.

Мазкур масалада мамлакат стратегияларни БМТ Чўлланишга қарши кураш тўғрисидаги конвенциясининг (UNCCD) Ер деградацияси нейтраллиги мувофиқлаштирилиши ва аҳолининг заиф қатламлари учун барқарор турмуш шароитини таъминлаш мажбуриятини олади. Шу ўринда деградацияга учраган ерларни тиклаш ва қурғоқчиликка чидамлиликни ошириш катта молиявий ресурслар талаб қилади. Бундай ишлар кўпинча республика бюджетидан ошиб кетган. Халқаро молиялаштиришга киришни осонлаштирадиган мустаҳкам механизмлар ва инновацион ҳамкорликлар жамоавий саъй-ҳаракатлар маваффақиятли бўлишида муҳим аҳамиятга эга. Бунинг учун қуйидаги таклифлар эътироф этилди:

- Маблағдан фойдаланиш, ариза бериш ва тасдиқлаш жараёнларини соддалаштириш;
- Грант асосида молиялаштиришни, узоқ муддатли экологик фойда келтирадиган молиявий даромадлари чекланган лойиҳалар учун кўпайтириш;
- Донорлар талабларига жавоб берадиган банк лойиҳаларини ишлаб чиқиш учун техник ёрдам кўрсатиш;
- Молиялаштиришнинг инновацион механизмлари ва воситалари, жумладан қўшимча ресурсларни сафарбар қилиш учун яшил облигацияларни кенгайтириш таклифлари берилди.

Республикамизда илғор суғориш тизимларига сармоя киритилиб, қишлоқ хўжалигида сувдан фойдаланиш қисқартирилди ва қурғоқчиликка чидамлиликни оширади. Ривожланган давлатларда қишлоқ хўжалиги экин ерларини мониторинг қилиш ва таҳлил қилиш ишлари олимлар тамонидан таҳлил қилинади.



1-расм. Замонавий электрон дастурлар орқали мониторинг ишлари

Шу ўринда Ўзбекистон Республикаси Президентининг "Ерлар деградациясига қарши курашишнинг самарали тизимини яратиш чора-тадбирлари тўғрисида" 2022 йил 10 июндаги ПҚ-277-сон қарори ижроси юзасидан [1], шунингдек, ерлар деградациясига қарши курашиш ва унинг салбий оқибатларини юмшатиш, ҳудудларда қурғоқчилик ва чўлланишнинг олдини олиш, тупроқ унумдорлигини сақлаш ва ошириш, деградацияга учраган ерларни қайта тиклаш, ушбу йўналишда илғор илмий ишланмалар ва инновациялардан кенг фойдаланиш мақсадида Вазирлар Маҳкамаси қарор қилинган.[1-2]

Ерлар деградацияси жараёнлари билан курашиш ва уларнинг олдини олиш ҳамда тупроқларни муҳофаза қилиш бўйича ерлар деградациясига қарши курашиш тадбирларини мониторинг қилиш, баҳолаш ва ҳисобот шаклларини ишлаб чиқиш ҳамда натижаларни чоп этиш тартибини белгилаш назарда тутилганлиги маълумот учун қабул қилинсин. [5-6]

Ерлар деградациясига қарши курашиш тадбирларини мониторинг қилиш, баҳолаш ва ҳисобот шаклларини ишлаб чиқиш ҳамда уларнинг натижаларини чоп этиш тартиби тўғрисидаги низом ҳам тасдиқланди.

- Ерлар деградациясига қарши курашиш тадбирлари мониторингини ташкил этиш ва ҳисоботларни қабул қилиш тартиби;
- Ерлар деградациясига қарши курашиш тадбирлари натижаларини чоп этиш тартиби.

Замонавий электрон дастур орқали қишлоқ хўжалиги экин ерларини мониторинг қилиш ва таҳлил қилиш, ерлар деградациясининг кескинлашуви, глобал иқлим ўзгариши, қурғоқчилик ва чўлланишнинг салбий оқибатларини юмшатиш, қишлоқ хўжалигига мўлжалланган ерларда тупроқ унумдорлиги сақлаш, ошириш ва қайта тиклаш

мақсадида мониторинг ишларини амалга ошириш ҳамда деградацияга қарши курашиш тадбирларини бажариш тартибини белгилаб берди. [7-8]

Илмий тадқиқотимиз асосий атамаси, Замонавий электрон дастур орқали қишлоқ хўжалиги экин ерларини мониторинг ва таҳлил қилиш, ер деградацияси глобал экологик жамғарма томонидан қуйидагича изоҳланади ва унинг энг муҳим кўрсаткичлари қуйидаги 3 та омил ҳисобланади.

- Ҳосилдорликнинг пасайиши ер ҳосилдорлигининг пасайиши Ўзбекистоннинг барча ҳудудларида кузатилади. Тупроқ ҳосилдорлигини одатда бонитет баллари бўйича ҳисобланиб, бирлиги 0 балдан 100 балгача. Бонитет бали қандай ҳисобланиши барча учун муҳим эмас, лекин шуни билиш лозимки, бонитет бали қанчалик юқори бўлса, ер шунчалик ҳосилдор бўлади. 1990 йиллар бошидан бери Ўзбекистон бўйича суғориладиган ерларнинг бонитет бали 55–65 балдан ўртача 10 балга пасайган.
- Табиий биологик хилма хилликнинг пасайиши ернинг маълум экологик хизматларни (ҳосилдорлик, ифлосланишга бардошлилик, гидрология, кимёвий моддалар айланиши циклида қатнашиш ва бошқалар) барча жараёнларда қатнашувчи биологик ҳаёт шаклларини мавжуд хилма хиллигига тўғридан тўғри боғлиқдир. Биологик турлар миқдори озайиши билан ўтаётган жараёнларнинг миқдори ва уларнинг сифати тушади. Натижада деградацияга учраган ерлар пайдо бўлади.
- Ташқи таъсирларга бардошлилик хусусиятининг пасайиши муқим ҳаракатдаги турли табиий (иқлим ва бошқа табиий офатлар) ва антропоген (ифлосланиш, вақтинчалик салбий таъсир ва бошқалар) таъсирларга бардош бера олади. Айнан тизим ичидаги тўғри ҳаракатдаги жараёнлар, биохилмахилликнинг мавжудлиги экотизимнинг салбий таъсирлардан тикланишига ва олдинги функцияларига қайта эга бўлишига олиб келади.

Ерлар деградациясининг асосий сабаблари бу қишлоқ хўжалиги ишлаб чиқарилишида нооқилона амалиётнинг олиб борилиши, яйловлардан меъёрдан ортиқча фойдаланиш, ўрмон ва бошқа ўсимлик қопламининг йўқ қилинишини кузатиш мумкин. Нооқилона қишлоқ хўжалиги суғорма ерларда меъёрдан ортиқ сувнинг ишлатилишида, тупроқ юқори қатламининг шамол ва сув эрозиясига учрашида, тупроқ юқори қатламининг зичланиб, махсус қават ҳосил қилганида, шўрланишида ва турли хил тупроқдан фойдаланишнинг яроқсиз ҳолатга келишида кўринади.

Шу билан бирга кўп табиий яйловлар фойдаланилмай, деградацияга учрамоқда. Яйловларга туёқлилар келмаса, энг юқори тупроқ қатлами қотиб қолади ва шу ерга хос бўлган ўсимлик уруғлари тарқамайди, шунингдек ўсимликларнинг биологик хилма хиллиги ривожланмайди ҳамда аввал таъкидланганидек, биологик турлар камайган сари биологик

жараёнларнинг ўтиши ҳам ёмонлашади, натижада ер деградацияси келиб чиқади.

Қишлоқ хўжалиги экин ерларини деградацияси Ўзбекистондаги энг долзарб экологик муаммолардан бири бўлиб, қишлоқ хўжалигининг турли жабҳаларига ва мамлакатнинг экологик ҳолатига таъсир кўрсатмоқда. Деградация жараёни тупроқ эрозияси, шўрланиш, тупроқ ресурсларининг камайиши ва унумдорлигининг пасайиши каби ҳодисаларни ўз ичига олади. Ўзгарувчан иқлим ва қишлоқ хўжалиги эҳтиёжлари учун ердан интенсив фойдаланиш шароитида ерларнинг деградацияси муаммоси тобора муҳим аҳамият касб этмоқда. [8,9,10]

Ўзбекистонда ер деградациясининг сув ресурсларидан нотўғри фойдаланиш, интенсив суғориш ва агротехник тайёргарликнинг етарли эмаслиги каби асосий сабаблари ўрганилган. Деградациянинг мамлакат экотизимлари ва иқтисодиётига таъсири таҳлил қилиниб, қишлоқ хўжалиги амалиётини такомиллаштириш, барқарор агротехника амалиётини жорий етиш ва сув ресурсларини самарали бошқариш ҳисобланади. Юртимиз бугунги кун иқтисодиёт шароитида ўзининг улкан қишлоқ хўжалиги ерлари ва бой табиий бойликлари билан энг долзарб муаммоларидан бири - ер ресурсларининг деградацияси олдида турибди. [6,14]

Олиб борилаётган тадқиқот ва ҳисоб-китобларга кўра, Ўзбекистон ҳудудининг қарийб 60 фоизи ер деградациясининг турли шаклларига дучор бўлмоқда. Ушбу фоиз юқори бўлиб, ердан барқарор фойдаланишга ва агроэкологик ресурслардан самарасиз фойдаланишга етарлича эътибор берилмаганлиги сабабли ўсишда давом этмоқда. Республикамизда ерларнинг деградацияси муаммоси, шунингдек, мамлакатнинг турли минтақаларида, шу жумладан деградация даражаси юқори бўлган ҳудудларда тарқалиши ҳақида тўлиқ маълумотга эга бўлишдир. Ушбу мақсадга эришиш учун биз тупроқ деградациясининг хусусиятларини аниқлаймиз. [6,8,14]

Қишлоқ хўжалигига мўлжалланган ер ресурсларида деградацияси муаммоси мамлакатнинг барқарор ривожланишига жиддий таҳдид солмоқда. Ушбу муаммо мамлакатнинг умумий ҳудудини ва тупроқ сифатининг узоқ муддатли тенденцияларини кўриб чиқиш ишлари олиб борилмоқда. Шу билан бирга, ердан фойдаланишни яхшилаш, тупроқ деградациясига қарши курашиш, қишлоқ хўжалигида қишлоқ хўжалиги ва сув хўжалигини бошқариш амалиётини такомиллаштиришга қаратилган. Шунингдек, бу деградацияга учраган ерларни тиклаш ва уларнинг маҳсулдорлигини ошириш бўйича лойиҳаларни амалга оширишга тегишли ишлар амалга оширилмоқда.

Ўзбекистонда ерларнинг деградацияси муаммосининг кўлами вазиятнинг янада ёмонлашишини олдини олиш ва мамлакатда тупроқ ҳолатини тиклаш бўйича тезкор ва самарали чораларни талаб қилади. Ўзбекистонда ерларнинг деградацияси муаммосини таҳлил қилишда унинг мамлакатнинг турли минтақаларида тарқалишини ҳисобга олиш керак, чунки ҳар бир

минтақанинг ўзига хос хусусиятлари ва тупроқ деградациясига таъсир қилувчи омиллар мавжуд.

Ўзбекистонда ер ресурсларини барқарор бошқариш стратегиясини ишлаб чиқишда маҳаллий ўзига хосликлар ва муаммоларни ҳисобга олиш зарурлигини таъкидлайди. Тупроқ деградацияси муаммосини ҳал қилиш ҳар бир минтақанинг ўзига хос шароитларини ҳисобга оладиган комплекс ёндашувни ва ерларнинг янада ёмонлашишини олдини олиш ва унумдорлигини тиклаш бўйича тегишли чораларни кўришни талаб қилади.

Хулоса қилиб айтганда, қишлоқ хўжалиги экин ерларини замонавий электрон дастурлар орқали мониторинг ва таҳлил қилиб бориш, деградациясига қарши курашда муваффақиятга эришишда турли даражадаги, жумладан, давлат идоралари, жамоат ташкилотлари, илмий ўрни муҳимдир. Фақат бу муаммолар ечими, саъй-ҳаракатлар орқали ер ресурсларини барқарор бошқаришни таъминлаш ва келажак авлодлар учун экологик яхлитликни сақлашимиз мумкин. Умуман олганда, қишлоқ хўжалиги экин ерларини замонавий электрон дастурлар орқали мониторинг ва таҳлил қилиб бориш ерларнинг деградацияси муаммосини ҳал қилиш комплекс ва тизимли ёндашувни, шунингдек ўзгарувчан вазиятга мувофиқ доимий мониторинг ва таҳлил ишлари талаб қилади.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Ерлар деградациясига қарши курашишнинг самарали тизимини яратиш чора-тадбирлари тўғрисида” 2022 йил 10 июндаги ПҚ-277-сон қарори.

2. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017-2021 йилларда “Ҳаракатлар стратегияси” Тошкент “Адолат” 2017 йил

3. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Махкамасининг 2017 йил 19 июлдаги “Ўзбекистон Республикаси Ер ресурслари, геодезия, картография ва давлат кадастри давлат қўмитаси туғрисидаги ҳамда ер муносабатлари ва давлат кадастрларини ривожлантириш жамғармаси тўғрисидаги Низомларни тасдиқлаш ҳақида”ги 529-сонли қарори.

4. Ўзбекистон Республикасининг “Ер кодекси” 1998 йил

5. “Давлат ер кадастри” туғрисидаги қонуни, 1998 йил

6. Миллий ҳисобот 2019 йил

7. Ў.П.Исломов.,А.Н.Иномов.,Ж. О.Лапасов., Замонавий: JPS приёмниклар 2016 йил

8. Babajanov A. et al. Organizational and economic mechanisms of regulating land relations in agriculture //BIO Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 65. – С. 03005.

9. Abdullaev T. et al. Higher Geodesy//Textbook. – 2017.

10. Бабажанов а. Р. И др. Повышение экологической безопасности сельскохозяйственных земель на основе развития лесного хозяйства республики узбекистан //ббк 41/42 014. – 2023. – с. 19.

11. Allanazarov O., Khikmatullaev S., Islomov U. Maintaining the state cadaster of the territories on the base of remote sensing materials //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 371. – С. 01014.

12. Babajanov A. et al. Advantages

of formation non-agricultural land allocation projects based on GIS technologies //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – Т. 227. – С. 05001.

13. Исломов У. П. и др. Мониторинг сельскохозяйственных земель Республики Узбекистан и их мелиоративное состояние //ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ. – 2022. – С. 27-41.

14. Khamidov M. et al. Application of geoinformation technologies for sustainable use of water resources //European Journal of Molecular and Clinical Medicine. – 2020. – Т. 7. – №. 2. – С. 1639-1648.

15. Ер фонди 2024 йил Сурхондарё вилояти қишлоқ хўжалиги ҳайдов ерларини тўғрисида маълумотлар.

UDK: 628:527

SUN‘IY YO‘LDOSH MA‘LUMOTLARI ASOSIDA YER RESURSLARINI MONITORING QILISH

Abdurahmonov Samandar O‘ktam o‘g‘li-*“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti talabasi,*

Mamatkulov Zohid Jonqobilovich- *“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti dotsenti.*

Annotatsiya: *Ushbu maqolada sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari asosida yer resurslarini monitoring qilishning nazariy va amaliy jihatlari tahlil qilinadi. Xususan, masofadan zondlash texnologiyalarining mohiyati, ularning ishlash prinsiplari hamda geoinformatsion tizimlar bilan integratsiyasi yoritilgan. Maqolada yer resurslarini kuzatishda qo‘llaniladigan zamonaviy usullar, sun’iy yo‘ldosh tasvirlarini qayta ishlash bosqichlari va ularning qishloq xo‘jaligi, ekologiya hamda shaharsozlik sohalaridagi ahamiyati ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, ushbu texnologiyalarning afzalliklari va mavjud muammolari tahlil qilinib, yer resurslaridan samarali foydalanish bo‘yicha xulosalar berilgan.*

Kalit so‘zlar: *masofadan zondlash, sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari, yer resurslari, monitoring, geoinformatsion tizimlar (GIS), raqamli xaritalash, ekologik nazorat, qishloq xo‘jaligi, fazoviy tahlil, kadastr tizimi*

Kirish: Hozirgi kunda yer resurslaridan oqilona foydalanish va ularni samarali boshqarish global miqyosdagi muhim masalalardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortib borishi, urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi hamda iqlim o‘zgarishi yer resurslariga bo‘lgan bosimni yanada kuchaytirmoqda. Shu sababli yer yuzasidagi o‘zgarishlarni doimiy kuzatib borish, ularni tahlil qilish va ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilish zarurati ortib bormoqda.

Zamonaviy axborot texnologiyalarining rivojlanishi ushbu muammoni hal etishda yangi imkoniyatlar yaratdi. Xususan, **masofadan zondlash (Remote Sensing)** texnologiyalari orqali sun’iy yo‘ldoshlar yordamida yer yuzasining holatini tezkor va aniq baholash mumkin. Ushbu texnologiyalar katta hududlarni qisqa vaqt ichida qamrab

olish, muntazam yangilanib turuvchi ma’lumotlarni olish hamda turli tabiiy va antropogen jarayonlarni monitoring qilish imkonini beradi.

Sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari asosida yer resurslarini monitoring qilish qishloq xo‘jaligi, ekologiya, kadastr tizimi va shaharsozlik kabi ko‘plab sohalarda keng qo‘llanilmoqda. Bu esa o‘z navbatida resurslardan samarali foydalanish, ekologik muvozanatni saqlash va hududiy rivojlanishni rejalashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Monitoring (inglizcha "monitoring" so‘zidan olingan) kuzatish degan ma'noni anglatadi. Kuzatish tabiiy muhitda sodir bo‘ladigan jarayonlarni, tizimlarning tarkibiy o‘zgarishlarini, moddiylashtirilgan ob'ektlardagi (tabiiy resurslar, iqtisodiy ob'ektlar) tarkibiy va sifatli o‘zgarishlarni, ijtimoiy-iqtisodiy (shu jumladan ishlab chiqarish) va atrof-muhit sharoitlarini aniqlash va o‘rganish maqsadida o‘tkaziladi. Bundan tashqari, monitoring jarayoni olingan ma’lumotlarni muntazam ravishda tahlil qilish, ularni taqqoslash va prognozlash orqali kelajakdagi ehtimoliy o‘zgarishlarni oldindan aniqlash imkonini beradi. Shu jihatdan monitoring boshqaruv qarorlarini qabul qilishda muhim axborot manbai bo‘lib xizmat qiladi hamda resurslardan oqilona foydalanishni ta’minlashga yordam beradi (1-jadval).

1-jadval

Sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari asosida yer resurslarini monitoring qilish jarayoni

Bosqich	Jarayon nomi	Tavsifi	Qo‘llaniladigan vositalar
1	Tasvriga olish	Yer yuzasining sun’iy yo‘ldosh orqali tasvirga olinishi	Landsat,Sentinel,MODIS
2	Ma’lumotlarni qabul qilish	Sun’iy yo‘ldoshdan kelgan signal va tasvirlarni qabul qilish	Yer stansiyalari, serverlar
3	Tasvirlarni qayta ishlash	Tasvirlarni tozalash, georeferensiya va formatlash	ArcGIS, QGIS, ENVI
4	Tahlil qilish	Yer resurslari holatini baholash va o‘zgarishlarni aniqlash	GIS texnologiyalari, statistik usullar
5	Xaritalash	Natijalarni tematik xaritalash ko‘rinishida ifodalash	Raqamli xaritalash tizimlari
6	Qaror qabul qilish	Olingan ma’lumotlar asosida boshqaruv va rejalashtirish ishlari	Davlat organlari, ilmiy tashkilotlar
7	Monitoring va yangilash	Ma’lumotlarni doimiy yangilab borish va kuzatish	Sun’iy yo‘ldosh tizimlari,GIS platforma

Yer monitoringi sohasidagi qonunchilik bazasi O‘zbekiston Respublikasining Yer kodeksi, O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2000 yil 23 dekabrdagi qarori bilan tasdiqlangan O‘zbekiston Respublikasida yer monitoringi to‘g‘risidagi nizom bilan ifodalanadi. № 496. Respublikada

yerlarning amaliy monitoringini amalga oshirish maqsadida Yergeodezkadastr davlat qo‘mitasi tomonidan O‘zbekiston Respublikasida yer monitoringi bo‘yicha Yo‘riqnoma va Yer monitoringi bo‘yicha uslubiy ko‘rsatmalar ishlab chiqilgan. Yer monitoringining mazmuni, maqsadi va vazifalari O‘zbekiston Respublikasining 1998 yil 30 aprelda qabul qilingan Yer kodeksida (14-modda) bayon etilgan. Bunda “er monitoringi – o‘zgarishlarni o‘z vaqtida aniqlash, yerlarni baholash, salbiy o‘zgarishlarning oldini olish va oqibatlarini bartaraf etish maqsadida yer fondidagi o‘zgarishlarni kuzatish tizimi” deyilgan. Binobarin, yer monitoringi yerdan oqilona va samarali foydalanish va muhofaza qilish ustidan nazoratni amalga oshirish uchun foydalaniladigan kuzatilayotgan ob'ektlarda (yer uchastkalarida) sodir bo‘layotgan jarayonlar to‘g‘risidagi ma'lumotlarni ishlab chiqish funktsiyasini bajaradi (2-jadval).

2-jadval

O‘zbekistonda yer resurslarini kosmik monitoring va GAT asosida boshqarish bo‘yicha yillik (2020-2026) rivojlanish jadvali

Davr	Rasmiy tasdiqlangan ishlar	Manba turi
2020	Kosmik monitoring konsepsiyasi va GAT asosida yer nazorati kuchaytirildi	Davlat dasturlari va strategiyalar
2021	Uzbekkosmos tashkil etildi (kosmik monitoringni rivojlantirish uchun)	Rasmiy prezident qarorlari
2022	Yer resurslarini masofadan zondlash (remont sensing) asosida monitoring tizimlari joriy etila boshlandi	Davlat geodeziya qo‘mitasi
2023	Kosmik tasvirlar orqali qishloq xo‘jalik yerlari (paxta, g‘alla) monitoringi kengaytirildi	Uzbekkosmos hisobotlari
2024	Noqonuniy yer egallash va foydalanilmayotgan yerlar sum’iy yo‘ldosh orqali aniqlana boshlandi	Rasmiy yangiliklar (Uzbeklosmos)
2025	Sho‘rlanish va degradsiya monitoringi kosmik ma’lumotlar asosida kengaytirildi	Uzbeklosmos va davlat axborotlari
2026 (reja)	Yagona raqamli yer monitoring tizimi (integratsiyalashgan platforma)	Rasmiy konsepsiya loyihalari

Kosmik texnologiyalarni joriy etish borasida hozirgi kunda quyidagi tizimli muammolar kuzatilmoqda:

kosmik faoliyat, tadqiqotlar va texnologiyalar sohasida normativ-huquqiy baza yetarli darajada shakllantirilmagan;

kosmik sohada vakolatli organ hisoblanmaydigan boshqa vazirliklar va idoralarning normativ-huquqiy hujjatlarida ziddiyat, noaniqliklar va tafovutlar mavjud;

kosmik faoliyat va texnologiyalar sohasida zamonaviy axborot texnologiyalarini joriy etish va ilm-fan yutuqlari natijalariga erishilmagan, shuningdek oliy ta’lim muassasalarida ushbu sohadagi kadrlarni tayyorlashga qaratilgan ilmiy-bazaviy asoslar yetarli darajada shakllanmagan;

sohadagi mavjud muammolarni hal qilishda kosmik texnologiyalardan foydalanishning

afzalliklari va samaradorligi to‘g‘risida vazirliklar va idoralar yetarli darajada ma’lumotga va bilimga ega emas;

davlat organlarida iqtisodiyotning yetakchi sohalari vazifalarini samarali hal etish, shuningdek, O‘zbekiston Respublikasi mudofaa va xavfsizlik manfaatlari yo‘lida kosmik monitoring va geoaxborot texnologiyalarini joriy etish uchun imkoniyat va zamonaviy vositalar mavjud emas;

yer usti kosmik infratuzilmasini qurish va rivojlantirish masalalarini moliyalashtirish manbalari muvofiqlashtirilmagan;

kosmik texnologiyalarni rivojlantirish va ulardan samarali foydalanish sohasida yuqori malakali mutaxassislar yetishmaydi.

O‘zbekiston Respublikasi hududida sun’iy yo‘ldosh orqali ishlaydigan mobil qurilma va terminallarni ro‘yxatga olish, nazorat qilish, sotish, shaxsiy foydalanish uchun olib kirish yoki ishlab chiqarish uchun aniq talab va mexanizmlar mavjud emas hamda ushbu yo‘nalish bo‘yicha normativ-huquqiy hujjatlar ishlab chiqilmagan.

O‘zbekiston Respublikasida kosmik tarmoqni litsenziyalash turlarini noaniq talqin qilish tegishli talabning yetishmasligiga olib keldi, bu esa o‘z navbatida mamlakatdagi kosmik faoliyatni nazorat qilishga sezilarli ta’sir ko‘rsatmoqda.

O‘zbekistonda yer monitoringi tizimida mavjud muammolarni hal qilishda GAT texnologiyalaridan samarali foydalanish mumkin. Avvalo, barcha yer resurslariga oid ma’lumotlarni yagona tizimga keltirish zarur. Hozirgi kunda kadastr, qishloq xo‘jaligi va boshqa sohalarga oid ma’lumotlar turli joylarda saqlanadi va ular o‘zaro bog‘lanmagan. GAT orqali ushbu ma’lumotlarni birlashtirib, har bir yer uchastkasi bo‘yicha to‘liq va aniq ma’lumot olish imkoniyati yaratiladi.

Shu bilan birga, sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida yer holatini doimiy kuzatib borish mumkin. Bu orqali ekin maydonlarining holati, yerlarning bo‘sh qolishi yoki sho‘rlanish jarayonlari o‘z vaqtida aniqlanadi. Natijada muammolarni kech emas, balki erta bosqichda bartaraf etish imkoniyati paydo bo‘ladi.



1-rasm. O‘zbekiston Respublikasining umumiy yer fondi toifalari

GAT yordamida turli ma’lumotlarni tahlil qilish ham muhim ahamiyatga

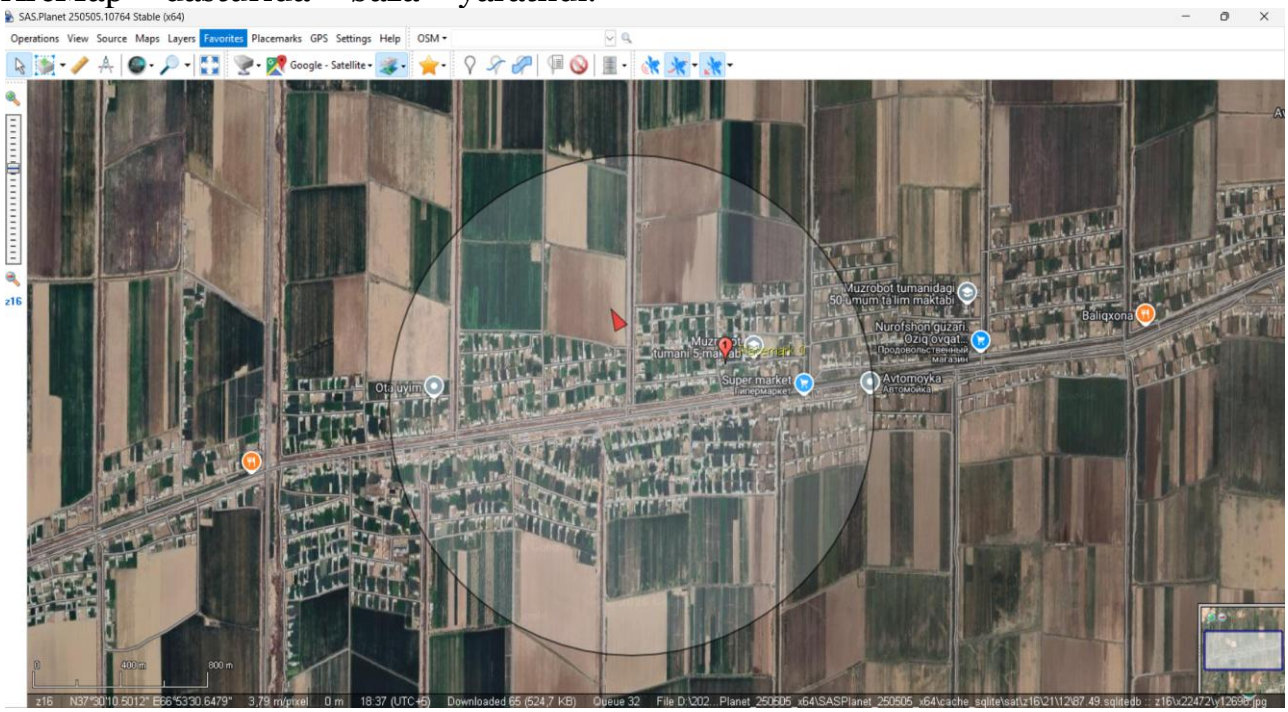
ega. Masalan, tuproq sifati, suv ta’minoti va hosildorlik ko‘rsatkichlarini birgalikda o‘rganish orqali qaysi hududlardan samarali foydalanilayotganini aniqlash mumkin. Bu esa yer resurslaridan oqilona foydalanishga yordam beradi.

Bundan tashqari, GIS orqali muammoli hududlarni xaritada aniq ko‘rsatish mumkin. Masalan, sho‘rlangan yoki degradatsiyaga uchragan yerlar alohida ajratilib, ular bo‘yicha zarur choralar belgilanishi mumkin. Bu esa boshqaruv jarayonini ancha osonlashtiradi.

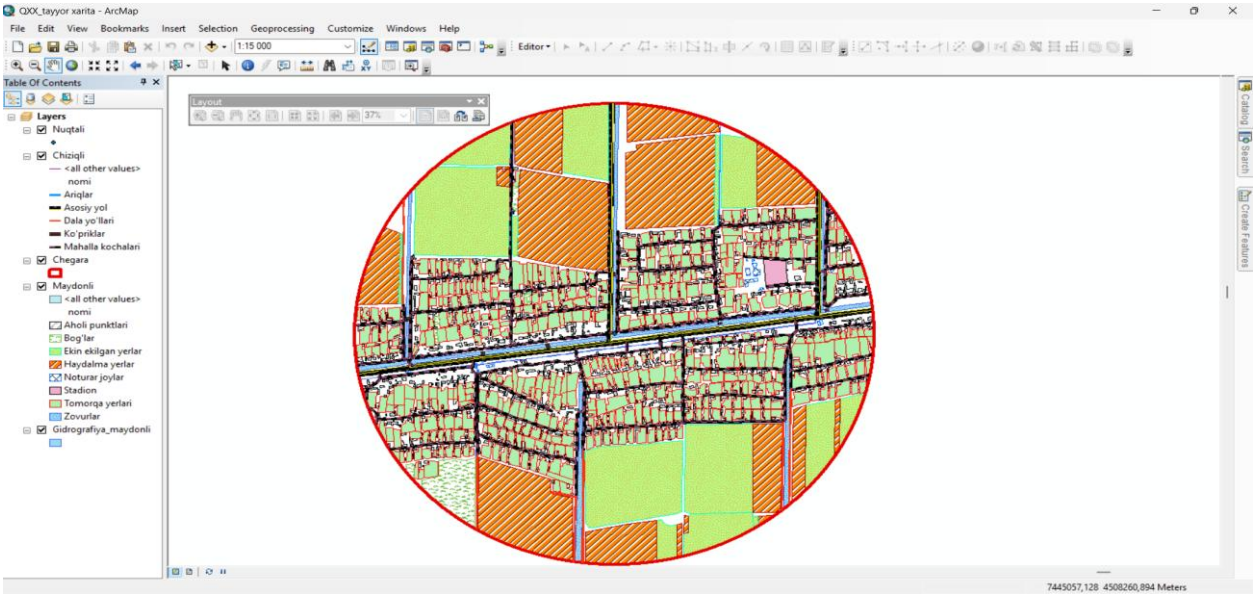
Masofadan zondlash texnologiyalarini joriy etish orqali yer monitoringi tizimini takomillashtirish, nazoratni kuchaytirish va yer resurslaridan samarali foydalanishga erishish mumkin (2-rasm).

Ushbu xaritani chizish uchun ArcMap dasturida baza yaratildi. Yaratilgan bazaga qatlam (nuqtali, chiziqli, maydonli, gidrografiya_maydonli) va qatlam osti elementlari (ariqlar,asosiy yo‘llar, mahalla ko‘chalari, dala yo‘llar, ko‘priklar, aholi punktlari, haydalma yerlar, noturar joylar, tomorqa yerlar,

zovurlar, ekin ekilgan yerlar) qo‘shildi. Ushbu qatlamlar asosida yaratilgan geoma’lumotlar bazasi yordamida hududning fazoviy tahlili amalga oshirildi. Natijada yer fondining tarkibi, ularning joylashuvi hamda infratuzilma elementlari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik aniq ko‘rinishga keltirildi. Bu esa hududdagi yer resurslaridan foydalanish holatini kompleks baholash imkonini berdi (3-rasm).



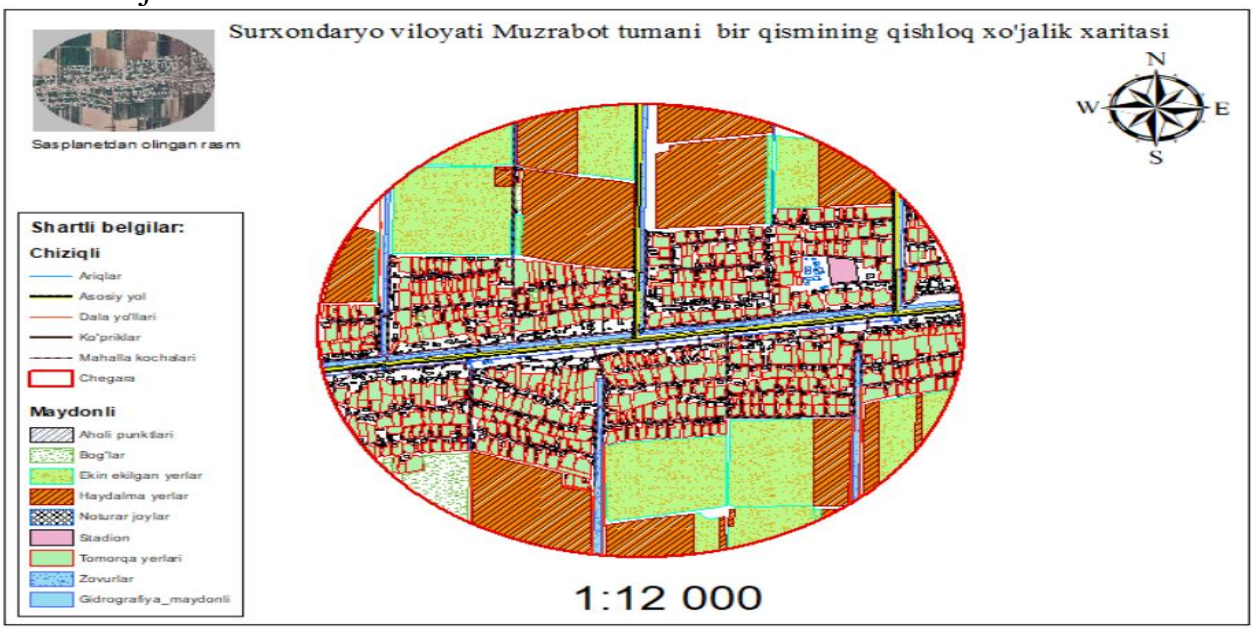
2-rasm.O‘raganilayotgan hudud SASPlanet dasturi orqali kesib olindi.Bu Surxondaryo viloyati Muzrabot tumani hududi



3-rasm. Hududning ArcMap dasturi orqali yaratilgan mavzuli qatlamlari

Shuningdek, yaratilgan xarita asosida turli toifadagi yerlar o‘zaro taqqoslandi. Xususan, haydalma yerlar, tomorqa yerlar va ekin ekilgan maydonlarning hududiy taqsimlanishi tahlil qilindi. Bunda foydalanilmayotgan yoki noturar joy sifatida qayd etilgan hududlar ham alohida ajratib ko‘rsatildi.

ArcMap dasturi imkoniyatlaridan foydalangan holda shartli belgilar tizimi ishlab chiqildi va har bir qatlam vizual jihatdan farqlandi. Bu esa xaritaning o‘qilishini osonlashtirib, foydalanuvchi uchun ma’lumotlarni tez va aniq tushunish imkonini yaratdi (4-rasm).



4-rasm. Hududning yer turlari xaritasi

Yakuniy bosqichda yaratilgan xarita asosida hududdagi mavjud muammoli zonalar aniqlanib, ularni bartaraf etish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqildi. Jumladan, infratuzilma yetishmaydigan hududlar, suv ta’minoti cheklangan maydonlar hamda yer resurslaridan samarasiz foydalanilayotgan joylar belgilab olindi.

Xulosa qilganda, GAT texnologiyalari asosida yaratilgan ushbu xarita hududni kompleks tahlil qilish, yer resurslarini boshqarish va kelgusida aniq qarorlar qabul qilish uchun muhim ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 7-sentabrdagi PF–6061-son Farmoni. *“O‘zbekiston Respublikasida yer hisobi va davlat kadastrini yuritish tizimini takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”*.
2. O‘zbekiston Respublikasi Kadastr agentligi. *Yer monitoringi va davlat kadastri bo‘yicha rasmiy hisobotlar*. Toshkent, 2022–2024.
3. O‘zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo‘mitasi. *Yer resurslaridan foydalanish bo‘yicha statistik ma’lumotlar*. Toshkent, 2023.
4. https://lex.uz/
5. Internet ma’lumotlari

UO‘K: 626/627:528.8

SUV XO‘JALIGI OB’EKTLARINI MONITORING QILISHDA INTEGRAL YONDASHUV VA UNING SAMARADORLIGI

G‘ulomov Sayfulloh Marufjon o‘g‘li, Kozimov Izzatillo Baxtiyorjon o‘g‘li-“TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti talabalari

Annotatsiya. *Ushbu maqolada suv resurslarini samarali boshqarish va nazorat qilishda integral metodlardan foydalanishning nazariy va amaliy asoslari tahlil qilingan. An’anaviy monitoring tizimlarining cheklangan imkoniyatlari va ularni zamonaviy raqamli texnologiyalar, xususan, masofaviy zondlash (remote sensing) va GIS texnologiyalari bilan integratsiyalashning ahamiyati yoritilgan. Tadqiqot doirasida turli manbalardan olingan ma’lumotlarni yagona tizimga birlashtirish (data fusion) va tahlil qilish algoritmlari gidrotexnik inshootlarning xavfsizligini ta’minlash hamda suv resurslarini oqilona taqsimlashda muhim ekanligi asoslab berilgan.*

Kalit so‘zlar: *Suv resurslari, integral monitoring, GIS (Geografik axborot tizimlari), masofaviy zondlash, gidrotexnik inshootlar, ma’lumotlar sintezi (data fusion), raqamli modellashtirish, suv xo‘jaligini boshqarish.*

KIRISH. Suv resurslari — O‘zbekiston iqtisodiyotining, xususan, qishloq xo‘jaligi va gidroenergetika sohalarining barqaror rivojlanishini ta’minlovchi strategik manbadir. Global iqlim o‘zgarishi, aholi sonining o‘sishi va transchegaraviy suv resurslariga bo‘lgan ehtiyojning ortishi suvdan oqilona foydalanish hamda uni samarali nazorat qilishni zamonaviy texnologiyalar asosida tashkil etishni taqozo etmoqda **[2]**.

An’anaviy gidrometrik kuzatuv usullari (gidropostlar va vizual nazorat) bugungi kunda suv resurslarining dinamik o‘zgarishlarini to‘liq qamrab olishda qator cheklovlarga ega. Xususan, ma’lumotlarning kechikish bilan kelishi, inson omili ta’sirida yuzaga keladigan xatoliklar hamda hududiy qamrovning yetarli emasligi gidrotexnik inshootlarning xavfsizligini ta’minlash va suv yo‘qotishlarini kamaytirishda to‘siq bo‘lmoqda **[1]**.

Ushbu muammolarni bartaraf etishning eng samarali yo‘li — monitoring jarayoniga **integral metodlarni** tatbiq etishdir. Integral yondashuv deganda, yer usti gidrometrik o‘lchovlar, sun’iy yo‘ldosh orqali olingan masofaviy zondlash (remote sensing) ma’lumotlari va Geografik axborot tizimlarini (GIS) yagona raqamli platformada birlashtirish tushuniladi. Bu tizim ma’lumotlarni sintezlash (data fusion) orqali suv oqimini prognoz qilish, gidrotexnik inshootlardagi noxush hodisalarni erta aniqlash va boshqaruv qarorlarini tezkor qabul qilish imkonini beradi.

Mazkur maqolaning maqsadi — suv resurslari monitoringida integral metodlarning nazariy va amaliy asoslarini tahlil qilish, shuningdek, ularni zamonaviy suv xo‘jaligi inshootlarida qo‘llashning iqtisodiy va texnik samaradorligini asoslab berishdan iborat. Tadqiqot doirasida raqamli monitoring tizimlarining suv taqsimotini avtomatlashtirishdagi o‘rni va istiqbollari atroflicha yoritib beriladi.

METODOLOGIYA. Ushbu tadqiqotda suv resurslarini monitoring qilish jarayoni uch bosqichli integral yondashuv (Multi-source integration approach) asosida amalga oshirildi. Mazkur metodologiya ma’lumotlarning aniqligini oshirish va xatoliklar ehtimolini kamaytirishga qaratilgan.

2.1. Ma’lumotlarni yig‘ish (Data Acquisition)

Monitoring tizimi uchun dastlabki ma’lumotlar uch xil manbadan jamlandi:

1. **Masofaviy zondlash (Remote Sensing):** Sun’iy yo‘ldosh (masalan, Sentinel-2 yoki Landsat) tasvirlari yordamida suv sathi, suv yuzasi maydoni va o‘simliklar qoplamining indekslari (NDVI) tahlil qilindi **[4]**.
2. **Yer usti kuzatuvlari (In-situ):** Gidropostlar, datchiklar va avtomatlashtirilgan o‘lchov stansiyalaridan olingan real vaqt rejimidagi suv sarfi, bosim va harorat ko‘rsatkichlari.
3. **Geodezik va kartografik ma’lumotlar:** Hududning raqamli relef modellari (DEM) va gidrotexnik inshootlarning texnik pasport ma’lumotlari.

2.2. Ma’lumotlar sintezi (Data Fusion)

Yig‘ilgan turli formatdagi ma’lumotlarni birlashtirish uchun GIS (Geografik axborot tizimlari) muhitida **"Data Fusion"** algoritmi qo‘llanildi. Bu bosqichda quyidagi jarayonlar amalga oshirildi:

- **Georeferensiya:** Barcha ma’lumotlar yagona koordinata tizimiga keltirildi.
- **Normallashtirish:** Har xil o‘lchov birliklaridagi ma’lumotlar (masalan, kubometr va foiz) yagona tahliliy shkalaga o‘tkazildi.
- **Fazoviy tahlil:** Qatlamli tahlil (overlay analysis) yordamida suv resurslarining tarqalishi va inshootlarning texnik holati o‘rtasidagi bog‘liqlik aniqlandi.

2.3. Matematik modellashtirish va tahlil

Integral monitoring tizimining ishonchliligini baholash uchun statistik va deterministik modellar ishlab chiqildi. Bunda:

- Gidrologik jarayonlarni prognoz qilishda neyron tarmoqlar (yoki statistik regressiya) modellaridan foydalanildi.
- An’anaviy usullar bilan olingan natijalar va integral metod orqali olingan natijalar solishtirildi (Error analysis).

Ushbu metodologiya suv xo‘jaligi ob’ektlarida yuzaga kelishi mumkin

bo‘lgan anomaliyalarni (masalan, kavitatsiya, sizib chiqish yoki suv sathining kritik o‘zgarishlarini) o‘z vaqtida aniqlash uchun zarur bo‘lgan texnik bazani yaratadi **[3]**.

ASOSIY QISM: AMALIY YECHIMLAR VA MONITORING TIZIMI

Taklif etilayotgan integral monitoring tizimi suv xo‘jaligi ob’ektlarini raqamli boshqarish uchun "ma’lumotlar yig‘ish – tahlil qilish – qaror qabul qilish" zanjirini avtomatlashtiradi.

3.1. Monitoring tizimining arxitekturasi

Tizim uchta asosiy darajadan (layer) iborat bo‘lib, ular ma’lumotlarning uzluksiz oqimini ta’minlaydi **[6]**. Quyida tizimning umumiy strukturaviy ko‘rinishi keltirilgan:

- **Ma’lumotlarni yig‘ish darajasi:**
  - IoT datchiklari: Suv sathi, bosim, loyqalanish darajasi va haroratni o‘lchovchi real vaqt rejimidagi sensorlar.
  - Masofaviy zondlash: Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari (Sentinel-2, Landsat) orqali suv o‘zanlari va suv ombori yuzasidagi o‘zgarishlarni kuzatish.
- **Ma’lumotlarni qayta ishlash darajasi (Server qismi):**
  - Bulutli (Cloud) hisoblash tizimlari yordamida olingan ma’lumotlarni tozalash, sintezlash va saqlash.
  - Neyron tarmoqlar yordamida ma’lumotlar bazasini tahlil qilish va anomaliyalarni (masalan, kavitatsiya belgilari yoki g‘ayritabiiy oqish) aniqlash.
- **Qaror qabul qilish va vizualizatsiya darajasi (Dashboard):**
  - GIS xaritalari asosida suv resurslarining holatini vizual ko‘rsatish.
  - Favqulodda vaziyatlar uchun avtomatik ogohlantirish (Alerting system) yuborish.

3.2. An’anaviy va Integral tizimlarning qiyosiy tahlili

Quyidagi jadvalda taklif etilayotgan integral yondashuvning an’anaviy kuzatuv usullaridan ustunliklari keltirilgan:

Mezonlar	An’anaviy usul (Gidropostlar)	Integral monitoring tizimi
Ma’lumot olish tezligi	Kechikish bilan (kunlik/haftalik)	Real vaqt rejimi (onlayn)
Qamrov ko‘lami	Nuqtaviy (faqat post joylashgan joy)	Hududiy (butun daryo/kanal bo‘yi)
Xatolik darajasi	Yuqori (inson omili)	Past (avtomatlashtirilgan)
Prognoz qilish	Murakkab va cheklangan	Yuqori aniqlikdagi modellashtirish

1-jadvalga izoh: Keltirilgan qiyosiy jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, an'anaviy usuldagi inson omili va ma'lumot yetkazishdagi kechikishlar integral monitoring tizimidagi to'liq avtomatlashtirilgan real vaqt rejimi (onlayn) hisobiga bartaraf etiladi. Bu esa nafaqat nuqtaviy, balki burun daryo yoki kanal havzasi bo‘ylab keng hududiy qamrov hamda yuqori aniqlikdagi gidrologik prognozlash imkonini beradi.

3.3. Amaliy yechimlar va qo‘llanilishi

Ushbu tizim suv xo‘jaligida quyidagi amaliy muammolarni hal qilishga imkon beradi **[5]**:

1. **Suv resurslarini limit bo‘yicha taqsimlash:** GIS tizimi yordamida har bir hududga yetib borayotgan suv hajmi aniq hisoblanadi va suv isrofining oldi olinadi.
2. **Inshootlar xavfsizligini ta’minlash:** To‘g‘on va kanallardagi yoriqlar, filtratsiya hodisalari masofaviy zondlash va bosim datchiklari orqali erta aniqlanadi.
3. **Suvni tejash va samaradorlik:** Sug‘orish tizimlarida ekinlarning namlikka bo‘lgan talabi (NDVI indeksi yordamida) aniqlanib, suv aynan zarur bo‘lganda yetkazib beriladi.

XULOSA

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, suv resurslarini monitoring qilishda an’anaviy kuzatuv usullaridan **integral metodlarga** o‘tish zamonaviy gidrotexnika va suv xo‘jaligining bugungi kundagi eng muhim strategik vazifasidir. Masofaviy zondlash, GIS texnologiyalari va raqamli datchiklar tizimini birlashtirish orqali suv balansini boshqarishda nafaqat aniqlik, balki iqtisodiy samaradorlikka ham erishish mumkin.

- **Aniqlik va ishonchlilik:** Integral yondashuv turli manbalardan olingan ma’lumotlarni "data fusion" orqali sintezlash evaziga xatoliklarni minimal darajaga tushiradi.
- **Xavfsizlik:** Gidrotexnik inshootlardagi noxush hodisalarni (kavitatsiya, eroziya, sizib chiqish) real vaqt rejimida aniqlash tizimning avariya holatlarining oldini olishdagi hal qiluvchi rolini tasdiqlaydi.
- **Samaradorlik:** Raqamli monitoring suv resurslarini tartibli taqsimlash va "suv isrofi" muammosini sezilarli darajada kamaytirish imkonini beradi.

Takliflar

Mazkur tadqiqot asosida quyidagi amaliy tavsiyalar ilgari suriladi:

1. **Infratuzilmani raqamlashtirish:** Suv xo‘jaligi ob’ektlarida avtomatlashtirilgan datchiklar va IoT tizimlarini bosqichma-bosqich joriy etishni jadallashtirish.
2. **Kadrlar salohiyatini oshirish:** Suv xo‘jaligi mutaxassislarini GIS va masofaviy zondlash ma’lumotlari bilan ishlashga o‘rgatish bo‘yicha maxsus o‘quv kurslarini tashkil etish.
3. **Milliy ma’lumotlar bazasini yaratish:** Barcha hududiy gidrometrik va fazoviy ma’lumotlarni birlashtiruvchi yagona milliy raqamli platformani ishlab chiqish.

Xulosa qilib aytganda, suv resurslari monitoringida integral metodlarning tatbiq etilishi O‘zbekistonda "Aqlli suv xo‘jaligi" (Smart Water Management) modelini shakllantirish hamda suv xavfsizligini ta’minlashning asosiy omilidir **[7]**.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasining "Suv va suvdan foydalanish to‘g‘risida"gi Qonuni. (O‘zgartirish va qo‘shimchalar bilan). — Toshkent, 2026.

2. O‘zbekiston Respublikasi suv xo‘jaligini rivojlantirishning 2020—2030-yillarga mo‘ljallangan Konsepsiyasi.

3. Isamuhamedov M.J. va boshqalar. Gidrotexnik inshootlar xavfsizligi va ularni nazorat qilish asoslari. — Toshkent: "Fan va texnologiya", 2023.

4. Ahmedov A.U. Geografik axborot tizimlari (GIS) va masofaviy zondlash asoslari. — Toshkent: TIIAME, 2024.
5. Xudoyberdiyev S. Suv xo‘jaligida raqamli texnologiyalar. — Toshkent: "O‘zbekiston", 2025.
6. Mirzayev A.S. "Gidrotexnik inshootlar holatini monitoring qilishda zamonaviy sensorli tizimlar." // TIIAME ilmiy axborotnomasi, 2025. №4, 112-118-betlar.
7. Karimov B.T. "Integrallashgan suv resurslarini boshqarish (IWRM) tizimida GIS texnologiyalarining o‘rni." // Irrigatsiya va melioratsiya, 2026. №1.

UUK: 332.3:528.44:004.9

ARCGIS ДАСТУРИДА МАЪЛУМОТЛАР БАЗАСИ ШАКЛЛАНТИРИШ

Мусаев Илҳомжон Мақсудович *-“ТИҚХММИ” МТУ доценти-ilkhommus@mail.ru*
Эшназаров Дониёр Бахромалиевич *-“Ўздаверлойиҳа” илмий лойиха бош мутахассиси, doniyoresnazar @gmail. com*
Нуретдинова Машхурахон Ильхамжановна *-ЎзМУ ассистенти m.nuriddinova1987@gmail.com*

Аннотация. *Ушбу мақолада Ер тузишни лойиҳалашда маъмурий-ҳудудий бирликлар чегараларини масофадан зондлаш, сунъий йўлдош усули ёрдамида координаталарни аниқлашда геодезик ва картографик материалларни рақамлаштириш маълумотларини базага киритиш ва тузатишни таъминлаш ҳамда уларни интеграциялаш масалаларини кўриб чиқилган.*

Аннотация. *В данной статье рассматриваются вопросы дистанционного зондирования границ административно-территориальных единиц при проектировании землеустройства, обеспечения включения и коррекции данных оцифровки геодезического и картографического материала на базе и их интеграции при определении координат с использованием спутникового метода.*

Annotation. *This article discusses the issues of remote sensing of the boundaries of administrative-territorial units in the design of land management, ensuring the inclusion and correction of digitization data of geodetic and cartographic material on the base and their integration in determining coordinates using the satellite method.*

Таҳлил ва натижалар. Кўриб чиқилган тадқиқот ҳудудларда ер тузиш ва лойиҳалаш ишлари, геодезия ва картографияни олиб бориш, маъмурий-ҳудудий бирликлар чегараларини белгилашда ерни масофадан зондалш маълумотларини тадбиқ қилиш ҳамда рақамли технологиялардан фойдаланиш асосида бажаришга аҳамият қаратилди. Бугунги кунда ҳар бир соҳани рақамлаштриш бўйича Давлат томонидан олиб борилаётган рақамли иқтисодиёт сиёсатни амалга оширишда ер ҳисобини

юритиш, ер майдонларини чегараларни аниқ белгилаш, ер тузиш, ерларни лойиҳалашда ерни масофадан зондлаш ва зондлаш маълумотларидан фойдаланиш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади. Дунё олимлари илмий изланишлари ҳамда узоқ йиллик тажрибалари шуни кўрсатадики, Ернинг сунъий йўлдошларидан олинган космик суратлар ёрдамида ҳудудларни хариталарини тузишда асоси сифатида қўлланилиб келинган.

Ҳозирга вақтда ер орбиталарида турли мақсадлар учун мўлжалланган сунъий йўлдошлар парвоз қилади. Ерни масофадан тадқиқ этиш бўйича 50 дан ортиқ агентлик ва давлатларнинг сунъий йўлдошлари ер орбитасида турли хил баландлик, оғиш бурчаги, давр ва фазовий имкониятларда ҳаракатланади. Бугунги кунда парвоз қилаётган сунъий йўлдош тасвирларидан фойдаланиш мумкин. Сунъий йўлдошларнинг аксарияти тижорат мақсадларида фойдаланишга мўлжалланганлиги туфайли улар ёрдамида олинган космик суратларни маълум бир маблағ эвазига олиш мумкин. Маблағлар эвазига маълумотларини олиш имкони бор сунъий йўлдошлар IKONOS, GeoEye, QuickBird, Pleiades ва бошқа сунъий йўлдошлар маҳсулотини мисол қилиш мумкин.

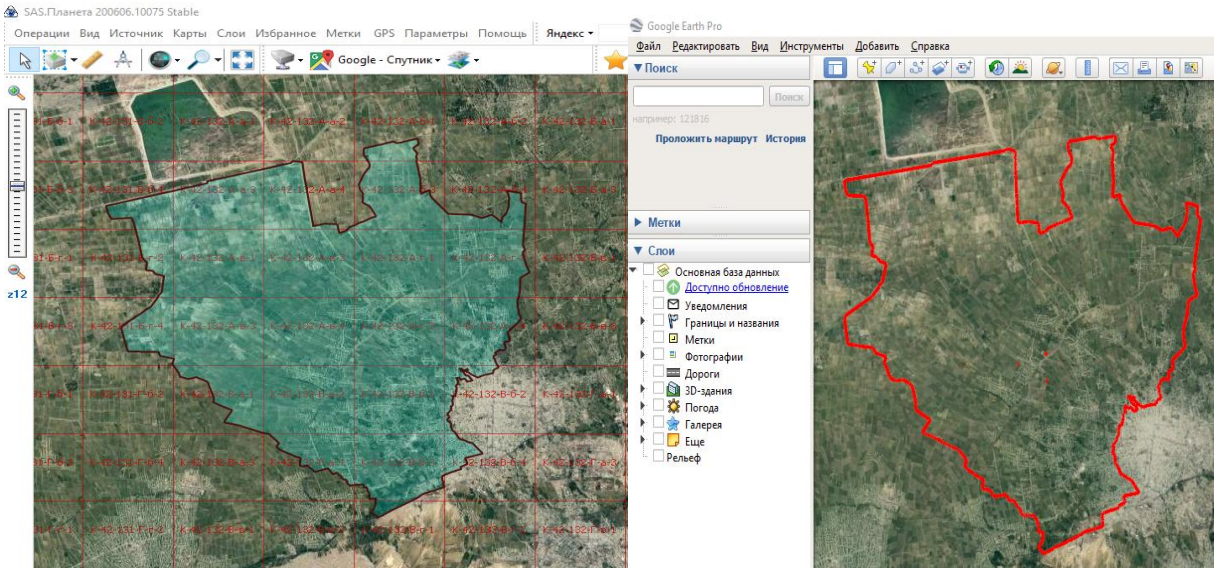
Рақамли технологиялар даврида барча учун фойдаланишга руҳсат берилган бепул сунъий йўлдош тасвирлари ҳам мавжуд бўлиб, буларга Landsat (1-5, 7-8) ва Sentinel (1-3) сунъий йўлдошларидан олинган тасвирлари ёрдамида хўжаликлараро ер тузиш ва ер тузишни лойиҳалаш ҳамда маҳмурий чегараларни лойиҳалаш ва белгилашда кенг фойдалниш мумкин бўла олади.

Тадқиқот натижаларининг муҳокамаси Ер тузишни лойиҳалашда маъмурий-ҳудудий бирликлар чегараларини масофадан зондлаш, сунъий йўлдош усули ёрдамида координаталарни аниқлаш таркибига топографик ва геодезик ишлар ва картографик материалларни рақамлаштириш воситалари ҳам маълумотлар базасига кейинчалик юклаш учун ер участкаларининг рақамли тавсифларини олиш ва тузатишни таъминлайди [2]. Рақамли иқтисодиёт даврида жаҳон бозорига турли хусусиятларга эга бўлган кўплаб фазовий маълумотлар киритилди, бу эса уларни фойдаланиш, стандартлаштириш ва интеграциялаш масалаларини жуда долзарб масала қилиб қўйди [2], [2]. Космик ёки аэрофотосъёмка материаллари, сканерланган харита материаллари, дала ўлчашлари, навигация ва бошқа маълумотлар бўйича жойнинг электрон хариталарини яратиш ва янгилаш; векторли хариталарни таҳрирлашнинг бугунги кунда 100 га яқин тури мавжуд [1].

Юқоридагилардан келиб чиқган ҳолда тадқиқот ишларида ушбу усулардан фойдаланишга алоҳида аҳамият берилди. Масофадан туриб зондлаш маълумотларини тадқиқ қилиш бўйича ва чет элларда кўплаб илмий тадқиқот ишларилари олиб борилган. Маъмурий бирликлар чегараларни белгилашда маълумотларининг аниқлиги ўзининг моҳиятига кўра, фазовий бўлишлиги, таҳлил қилиниши ва бошқариши учун энг самарали восита бу географик ахборот

тизимлари (ГАТ) ҳисобланади[2.]. Тадқиқот олиб бориш учун ҳалқаро координаталар WGS-84 (World Geodetic System 1984) тизимидан фойдаланилди. Тадқиқот ишларини Марғилон шаҳри билан чегарадош ҳисобланган, Қўштепа тумани ҳудудини маъмурий бирлик чегараларни белгилаш мақсадида ҳалқаро фойдаланишдаги WorldView-1, WorldView-3, GeoEye-2 ҳамда Landsat сунъий йўлдош тасвирларидан фойдаланувчи Google Earth ҳамда SAS Planet дастурлари ёрдамида олинган растрли маълумотларидан кенг фойдаланилди (1-расм). Қўштепа тумани Google Earth дастури 1:1 000 000 масштабдаги харитасида К-42 трапецияда жойлашганлиги аниқланиб, дастуридаги харитадан ҳудудни тўлиқ қамраб олиш учун керакли масштабдаги растрли харитаси олинди. Ушбу растрли харитага тадқиқот жойларида, ҳудуднинг чеагара чизиқлари ва бурилиш нуқталари белгилаб олинди.

Google Earth дастурида Қўштепа туманнинг маъмурий чегараси туширилган лойиҳа харитаси ҳосил қилинган. Шунингдек ҳудудни қишлоқ ва шаҳарчаларини маъмурий чегараларни белгилаш учун SAS Planet дастури ёрдамида 1:10 000 масштабли ортофотопланлари олинди. Бунинг учун дастурга туман ҳудудини тўлиқ қамраб олуви чегара чизиқлари KML форматда юклаб, харита номенкулатураси бўйича 24 та трапециядан иборат растрли маълумоти ҳалқаро WGS-84 координаталарга боғланган ҳолда юклаб олинди. Туман маъмурий чегарасини 1:25 000 мастабдаги рақамли электрон харитасини тузиш учун дастардан фойдаланган ҳолда номенкулатураси бўйича К-42-131-Б-б, К-42-131-А-а, К-42-132-А-б, К-42-131-Б-г, К-42-132-А-в, К-42-132-А-г, К-42-131-Г-б, К-42-132-В-а, К-42-132-В-б, К-42-132-В-г варақлари WGS-84 координаталарга боғланган ҳолда юклаб олинади.Ушбу маълумотлар асосида ҳудудларни маъмурий чегараларни белгилаш ва аниқлаш рақамли электрон хариталарни



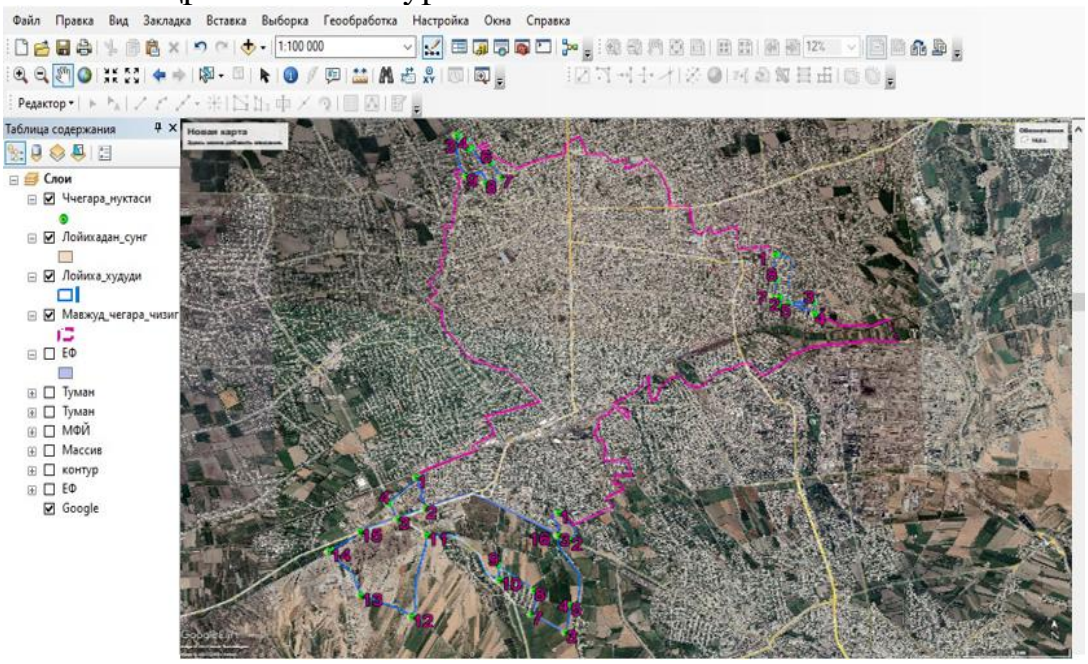
1-расм. Google Earth, SAS Planet дастурлари ёрдамида растрли маълумот олиш

тузиш учун ГАТ оиласига мансуб дастурий таъминотлар орасида ESRI ArcView GIS компаниясига тегишли ArcGIS дастури мавзули вектор қатламларни жумладан, маъмури бирликлар чегарасини белгилаш учун тегишли кўплаб қатламларни ўзида мужассамлаган. ArcGis дастуридан фойдаланган ҳолда қишлоқ ва шаҳарчалар чегарасини белгилаш ишлари олиб борилди.

Ушбу харита ёрдамида вилоят ҳудудларининг иқтисодий ва ижтимоий ривожланишида табиий шароит билан боғлиқ бўлган баъзи қонуниятларни аниқлаш мумкин бўлади.

Тадқиқот объектида Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2019 йил 14 декабрдаги “2020-2024 йилларда Фарғона вилоятининг Марғилон ва Қўқон шаҳарларини комплекс ижтимоий-иқтисодий ривожлантириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги 1001-

сонли қарори ижросини юзасида Марғилон шаҳрини маъмурий-ҳудудий чегарасини ўзгартириш бўйича рақамли технологиялар ва ерни масофадан зондлаш маълумотларидан фойдаланиб, ArcGIS дастури ёрдамида тадқиқот ҳудудини лойиҳалаш ишлари олиб борилди (2.2.2-расм). Бу жараёнда ҳалқаро фойдаланишдаги WorldView-1, WorldView-3, GeoEye-2 ҳамда Landsat сунъий йўлдош тасвирларидан фойдаланувчи Google Earth ҳамда SAS Planet дастурлари ёрдамида олинган растрли маълумотлари ArcGIS дастурига аниқ координата тизимига боғланган ҳолда юклаб олинди ҳамда замонавий геодезик ўлчов асбоблари Stonex R2 plus, Leica FlexLine TS02 plus электрон тахеометрлари ва Magellan Promark 3 GPS ёрамида жойда чегара нуқталарини координаталари аниқланди. Маъмурий ҳудуд чегарасини белгилаш бўйича лойиҳа ишларини олиб боришда ArcGIS дастурида маълумотлар базаси шакллантирилиб, чегара чизиғи тўғрисидаги маълумотлари жамланди.



2.-расм. ArcGIS дастури ёрдамида тадқиқот ҳудудини лойиҳалаш

Лойиҳалаш жараёнида Марғилон шаҳар ҳудидини кенгайтириш учун Қўштепа тумани ҳудудидан ажратиб олиш мумкин бўлган ҳудудларнинг чегаралари лайиҳаланиб, лойиҳа ҳудуддаги мавжуд барча ер тифалари, кўчмас мулклар, аҳоли сони, сайловчилар ва бошқа маълумотлар ўрганилиб тегишли қайдномаларга расмийлаштирилди (2.2.3 расм, 2.2.1, 2.2.2-жадваллар).



3-расм. Лойиҳа бўйича Қўштепа туманидан Марғилон шаҳари ҳудудига қўшиладиган ҳудуд

1-жадвал

Қўштепа тумани маъмурий-ҳудудларидан Марғилон шаҳрига ўтаётган аҳоли яшаш пунктлари тўғрисидаги маълумот

т/р	Қишлоқ фуқаролар йиғини номи	Махалла фуқаролар йиғини	Кўчалар номи	Хонадонлар сони	Аҳоли сони	Ер майдони
Қўштепа тумани						
1	Хумдон МФЙ	Хумдон МФЙ	Хумдонобод кўчаси	6	20	20,33
2	Ўқчи МФЙ	Ўқчи МФЙ	Ўқитувчилар кўчаси	35	118	56,93
		Ўқчи МФЙ	Чинроз кўчаси	152	334	
		Ўқчи МФЙ	Олтин диёр кўчаси	222	368	
3	Мумтоз МФЙ	Мумтоз МФЙ	Шердор кўчаси	204	714	23,16
	Туман бўйича жами			**619**	**1554**	**100,42**

(Изоҳ: Жадвал, муаллиф томонидан тадқиқот натижалари асосида ишлаб чиқилди)

2-жадвал

Қўштепа туманлари сайлов участкаларини Марғилон шаҳрига ўтаётган сайлов участкалар тўғрисидаги маълумотнома

	Сайлов округи номлари	Сайлов чилар сони	Сайлов округи худудидаги аҳоли пунктлари номи	Марғилон шаҳри ҳудудига ўтадиган аҳолипунктлари номи	Марғилон шаҳрига ўтадиган сайловчилар сони ва фоизи		Қўштепатумани га Қоладиган сайловчилар Сони ва фоизи	
1	19-Ўқчи сайлов округи	5085	Ўқчи, Ўрта Ўқчи МФЙ ҳудудидаги аҳоли пунктлари	Ўқчи МФЙдаги Ўқитувчилар, Чинроз ва Олтиндиёр кўчалари	451	9	4634	91
2	23-Истиқлол сайлов округи	3291	Истиқлол, Мумтоз МФЙ ҳудудидаги аҳоли пунктлари	Мумтоз МФЙдаги Шердор кўчаси	393	10	3528	90

(Изоҳ: Жадвал, муаллиф томонидан тадқиқот натижалари асосида ишлаб чиқилди)

Хулоса ва таклифлар. Лойиҳа бўйича жамланган барча маълумотларни келиши ва тасдиқлаш учун шаҳар ва туман кенгашларига Қўштепа, Фарғона ҳамда Тошлоқ туманларидан жами 733,17 га ер майдонлари Марғилон шаҳрига қўшиш бўйича лойиҳа хужжатлари тақдим этилди.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Шокиров Ш.С., Мусаев И.М., Акбаров М.С. Масофадан зондлаш. Тошкент. “ИҚТИСОД-МОЛИЯ”, 2015. 192 б.
2. Эшназаров Д.Б., Мусаев И.М., Абдукадирова М.А. Ер кадастрини юритишда геодезик-картографик таъминотнинг аҳамияти «Agro ilm» аграр-иқтисодий, илмий-амалий журнал. - Тошкент, 2019. - №4 Б. 94-95.
3. Musayev I. M., Eshnazarov D. B., Manopov Kh. V., (2021). Order And Methodology For Determining Administrative-Territorial Borders Based On Digital Technologies. The American Journal of Engineering and Technology, 3(03), 49-57.
4. Эшназаров Д.Б., Мусаев и.м. Маъмурий-ҳудудий бирликлар чегараларини белгилашда рақамли технологиялардан фойдаланиш бўйича илмий услубий – Т.; Фан зиёси, 2021, - 41 б
5. Мусаев И.М., Нуретдинова М.И.,Эшназаров Д.Б. Ерларни иқтисодий баҳолашда хариталарнинг роли ХАЛҚАРО ЕР КУНИ”” муносабати билан ташкил этилган “Ер ресурсларини бошқариш ва муҳофаза қилишда инновацион ёндошувлар: муаммо ва креатив ечимлар” мавзусидаги республика илмий-амалий анжумани мақолалар тўплами. - Тошкент, 2019. - б. 114-117
6. Мусаев И.М., Ойматов Р.Қ. Мониторинг земель и картографирование земельных ресурсов Республики Узбекистан // Бакинский государственный университет филиал Бакинского государственного университета географическое общество Азербайджана. «Международной научной конференции, посвященная 85-ти летию профессора М.А.Мусеибова». Баку, 2012г., -513-515 стр.

UDK: 528.8:332.3

MASOFADAN ZONDLASH MA'LUMOTLARINING RAQAMLI YER KADASTRIDAGI ROLI.

Abdurahmonov Z.Z*. - "TIQXMMI" MTU, "Davlat kadastrlari" kafedrasi assisenti*

Musaev I.M. - "TIQXMMI" MTU, Geodeziya va geoinformatika kafedrasi dotsenti

Toshpo'latov Firdavs *- "Yer resurslari va kadastr "fakulteti kadastr (faoliyat turlari bo'yicha) yo'nalishi talabasi.*

Isroilov M. - *Toshkent davlat agrar universiteti Yer resurslaridan foydalanish va boshqarish yo'nalishi 1-bosqich magistranti*

Annotatsiya: *Maqolada masofadan zondlash texnologiyalarining raqamli yer kadastrini shakllantirish va rivojlantirishdagi ahamiyati tahlil qilinadi. Yer resurslaridan oqilona foydalanish, monitoring olib borish, uchastka chegaralarini aniqlash hamda GIS tizimlari bilan integratsiya jarayonlari yoritiladi. Sun'iy yo'ldosh tasvirlari asosida kadastr ma'lumotlarini yangilash imkoniyatlari ko'rib chiqilib, ushbu texnologiyalarning tezkorlik, aniqlik va iqtisodiy samaradorligi asoslab beriladi.*

Kalit so'zlar: *Masofadan zondlash, raqamli yer kadastri, GIS texnologiyalari, sun'iy yo'ldosh tasvirlari, yer monitoringi, geoaxborot tizimi, NDVI indeksi, aerokosmik ma'lumotlar, yer resurslari boshqaruvi.*

Abstract:*This article analyzes the importance of remote sensing technologies in the development of the digital land cadastre system. It highlights the processes of rational land use, monitoring, accurate boundary determination, and integration with GIS systems. The possibilities of updating cadastral data using satellite imagery are considered, and the efficiency, accuracy, and economic benefits of these technologies are substantiated.*

Keywords: *Remote sensing, digital land cadastre, GIS technologies, satellite imagery, land monitoring, geographic information system, NDVI index, aerospace data, land resource management.*
Аннотация:В статье анализируется значение технологий дистанционного зондирования в развитии системы цифрового земельного кадастра. Рассматриваются процессы рационального использования земельных ресурсов, мониторинга, точного определения границ участков и их интеграции с ГИС. Показаны возможности обновления кадастровых данных на основе спутниковых снимков, а также обоснованы их оперативность, точность и экономическая эффективность.

Ключевые слова: *Дистанционное зондирование, цифровой земельный кадастр, ГИС-технологии, спутниковые снимки, мониторинг земель, геоинформационная система, индекс NDVI, аэрокосмические данные, управление земельными ресурсами.*

Kirish. Bugungi kunda Raqamlashtirish jarayonlari yer resurslarini boshqarish tizimiga ham jadal kirib kelmoqda. Raqamli yer kadastri yer uchastkalari haqidagi ma'lumotlarni yig'ish va tahlil qilishda muhim vosita hisoblanadi. An'anaviy usullar tezkor baholash imkonini bermaydi, masofadan zondlash esa bu jarayonni samarali qiladi. Sun'iy yo'ldosh tasvirlari va NDVI indeksi orqali yer holati va vegetatsiya darajasi aniq baholanadi.

Asosiy qism. Raqamli kadastr bilan integratsiya va tahlil. Raqamli kadastrning ahamiyati uning boshqa tizimlar bilan integratsiyalashuvidadir. MZ ma'lumotlari GIS (Geografik axborot tizimlari) muhitiga yuklanganda, har bir yer uchastkasi o'zining atributiv ma'lumotlariga (egasi, maydoni, solig'i) qo'shimcha ravishda vizual isbotga ham ega bo'ladi. Raqamli yer kadastrini yuritishda masofadan zondlashning iqtisodiy samaradorligi beqiyosdir. Xususan, dronlar yordamida olingan o'ta yuqori aniqlikdagi (1-5 sm) ortofotoplanlar yer uchastkalari chegarasini xatolarsiz belgilash imkonini beradi. Statistik ma'lumotlarga ko'ra, MZ texnologiyasining qo'llanilishi dala-qidiruv ishlariga sarflanadigan vaqtni 5 barobargacha qisqartiradi, bu esa davlat kadastr organlari uchun yiliga millionlab mablag'ni tejash imkonini beradi.

Masofadan zondlash texnologiyalari yordamida katta hududlarni qisqa vaqt ichida o'rganish mumkin. Bu esa raqamli yer kadastri uchun zarur bo'lgan xaritalash, yer uchastkalari chegaralarini aniqlash va monitoring ishlarini samarali tashkil etishga yordam beradi.

MZ ma'lumotlarining raqamli kadastrdagi vazifalari: MZ ma'lumotlari raqamli kadastr tizimida quyidagi muhim muammolarni hal qiladi:

Kadastr xaritalarini yangilash: Sun'iy yo'ldosh tasvirlari yordamida mavjud xaritalar va real holat o'rtasidagi tafovutlar soniyalar ichida aniqlanadi.

Yer fondini toifalash: Qishloq xo'jaligi, o'rmon xo'jaligi va aholi punktlari yerlarini aniq chegaralash.

Noqonuniy yerdan foydalanishni aniqlash: Kadastr bazasida mavjud bo'lmagan, lekin MZ tasvirlarida ko'ringan imoratlar yoki noqonuniy o'zlashtirilgan yerlar avtomatik filtrlash.

Tuproq monitoringi: Spektral tahlil orqali yerlarning sho'rlanish darajasi, eroziyaga uchrashi va unumdorligini masofadan baholash mumkin.

NDVI (Vegetatsiya indeksi): MZ yordamida ekinlarning holatini tahlil qilish orqali hosildorlikni bashorat qilish aniqligi 85–90% ni tashkil etadi.

Sho'rlanish monitoringi: O'zbekiston sharoitida (masalan, Orolbo'yi hududlarida) sun'iy yo'ldosh spektral tahlili orqali yerlarning sho'rlanish darajasini aniqlash xatoligi 5% dan oshmaydi, bu esa laboratoriya tahlillari uchun ketadigan xarajatni 60% ga qisqartiradi.

Iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichlari: Xarajatlarni kamaytirish:

Kelajakda sun'iy intellekt (AI) algoritmlarini MZ tasvirlari bilan

birlashtirish orqali kadastr o‘zgarishlarini avtomatik aniqlaydigan intellektual tizimlarni yaratish maqsadga muvofiqdir.

Tadqiqot materiallari va metodologiyasi. Tadqiqotning ilmiy yangiligi masofadan zondlash texnologiyalarini raqamli yer kadastri tizimiga integratsiya qilish orqali NDVI indeksidan foydalangan holda yer uchastkalarining vegetatsiya holatini baholash, ortofotoplanlarni tematik ma’lumotlar bilan boyitish hamda yer monitoringini avtomatlashtirish usullarini taklif etishdan iborat.

Ushbu tadqiqotda masofadan zondlash ma’lumotlari asosida yer resurslarining holatini raqamli tahlil qilish va yer kadastri bazasini boyitish imkoniyatlari o‘rganildi.

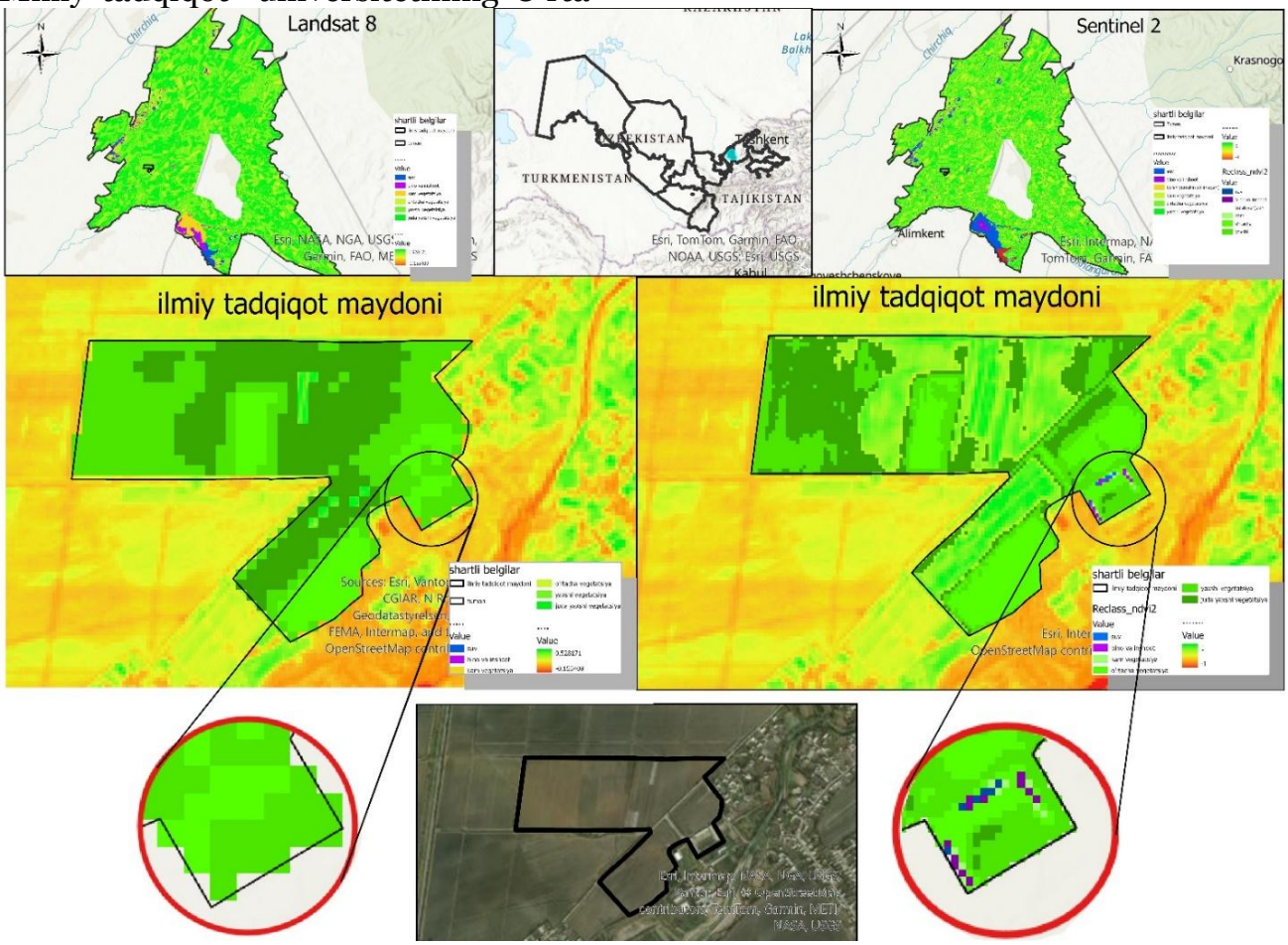
Tadqiqot obyekti sifatida Toshkent viloyati, TIQXMMI Milliy tadqiqot universitetining O‘rta Chirchiq tumanidagi ilmiy tadqiqot hududi joylashgan ekin maydonlari tanlab olindi. Ushbu hudud o‘zining tuproq-iqlim sharoiti va sug‘oriladigan dehqonchilik xususiyatlari bilan ajralib turadi, bu esa kosmik suratlarni tahlil qilish uchun qulay muhit hisoblanadi.

Masalan, TIQXMMI Milliy tadqiqot universiteti ilmiy tadqiqot hududi kosmik tasvirlar asosida NDVI xaritaga tushiriladi.

Natijada hudud quyidagicha zonalarga ajralishi mumkin:

- 0.7 – 0.9 → yuqori vegetatsiya (sog‘lom ekinlar)
- 0.4 – 0.6 → o‘rtacha vegetatsiya
- 0.1 – 0.3 → zaif vegetatsiya
- 0 dan past → o‘simlik deyarli yo‘q

Shu orqali yer uchastkasining qaysi qismi yaxshi rivojlangan, qaysi qismi muammoli ekanligi aniqlanadi.



1-rasm.TIQXMMI Milliy tadqiqot universiteti ilmiy tadqiqot maydoni.

Mazkur tadqiqotda Yer kuzatuvi uchun keng qo‘llaniladigan **Landsat 8** va **Sentinel-2** sun’iy yo‘ldoshlaridan olingan masofaviy zondlash tasvirlari tahlil qilindi. Tadqiqotning aniqligini ta’minlash maqsadida har ikkala platformadan olingan tasvirlar bir xil vaqt oralig‘ida, ya’ni **may oyi** davomida olingan ma’lumotlar asosida tanlab olindi. Bu yondashuv mavsumiy o‘zgarishlar ta’sirini kamaytirish va natijalarni o‘zaro taqqoslash imkonini berdi.

Ma’lumotlar manbai va dasturiy ta’minot

Tadqiqotda yer yuzasining holatini qiyosiy tahlil qilish uchun quyidagi ochiq manbali sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlaridan foydalanildi:

Landsat 8 (OLI): Fazoviy aniqligi 30 metr bo‘lgan multispektral tasvirlar.

Sentinel-2 (MSI): Fazoviy aniqligi 10 metr bo‘lgan, vegetatsiya jarayonlarini yuqori aniqlikda kuzatish imkonini beruvchi tasvirlar.

Ma’lumotlarga raqamli ishlov berish va xaritalash ishlari **QGIS** (yoki ArcGIS) hamda ArcGIS Pro platformalari yordamida amalga oshirildi.

Tadqiqot metodikasi (NDVI tahlili)

Ekin maydonlarining holatini baholash uchun eng keng tarqalgan va samarali vegetatsiya indeksi — **NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)** hisoblab chiqildi. Ushbu indeks o‘simlik qatlamining zichligi va salomatligini quyidagi formula asosida aniqlaydi:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

NIR — spektrning yaqin infraqizil diapazonidagi qaytish qiymati (Near-Infrared);

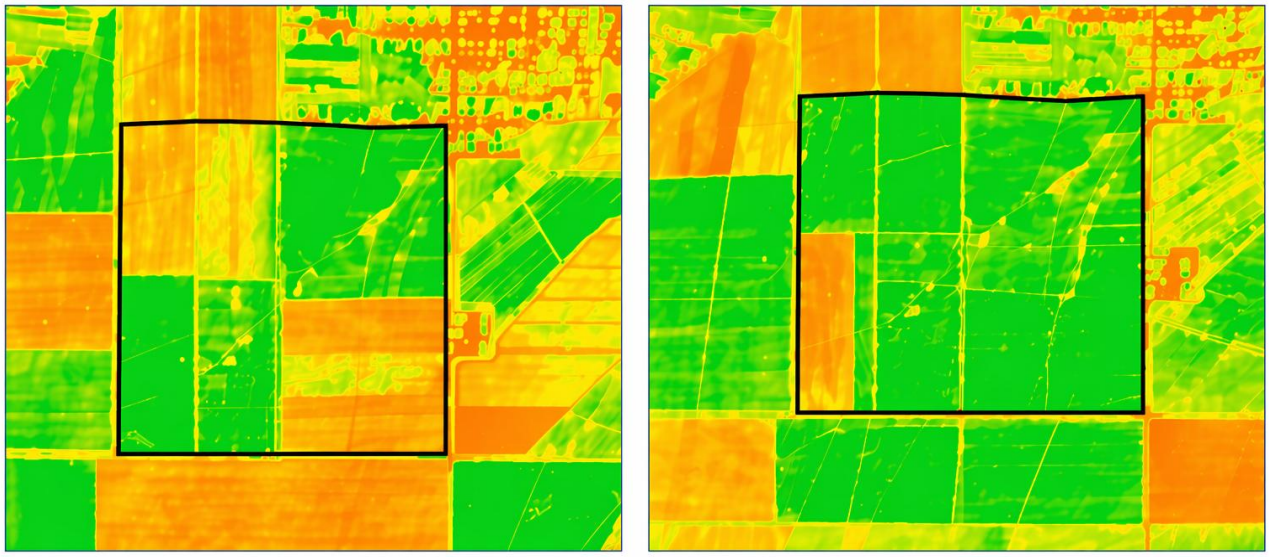
RED — spektrning ko‘rinadigan qizil diapazonidagi qaytish qiymati (Visible Red)

Tadqiqot bosqichlari:

1. Ma'lumotlarni yig'ish: Landsat 8 va Sentinel-2 apparatlaridan "TIQXMMI" MTU fermer xo‘jaligi hududiga tegishli bulutsiz tasvirlar yuklab olindi.
2. Radiometrik va Atmosferik tuzatish: Tasvirlardagi xatoliklarni bartaraf etish uchun dastlabki ishlov berish bosqichlari bajarildi.
3. Indeksni hisoblash: Har ikki sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari asosida NDVI xaritalari shakllantirildi.
4. Qiyosiy tahlil: Sentinel-2 ning yuqori aniqlikdagi ma’lumotlari Landsat 8 natijalari bilan solishtirilib, yer kadastrini yuritishda qaysi turdagi ma’lumotlar samaraliroq ekanligi aniqlandi.

Landsat 8 uzoq yillik arxiv ma’lumotlariga ega bo‘lgani sababli yer resurslarining tarixiy o‘zgarishlarini tahlil qilishda juda qulay hisoblanadi. NDVI indeksini hisoblashda ushbu yo‘ldosh ma’lumotlari keng qo‘llaniladi.

Sentinel-2 esa yuqori fazoviy aniqlikka ega bo‘lib, qishloq xo‘jaligi ekinlari, vegetatsiya zichligi va yer uchastkalarining mayda o‘zgarishlarini aniqlashda samaraliroq hisoblanadi. Ayniqsa, tez-tez tasvir olish imkoniyati monitoring aniqligini oshiradi.



2-rasm.Qishloq xo'jaligi ekin maydonlarini almashlab ekish jarayonida monitoring natijasi.

Masofadan zondlash asosida olib borilgan monitoring natijalariga ko‘ra, 2024-yilda yer uchastkasining yashil hududlarida bug‘doy, sariq rang bilan ifodalangan maydonlarda esa paxta ekinlari joylashgani aniqlangan. NDVI xaritada yashil rang yuqori vegetatsiyani, sariq rang esa nisbatan past vegetatsiya darajasini ko‘rsatadi. 2025-yilga kelib ham ekinlar tarkibi o‘zgarmagan bo‘lib, yashil hududlarda bug‘doy, sariq hududlarda paxta yetishtirilgan. Biroq monitoring natijalari shuni ko‘rsatdiki, 2025-yilda yashil (yuqori vegetatsiyali) maydonlar ulushi ortgan, bu esa bug‘doy ekinlari maydonining kengayganidan dalolat beradi.

Xulosa. Mazkur tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, masofadan zondlash texnologiyalarini raqamli yer kadastri tizimiga integratsiya qilish yer resurslarini samarali boshqarish, monitoring qilish va baholashda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Landsat 8 va Sentinel-2 sun'iy yo‘ldosh tasvirlari asosida hisoblangan NDVI indeksi orqali TIQXMI Milliy tadqiqot universitetining ilmiy tadqiqot maydonidagi ekin maydonlarining vegetatsiya holati aniqlandi hamda hududning agroekologik holatini masofadan turib baholash imkoniyati yaratildi.

Tadqiqot davomida NDVI xaritalari yordamida yer uchastkalari vegetatsiya darajasiga ko‘ra zonalarga ajratildi, natijada yuqori, o‘rtacha va zaif rivojlangan maydonlar aniqlanib, muammoli hududlarni tezkor belgilash imkoniyati yuzaga keldi. Bu esa sug‘orish, agrotexnik tadbirlarni rejalashtirish va hosildorlikni oshirish bo‘yicha aniq boshqaruv qarorlarini qabul qilishga xizmat qiladi.

Qiyosiy tahlil natijalariga ko‘ra, Landsat 8 ma'lumotlari uzoq yillik arxiv bazasiga ega bo‘lgani sababli yer resurslarining tarixiy o‘zgarishlarini tahlil qilishda qulay ekani aniqlandi. Sentinel-2 tasvirlari esa 10 metrli yuqori fazoviy aniqligi tufayli ekin maydonlaridagi mayda tafovutlar, vegetatsiya zichligi va kontur chegaralarini aniqlashda samaraliroq natija berdi. Shu sababli joriy monitoring va tezkor kadastr yangilanishlarida Sentinel-2, uzoq muddatli tahlillarda esa Landsat 8

ma’lumotlaridan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Shuningdek, ortofotoplanlarni NDVI va boshqa tematik qatlamlar bilan boyitish raqamli yer kadastri ma’lumotlar bazasining aniqligi va funksional imkoniyatlarini oshiradi. Bu esa kelgusida yer monitoringini avtomatlashtirish, noqonuniy yer foydalanish holatlarini aniqlash, yer unumdorligini baholash hamda raqamli boshqaruv tizimlarini rivojlantirish uchun mustahkam asos bo‘lib xizmat qiladi.

Umuman olganda, masofadan zondlash texnologiyalarini yer kadastri tizimida keng joriy etish yer resurslaridan oqilona foydalanish, iqtisodiy samaradorlikni oshirish va ekologik barqarorlikni ta’minlashning zamonaviy va istiqbolli yo‘nalishi hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Sh. S. Shokirov, I. M. Musaev, M.S.Akbarov (Masofadan zondlash).
2. www.lex.uz – O‘zbekiston Respublikasi qonunchilik hujjatlari milliy bazasi.
3. Campbell, J. B., & Wynne, R. H. (2011). Introduction to Remote Sensing. The Guilford Press. – Masofaviy zondlash texnologiyalariga doir fundamental qo‘llanma.
4. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining qarori (2020). “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi va uni amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida. – Yer boshqaruvini raqamlashtirish bo‘yicha hukumat qarori.
5. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari institute (milliy tadqiqot universiteti) darsliklari – yer tuzish, yer kadastri va GIS bo‘yicha o‘quv qo‘llanma.
6. Q. R. Rahmonov, J.K. Rahmonov. Raqamli yer kadastri O‘quv qo‘llanma.
7. Principles of Geographic Information Systems **(Burrough & McDonnell)** GIS metodologiyasi **va** fazoviy tahlil**.**
8. https://earthexplorer.usgs.gov/**.**
9. https://dataspace.copernicus.eu/

UDK 528.44:004.9

BINOLAR VA INSHOOTLARNING KADASTR RAQAMLARINI SHAKLLANTIRISH TIZIMI: AMALIYOT, MUAMMOLAR VA TAKOMILLASHTIRISH YO‘NALISHLARI.

Sh.Sh.Toshpo‘latov- *“TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti tayanch doktoranti. E-mail: sh_toshpulatov@tiiame.uz*

I.Sh.Norqobilov*-“TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti mustaqil izlanuvchisi. E-mail: isroil726943346@gmai.com*

Annotatsiya. *Mazkur maqolada O‘zbekiston Respublikasida hududlarni kadastr bo‘yicha zonalashtirish hamda yer uchastkalari, binolar va inshootlarning kadastr raqamlarini shakllantirish tizimi tahlil qilingan. Tadqiqotda normativ-huquqiy hujjatlar asosida mavjud tizimning xususiyatlari va muammolari aniqlanib, uni takomillashtirish yo‘nalishlari asoslab berilgan.*

Kalit so‘zlar. *Kadastr raqami, bino, inshoot, ko‘chmas mulk va normativlar – huquqiy hujjat. kadastr raqami, ko‘chmas mulk*

obyektlari, davlat kadastri, identifikatsiya tizimi, kadastr zonalashtirish, normativ-huquqiy baza, kadastr hisobga olish.

Kirish. Hududlarni kadastr bo‘yicha zonalashtirish yer resurslarini samarali boshqarish hamda davlat kadastr tizimini yuritishda muhim bosqichlardan biri hisoblanadi[1]. Ushbu jarayon yer uchastkalari, binolar va inshootlarning hududiy chegaralarini aniqlash, ularni tizimli ravishda hisobga olish va yagona identifikatsiya qilish imkonini beradi. Natijada ko‘chmas mulk obyektlari bilan bog‘liq huquqiy, iqtisodiy va boshqaruv jarayonlarining samaradorligi ta’minlanadi[2]. Hozirgi kunda urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi, ko‘p qavatli qurilishlar hajmining ortishi hamda ko‘chmas mulk obyektlari sonining keskin ko‘payishi ularni hisobga olish va ro‘yxatdan o‘tkazish tizimiga qo‘yilayotgan talablarni sezilarli darajada oshirmoqda. Bunday sharoitda ko‘chmas mulk obyektlarini aniq identifikatsiya qilish, ularning joylashuvi va chegaralarini belgilash hamda ular bilan bog‘liq huquqlarni ishonchli qayd etish dolzarb ahamiyat kasb etadi. Ko‘chmas mulk obyektlariga kadastr raqamlarini berish ushbu jarayonning asosiy elementlaridan biri bo‘lib, u obyektning yagona identifikatori sifatida xizmat qiladi[1]. Kadastr raqami orqali yer uchastkalari, binolar va inshootlar davlat ro‘yxatiga olinadi, ular bo‘yicha huquqiy operatsiyalar amalga oshiriladi hamda statistik va boshqaruv maqsadlarida foydalaniladi[2]. Ayniqsa, oldi-sotdi, ijara, garov, meros kabi huquqiy munosabatlarda obyektlarni aniqlik bilan identifikatsiya qilish muhim ahamiyatga ega. Shu bilan birga, amaldagi kadastr tizimida ayrim muammolar mavjud bo‘lib, ular kadastr raqamlarini shakllantirish va qo‘llash jarayonining samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Xususan, kadastr ma’lumotlarini yangilashning murakkabligi, turli axborot tizimlari o‘rtasida integratsiyaning yetarli emasligi hamda hududlarni qayta zonalashtirish bilan bog‘liq tashkiliy masalalar shular jumlasidandir. So‘nggi yillarda O‘zbekistonda kadastr tizimini modernizatsiya qilish, uni raqamlashtirish va zamonaviy axborot texnologiyalari asosida rivojlantirish bo‘yicha keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirilmoqda. Jumladan, integratsiyalashgan axborot tizimlari joriy etilib, ko‘chmas mulk obyektlarini hisobga olish va ularga bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish jarayonlari takomillashtirilmoqda[1].

Mazkur maqolaning maqsadi binolar va inshootlarning kadastr raqamlarini shakllantirish tizimini tahlil qilish, amaldagi holatdagi muammolarni aniqlash hamda uni takomillashtirish bo‘yicha ilmiy asoslangan takliflar ishlab chiqishdan iborat.

Adabiyotlar tahlili. So‘nggi yillarda ko‘chmas mulk obyektlarini ro‘yxatdan o‘tkazish tizimini takomillashtirishda 3D va an’anaviy kadastr yondashuvlari keng o‘rganilmoqda. Xususan, Peter van Oosterom[3] tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda kadastr tizimining evolyutsiyasi va 3D kadastr modeliga o‘tish zarurati asoslab berilgan. Muallifning fikricha, zamonaviy kadastr tizimi nafaqat yer uchastkalarini, balki ko‘p darajali ko‘chmas mulk obyektlarini ham qamrab olishi lozim. Shuningdek, Christiaan Lemmen[4] tomonidan ishlab chiqilgan “Cadastre 2014” konsepsiyasida kadastr tizimining kelajakdagi rivojlanish yo‘nalishlari belgilab berilgan bo‘lib, unda yer va ko‘chmas mulk obyektlarini to‘liq

raqamlashtirish hamda yagona axborot tizimida yuritish zarurligi ta'kidlangan. Ko'chmas mulk obyektlarini identifikatsiya qilishda kadastr raqamlarining ahamiyati Ian P. Williamson, Stig Enemark va Jude Wallace[5] tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda keng yoritilgan. Ularning ilmiy ishlarida kadastr tizimi yer boshqaruvi va iqtisodiy rivojlanishning asosiy infratuzilmasi sifatida qaraladi. BIM va GIS texnologiyalarining integratsiyasi asosida kadastr tizimini rivojlantirish masalalari Elfriede Fendel[6] hamda boshqa olimlar tomonidan o'rganilgan bo'lib, ular fazoviy ma'lumotlarni boshqarishda zamonaviy axborot texnologiyalarining ahamiyatini asoslab bergan. Milliy darajada esa kadastr tizimini tartibga soluvchi normativ-huquqiy asoslar O'zbekiston Respublikasining amaldagi qonun hujjatlarida o'z aksini topgan. Xususan, "Ko'chmas mulkka bo'lgan huquqlarni davlat ro'yxatidan o'tkazish to'g'risida"gi qonun hamda tegishli hukumat qarorlarida ko'chmas mulk obyektlarini identifikatsiya qilish, hisobga olish va ro'yxatdan o'tkazish tartiblari belgilangan[1].

Tahlillar shuni ko'rsatadiki, xalqaro tajribada kadastr tizimi yuqori darajada raqamlashtirilgan va integratsiyalashgan bo'lsa-da, milliy amaliyotda ayrim tashkiliy va texnologik muammolar saqlanib qolmoqda. Shu sababli, kadastr raqamlarini shakllantirish tizimini takomillashtirish ilmiy va amaliy jihatdan muhim ahamiyat kasb etadi.

Metodologiya. Mazkur tadqiqot tavsifiy-analitik (descriptive-analytical) yondashuv asosida amalga oshirildi. Tadqiqotning asosiy e'tibori binolar va inshootlarning kadastr raqamlarini shakllantirish tizimini o'rganish, uning amaldagi holatini baholash hamda mavjud muammolarni aniqlashga qaratildi.

Ma'lumotlar manbalari (Data sources). Tadqiqotda quyidagi ma'lumotlar manbalaridan foydalanildi:

- O'zbekiston Respublikasining normativ-huquqiy hujjatlari;
- kadastr tizimiga oid ilmiy adabiyotlar va xalqaro tadqiqotlar;
- amaldagi kadastr tizimi bo'yicha ochiq ma'lumotlar va me'yoriy hujjatlar.

Mazkur manbalar kadastr raqamlarini shakllantirish tizimining huquqiy va institutsional asoslarini aniqlash imkonini berdi.

Tadqiqot usullari (Research methods). Tadqiqot davomida quyidagi ilmiy usullar qo'llanildi:

- Normativ-huquqiy tahlil – kadastr tizimini tartibga soluvchi hujjatlarni o'rganish orqali kadastr raqamlarini shakllantirish mexanizmlarini aniqlash;
- Tizimli tahlil – kadastr raqamlarini shakllantirish jarayonini o'zaro bog'liq elementlar majmuasi sifatida ko'rib chiqish;
- Taqqoslash usuli – milliy kadastr tizimini xalqaro tajribalar bilan solishtirish va uning ustun hamda zaif jihatlarini aniqlash;
- Strukturaviy tahlil – kadastr raqamining tarkibiy tuzilmasini (kodlash elementlari) o'rganish;
- Analitik baholash – olingan natijalarni umumlashtirish va ilmiy xulosalar chiqarish.

Tahlil jarayoni (Analytical procedure). Tadqiqot bir necha bosqichda amalga oshirildi. Dastlab normativ-huquqiy hujjatlar tahlil qilinib, kadastr tizimining amaldagi modeli aniqlashtirildi. Keyingi bosqichda kadastr raqamlarining tuzilishi va ularning shakllanish mexanizmlari tizimli va strukturaviy yondashuv asosida o'rganildi. So'ngra

olingan natijalar xalqaro ilmiy tadqiqotlar bilan taqqoslanib, mavjud muammolar va takomillashtirish imkoniyatlari aniqlab berildi. Yakuniy bosqichda esa umumlashtirilgan natijalar asosida ilmiy xulosalar va amaliy takliflar ishlab chiqildi.

Muhokama va natijalar. Tadqiqot natijalari shuni koʻrsatadiki, koʻchmas mulk obyektlarini identifikatsiya qilishda kadastr raqamlari asosiy axborot elementi sifatida muhim rol oʻynaydi. Bu holat Ian P. Williamson, Stig Enemark va Jude Wallace[5] tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda ham tasdiqlanib, kadastr tizimi yer boshqaruvi va iqtisodiy rivojlanishning muhim infratuzilmasi sifatida baholanadi.

Amaldagi tizim tahlili shuni koʻrsatadiki, Oʻzbekistonda kadastr raqamlarini shakllantirish hududiy-ixtisoslashgan ierarxik model asosida amalga oshiriladi. Bu yondashuv obyektlarni tizimli hisobga olish imkonini bersa-da, zamonaviy talablarga toʻliq javob bermasligi mumkin. Xususan, Peter van Oosterom va Christiaan Lemmen[7] tadqiqotlarida anʼanaviy 2D kadastr tizimlari murakkab fazoviy obyektlarni toʻliq aks ettira olmasligi va 3D kadastrga oʻtish zarurligi asoslab berilgan.

Mazkur ilmiy qarashlar asosida olib borilgan tahlillar shuni koʻrsatadiki, amaldagi kadastr raqamlarini shakllantirish tizimi koʻp qatlamli koʻchmas mulk obyektlarini (masalan, koʻp qavatli binolar va ularning tarkibiy qismlari) toʻliq va aniq identifikatsiya qilishda maʼlum cheklovlarga ega. Bu esa zamonaviy urbanizatsiya sharoitida tizimni takomillashtirish zarurligini yuzaga keltiradi.

Shuningdek, kadastr tizimini rivojlantirishning konseptual asoslari Christiaan Lemmen[4] tomonidan ilgari surilgan “Cadastre 2014” modelida keng yoritilgan boʻlib, unda kadastr tizimini toʻliq raqamlashtirish va barcha maʼlumotlarni yagona axborot muhitida integratsiyalash zarurligi taʼkidlangan. Tadqiqot natijalari ushbu yondashuvning dolzarbligini tasdiqlaydi, chunki amaliyotda axborot tizimlari oʻrtasidagi integratsiya yetarli darajada emasligi aniqlangan.

Koʻchmas mulk obyektlarini koʻp oʻlchamli modellashtirish masalalari John Doyle[8] tomonidan ham oʻrganilgan boʻlib, unda mavjud kadastr tizimlarida fazoviy murakkablikni hisobga olish yetarli emasligi qayd etilgan. Ushbu jihat tadqiqot natijalari bilan mos keladi, yaʼni amaldagi tizimda obyektlarning fazoviy xususiyatlarini toʻliq aks ettirish imkoniyatlari cheklangan.

Bundan tashqari, Mohamed El-Mekawy, Anders Östman va Ihab Hijazi[9] tadqiqotlarida BIM va GIS texnologiyalarining integratsiyasi kadastr tizimlarini rivojlantirishda muhim omil sifatida koʻrsatilgan. Tadqiqot doirasida olingan natijalar ham axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini keng joriy etish kadastr tizimining samaradorligini oshirishini tasdiqlaydi.

Shu bilan birga, Elfriede Fendel[6] tomonidan qayd etilganidek, kadastr tizimlarining samaradorligi ularning institutsional va texnologik rivojlanish darajasiga bevosita bogʻliq. Oʻzbekiston misolida ham tizimni modernizatsiya qilish boʻyicha olib borilayotgan islohotlar ijobiy natijalar berayotgan boʻlsa-da, hali ham ayrim tashkiliy va texnologik muammolar saqlanib qolmoqda[10].

Umuman olganda, olib borilgan tahlillar xalqaro ilmiy yondashuvlar bilan uygʻun holda shuni koʻrsatadiki, kadastr raqamlarini shakllantirish

tizimi samarali ishlayotgan bo‘lsa-da, uni zamonaviy talablar asosida takomillashtirish zarur. Ayniqsa, 3D kadastr elementlarini joriy etish, axborot tizimlari integratsiyasini kuchaytirish hamda raqamlashtirish jarayonlarini jadallashtirish muhim ahamiyat kasb etadi.

Xulosa va takliflar. Olib borilgan tadqiqotlar natijalari shuni ko‘rsatadiki, ko‘chmas mulk obyektlarini identifikatsiya qilish tizimida kadastr raqamlari markaziy o‘rin egallaydi hamda u yer resurslarini boshqarishning muhim infratuzilmasi hisoblanadi. Bu holat Ian P. Williamson, Stig Enemark va Jude Wallace[5] tadqiqotlari bilan ham tasdiqlanadi. Amaldagi tizim ierarxik tuzilma asosida shakllangan bo‘lib, u ko‘chmas mulk obyektlarini hisobga olish va ro‘yxatdan o‘tkazish jarayonlarini ta’minlaydi.

Shu bilan birga, tadqiqot natijalari kadastr tizimini yanada takomillashtirish zarurligini ko‘rsatdi. Xususan, Peter van Oosterom va Christiaan Lemmen[3] tomonidan asoslab berilganidek, an’anaviy kadastr tizimlari murakkab fazoviy obyektlarni to‘liq qamrab olishda cheklangan bo‘lib, 3D kadastrga o‘tish dolzarb hisoblanadi. Mazkur yondashuv ayniqsa ko‘p qavatli va ko‘p funksiyali obyektlarni identifikatsiya qilishda muhim ahamiyatga ega.

Bundan tashqari, Christiaan Lemmen[7] tomonidan ilgari surilgan konsepsiyaga muvofiq, kadastr tizimlarini raqamlashtirish va yagona axborot muhitiga integratsiyalash zamonaviy rivojlanishning asosiy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Tadqiqot natijalari ham milliy tizimda axborot integratsiyasi yetarli darajada rivojlanmaganligini ko‘rsatdi.

Shuningdek, Mohamed El-Mekawy, Anders Östman va Ihab Hijazi[9] tadqiqotlarida qayd etilganidek, BIM va GIS texnologiyalarining integratsiyasi kadastr tizimlarini modernizatsiya qilishda muhim vosita hisoblanadi. Ushbu yondashuv kadastr ma’lumotlarining aniqligi va boshqaruv samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Yuqoridagilardan kelib chiqib, quyidagi ilmiy-amaliy takliflar ilgari suriladi:

- kadastr tizimini bosqichma-bosqich 3D kadastr modeliga o‘tkazish, ayniqsa murakkab ko‘chmas mulk obyektlari uchun;
- yagona integratsiyalashgan axborot platformasini yaratish va barcha tegishli tizimlarni o‘zaro bog‘lash;
- kadastr raqamlarini shakllantirishda ma’lumotlar uzluksizligini ta’minlovchi mexanizmlarni joriy etish;
- BIM va GIS texnologiyalarini integratsiyalash orqali ko‘chmas mulk obyektlarini aniqlik bilan modellashtirish;
- kadastr tizimini rivojlantirishda institutsional va texnologik yondashuvlarni uyg‘unlashtirish (Elfriede Fendel yondashuvi asosida[6]);
- normativ-huquqiy bazani zamonaviy raqamli tizimlar talablariga mos ravishda doimiy takomillashtirib borish.

Xulosa qilib aytganda, kadastr raqamlarini shakllantirish tizimini modernizatsiya qilish, uni raqamlashtirish va ilg‘or xalqaro tajribalar bilan uyg‘unlashtirish O‘zbekistonda ko‘chmas mulk obyektlarini boshqarish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Ushbu yo‘nalishdagi ilmiy tadqiqotlarni chuqurlashtirish va amaliyotga joriy etish kelgusida kadastr tizimining barqaror rivojlanishini ta’minlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi, “Hududlarni kadastr bo‘yicha bo‘lish va kadastr raqamlarini shakllantirish tartibi.” 2024.

[2] O‘zbekiston Respublikasi, “Ko‘chmas mulkka bo‘lgan huquqlarni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish to‘g‘risida.” 2022.

[3] P. van Oosterom and C. Lemmen, “Towards a 3D Cadastre,” *Comput. Environ. Urban Syst.*, vol. 35, no. 5, pp. 395–410, 2011.

[4] C. Lemmen and P. van Oosterom, “Cadastre 2014: A Vision for a Future Cadastral System,” *FIG Work. Week*, 2003.

[5] I. P. Williamson, S. Enemark, J. Wallace, and A. Rajabifard, *Land Administration for Sustainable Development*. ESRI Press, 2010.

[6] E. Fendel, “Cadastre and Land Administration Systems,” *FIG Publ.*, 2008.

[7] C. Lemmen and P. van Oosterom, “Cadastre 2014: A Vision for a Future Cadastral System,” *FIG Work. Week*, 2003.

[8] J. Doyle and others, “Multi-dimensional Cadastre: A Review of the Issues,” *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, vol. 23, no. 5, pp. 567–588, 2009.

[9] M. El-Mekawy, A. Östman, and I. Hijazi, “Integrating BIM and GIS for Urban Development,” *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–6, 2013.

[10] A. Ashurov, M. Usmanov, and B. Uspankulov, *Bino va inshootlar davlat kadastri*. Toshkent, 2018.

UDK: 528.8:630*114

NDVI INDEKSI ASOSIDA O‘SIMLIK QOPLAMINI BAHOLASH (SHEROBOD TUMANI MISOLIDA)

Abdusharifova Guljanoy Jaloliddin qizi *– “Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muxandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti 2-bosqich talabasi*

Maxsudov Rahim Ilhomovich *-“TIQXMMI” MTU, “Geodeziya va Geoinformatika” kafedrasi o’qituvchisi. PhD.*

Annotatsiya.*Mazkur maqolada masofadan zondlash ma’lumotlari asosida o‘simlik qoplamini baholashda keng qo‘llaniladigan NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) indeksi o‘rganildi. Tadqiqotda NDVI yordamida vegetatsiya holatini aniqlash va hududiy farqlarni tahlil qilish ko‘rsatib berildi. Amaliy misol sifatida Surxondaryo viloyati Sherobod tumani hududida olingan NDVI xaritasi tahlil qilindi.*

Kalit so‘zlar: *NDVI, vegetatsiya, masofadan zondlash, GIS, indeks, ekologik monitoring.*

This article examines the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), which is widely used in assessing vegetation cover based on remote sensing data. The study demonstrates the determination of vegetation status and the analysis of regional differences using NDVI. As a practical example, an NDVI map obtained for the Sherobod district of the Surxondaryo region was analyzed.

Keywords*: NDVI, vegetation, remote sensing, GIS, index, ecological monitoring.*

В данной статье изучен индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), широко используемый при оценке растительного покрова на основе данных дистанционного

зондирования. В исследовании продемонстрировано определение состояния вегетации и анализ территориальных различий с помощью NDVI. В качестве практического примера проанализирована карта NDVI, полученная по территории Шеробадского района Сурхандарьинской области.

***Ключевые слова**: NDVI, вегетация, дистанционное зондирование, ГИС, индекс, экологический мониторинг.*

Kirish. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) masofadan zondlash texnologiyalarida o‘simlik qoplamining holatini baholash uchun keng qo‘llaniladigan muhim ko‘rsatkichlardan biridir. Ushbu indeks o‘simliklarning spektral xususiyatlariga asoslanib, yaqin infraqizil (Near Infrared — NIR) va qizil (Red) diapazonlar o‘rtasidagi farqni tahlil qilish orqali aniqlanadi.
Sog‘lom o‘simliklar quyosh nurlarining infraqizil qismini kuchli aks ettiradi, qizil diapazonni esa faol ravishda yutadi. Shu sababli NDVI indeksi o‘simliklarning sog‘lomligi, zichligi va vegetatsiya darajasini aniqlashda yuqori aniqlik beradi.

NDVI qiymatlari odatda -1 dan +1 gacha oraliqda o‘zgaradi. Yuqori qiymatlar (0.6–0.9) zich va sog‘lom o‘simlik qoplamini ifodalasa, past qiymatlar (0–0.2) yalang‘och tuproq, suv yuzalari yoki qurigan o‘simliklarni bildiradi.

Bugungi kunda NDVI indeksi ekologik monitoring, qishloq xo‘jaligini boshqarish, iqlim o‘zgarishlarini tahlil qilish hamda yer resurslaridan oqilona foydalanishda muhim vosita sifatida keng qo‘llanilmoqda.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) o‘simlik qoplamini baholashda eng muhim ko‘rsatkichlardan biri bo‘lib, u masofadan zondlash ma’lumotlari asosida hisoblanadi. Ushbu indeks o‘simliklarning spektral xususiyatlariga tayangan holda ularning sog‘lomligi va rivojlanish darajasini aniqlash imkonini beradi.

- Formula: $\frac{NIR-Red}{NIR+Red}$.

Bu formulada NIR — yaqin infraqizil diapazon, Red esa qizil diapazonni ifodalaydi.

Ularning farqi va yig‘indisi orqali vegetatsiya darajasi aniqlanadi. NDVI indeksi turli sohalarda keng qo‘llaniladi: Qishloq xo‘jaligida — ekinlarning holatini monitoring qilish, hosildorlikni prognozlash, O‘rmon xo‘jaligida — o‘rmon qoplamining holatini baholash, Ekologik tadqiqotlarda — qurg‘oqchilik, kasallik yoki zararkunandalar ta’sirini aniqlash, Ekin rivojlanish bosqichlarini aniqlash, NDVI qiymatlari orqali o‘simliklarning rivojlanish bosqichlarini aniqlash mumkin:

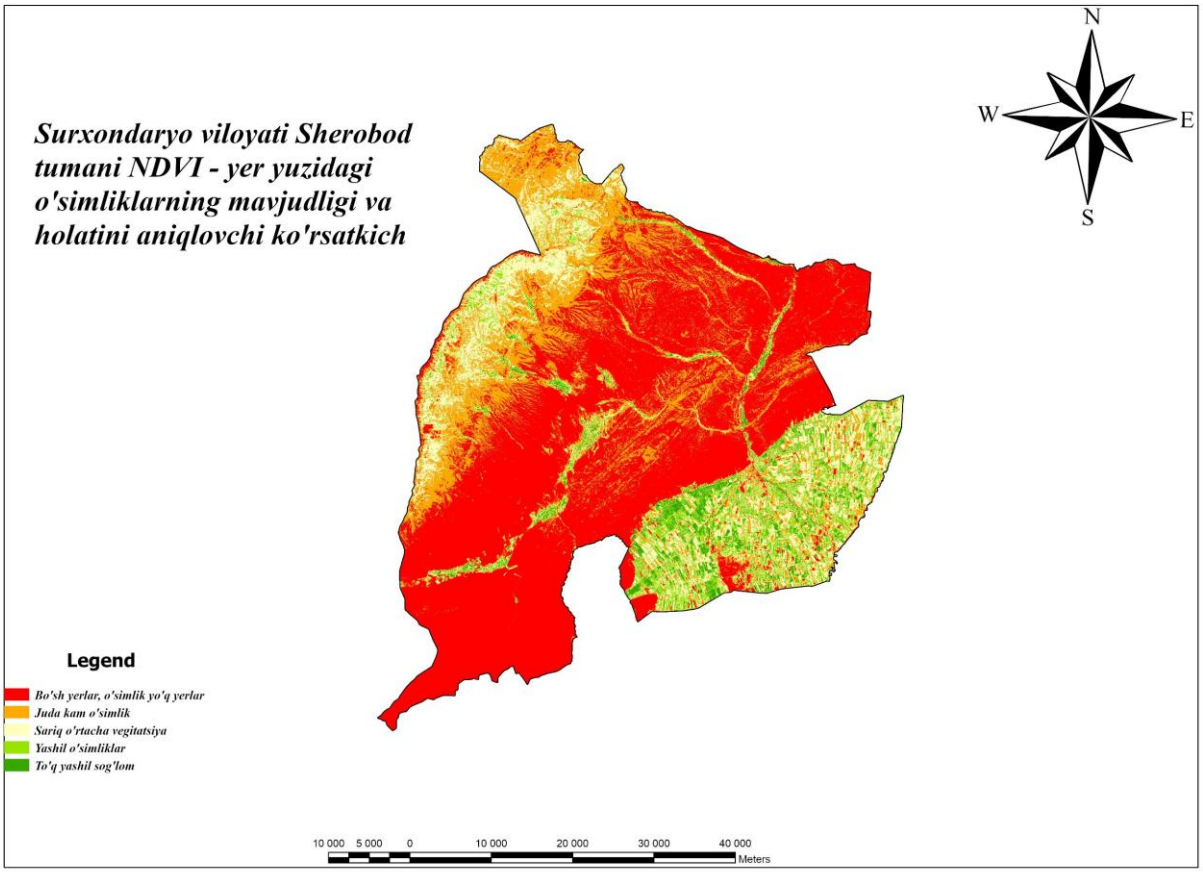
0.2 – 0.4 → nihollanish (boshlang‘ich o‘sish bosqichi)

0.5 – 0.8 → faol o‘sish va maksimal vegetatsiya

Past qiymatlar → pishish yoki hosil yig‘ish bosqichi

Bu esa dehqonchilik jarayonlarini samarali boshqarishga yordam beradi.

Amaliy tahlil: Sherobod tumani misolida
Tadqiqot doirasida Surxondaryo viloyati Sherobod tumani hududining NDVI xaritasi tuzildi va tahlil qilindi.



1-rasm. Xarita natijalariga koʻra hududda quyidagi holatlar kuzatildi:

1. Qizil ranglar (past NDVI)

Xaritaning katta qismi qizil rang bilan ifodalangan boʻlib, bu hududlarda:oʻsimlik qoplami deyarli yoʻq,tuproq yalangʻoch yoki qurigan, choʻl yoki togʻli hududlar mavjud.

2. Sariq ranglar (oʻrtacha vegetatsiya)

Baʼzi hududlarda sariq rang kuzatilib, bu:siyrak oʻsimliklar, mavsumiy vegetatsiya

past hosildorlikni bildiradi.

3. Yashil ranglar (yuqori NDVI)

Xaritada yashil hududlar asosan:sugʻoriladigan yerlar,qishloq xoʻjaligi maydonlari,

daryo yoki suv manbalariga yaqin joylar,toʻq yashil ranglar esa eng sogʻlom va zich vegetatsiyani koʻrsatadi.

Olingan natijalar shuni koʻrsatadiki:

Hududning katta qismida vegetatsiya darajasi past.Sugʻoriladigan hududlarda NDVI yuqori,tabiiy sharoit (iqlim, suv taʼminoti) vegetatsiyaga katta taʼsir qiladi.NDVI orqali hududni ekologik jihatdan baholash va qishloq xoʻjaligini rejalashtirish mumkin.

Xulosa. Ushbu tadqiqot natijalariga koʻra, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) indeksi oʻsimlik qoplamining holatini baholashda ishonchli va samarali vosita ekanligi aniqlandi. Masofadan zondlash maʼlumotlari asosida hisoblangan NDVI qiymatlari hududdagi vegetatsiya darajasini, oʻsimliklarning sogʻlomligi va zichligini aniqlash imkonini berdi.Sherobod tumani misolida olib borilgan amaliy tahlillar shuni koʻrsatdiki, hududda oʻsimlik qoplami notekis taqsimlangan. Sugʻoriladigan qishloq xoʻjaligi yerlarida NDVI qiymatlari yuqori boʻlib, bu hududlarda vegetatsiya

yaxshi rivojlanganini bildiradi. Aksincha, cho‘l va tog‘li hududlarda past NDVI qiymatlari kuzatilib, o‘simlik qoplami sust rivojlangan yoki deyarli mavjud emasligi aniqlandi.

Tadqiqot davomida NDVI indeksining amaliy ahamiyati ham yaqqol namoyon bo‘ldi. Xususan, ushbu indeks yordamida qishloq xo‘jaligi yerlarining holatini monitoring qilish, hosildorlikni prognozlash, sug‘orish tizimlarini optimallashtirish va ekologik muammolarni erta aniqlash mumkin. Shu bilan birga, NDVI aniqligi va tezkorligi bilan katta hududlarni qisqa vaqt ichida baholash imkonini beradi.Biroq, NDVI indeksining ayrim cheklovlari ham mavjud. Jumladan, juda zich o‘simlik qoplamida indeks qiymatlari to‘yinish holatiga kelib, o‘sishdagi kichik o‘zgarishlarni aks ettirmasligi mumkin. Shuningdek, tuproq namligi va atmosfera omillari natijalarga ma’lum darajada ta’sir ko‘rsatadi.

Shu sababli, kelgusida NDVI bilan bir qatorda boshqa vegetatsiya indekslaridan (masalan, EVI) ham foydalanish tavsiya etiladi.Umuman olganda, NDVI indeksi ekologik monitoring, yer resurslarini boshqarish va qishloq xo‘jaligini rivojlantirishda muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Ushbu tadqiqot natijalari NDVI dan samarali foydalanish orqali hududiy vegetatsiya holatini aniq baholash va tegishli boshqaruv qarorlarini qabul qilish mumkinligini ko‘rsatdi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Orolbo‘yi havzasida yer degradatsiyasini aniqlash: "NDVI yordamida hududdagi vegetatsiya o‘zgarishlari va ekologik barqarorlikni baholash". Cyberleninka ilmiy kutubxonasi, 2021.
2. Yer resurslari monitoringi: "NDVI va GIS texnologiyalari (ArcGIS, QGIS) yordamida o‘simlik qoplamini masofadan tahlil qilish usullari". TIIAME (Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti) uslubiy qo‘llanmasi.
3. O‘simliklar monitoringi turlari: "NDVI, EVI va GNDVI kabi turli indekslarning qishloq xo‘jaligidagi ahamiyati". Worldly Journals – International Journal of Scientific Research, 2022.
4. Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974): "Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS". NASA Goddard Space Flight Center, 309-317. (NDVI asoschisi hisoblangan fundamental ish).
5. NASA Earthdata: "Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Guide". NASA Official Website. [Elektron resurs].
6. USGS (U.S. Geological Survey): "Landsat Normalized Difference Vegetation Index". Landsat Missions Technical Documentation.
7. Prince, S. D. (2017): "Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Assess Land Degradation at Multiple Scales". ResearchGate.

UDK: 528.8:631.4

QISHLOQ XO‘JALIGI EKIN MAYDONLARINING MONITORINGINI NDVI KO‘RSATKICHI YORDAMIDA OLIB BORISH

Qalbayeva Gulbanu– *“TIQXMMI” MTU talabasi.*
Muxtorov O‘zbekxon *- “TIQXMMI” MTU PhD, Dotsent*

Annotatsiya: *Mazkur maqolada qishloq xo‘jaligi ekin maydonlarining monitoringini olib borishda NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ko‘rsatkichining ahamiyati va amaliy qo‘llanilishi ko‘rib chiqilgan. NDVI sun’iy yo‘ldoshdan yoki dronlardan olingan multispektral tasvirlar asosida hisoblanib, ekin maydonlaridagi o‘simlik qoplamining holatini, biomassa miqdorini va fotosintetik faollikni baholashning eng samarali, tezkor va tejamkor vositalaridan biri hisoblanadi. Maqolada NDVI asosida hosildorlikni bashoratlash, ekin turlarini kartalashtirish va stress holatlarini erta aniqlash imkoniyatlari tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, NDVI vaqtli qatorlarini tahlil qilish qishloq xo‘jaligida resurslar boshqaruvini optimallashtirish va o‘simliklarni o‘g‘itlashning differensial tizimini joriy etishda muhim rol o‘ynaydi.*

Kalit so‘zlar: *NDVI, ekin maydonlari, qishloq xo‘jaligi monitoringi, masofaviy zondlash, vegetatsiya indekslari, kosmik monitoring, hosildorlikni bashoratlash.*

Kirish: Dunyoda aholi sonining jadal o‘sishi qishloq xo‘jaligi mahsulotlariga bo‘lgan talabni yildan yilga oshirib bormoqda. Aholini yetarli miqdorda sifatli oziq-ovqat bilan ta’minlash uchun ekin maydonlaridan samarali foydalanish, hosildorlikni oshirish hamda o‘simliklarning stress holatlarini tezkor aniqlash talab etiladi. An’anaviy dala monitoringi usullari ko‘p vaqt, katta moddiy va inson resurslarini talab qiladi. Zamonaviy axborot texnologiyalari, xususan, sun’iy yo‘ldoshli masofaviy zondlash (RS) texnologiyalarining rivojlanishi qishloq xo‘jaligida monitoring ishlarini avtomatlashtirish imkonini yaratdi. Ushbu texnologiyalar qatorida NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) eng keng tarqalgan va informatsion ko‘rsatkich hisoblanadi. [24.04.2026 13:24] Mironshoh To'yqulov Ihtiyorovich: Ushbu maqolada NDVI ko‘rsatkichining geofazoviy tahlil asosida ekin maydonlarining holatini monitoring qilishdagi o‘rni va texnologik jihatlari tadqiq etilgan.

ASOSIY QISM. NDVI (ingl. Normalized Difference Vegetation Index) — bu o‘simlik qoplami tomonidan yutilgan va qaytarilgan yorug‘lik nurlari asosida hisoblanadigan ko‘rsatkich bo‘lib, u o‘simliklardagi xlorofill miqdorini, natijada ularning fotosintetik faolligini va umumiy hayotiyligini biroz vaqt oralig‘ida baholash imkonini beradi. Sog‘lom o‘simliklar yaqin infraqizil (NIR) spektrdagi yorug‘likni yuqori darajada qaytarib, ko‘zga ko‘rinadigan qizil spektrdagi yorug‘likni esa yaxshi yutadi. Ushbu farq NDVI indeksining hisoblanishiga asos bo‘ladi va uning qiymatlari -1 dan +1 oralig‘ida o‘zgaradi.

NDVI monitoringining afzalliklari quyidagilardan iborat:

a) O‘simlik salomatligini baholash:

NDVI xaritalari dala bo‘ylab o‘simliklarning rivojlanishidagi bir xil emaslikni ko‘rsatadi, bu esa zararlanish o‘choqlarini tez aniqlash imkonini beradi.

b) Hosildorlikni bashoratlash:

Vegetatsiya davrining turli bosqichlarida to‘plangan bir qator NDVI qiymatlari asosida kelajakdagi hosil miqdorini yuqori aniqlikda bashorat qilish mumkin. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, makkajo‘xori va don ekinlarining dala tajribalarida dron va sun’iy yo‘ldosh orqali olingan NDVI ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi korrelyatsiya juda yuqori bo‘lgan ($R^2>0.85$).

c) O‘g‘itlashning differensial tizimi:

NDVI qiymatining pastligi azot yetishmovchiligidan dalolat beradi, bu esa o‘g‘itlarni faqat talab mavjud bo‘lgan maydonlarga sarflash orqali resurslarni tejash imkonini beradi. O‘zbekiston sharoitida bu texnologiyaning ahamiyati ayniqsa ortib bormoqda. Jumladan, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining PQ-99-sonli qarori asosida tashkil etilgan Qishloq xo‘jaligi monitoring markazi aynan multispektral suratlar asosida ekinlarning NDVI kabi vegetatsiya indekslarini hisoblash va fermerlarga tavsiyalar berishga yo‘naltirilgan. Shuningdek, Qishloq xo‘jaligi vazirligining geoaxborot tizimi orqali barcha tumonlar kesimida ekin maydonlarining NDVI asosidagi onlayn monitoringi yo‘lga qo‘yilgan.

So‘nggi yillarda sun’iy intellekt va chuqur o‘qitish (Deep Learning) texnologiyalarining jadal rivojlanishi NDVI asosidagi qishloq xo‘jaligi monitoringini tubdan yangi bosqichga olib chiqdi. An’anaviy NDVI tahlili asosan statistik korrelyatsiyalarga tayangan bo‘lsa, bugungi kunda murakkab neyron tarmoq arxitekturalari ekin maydonlarini yuqori aniqlikda klassifikatsiya qilish va hosildorlikni bashoratlash imkonini bermoqda. Jumladan, Italiyaning shimoliy qismidagi murakkab qishloq xo‘jaligi hududida o‘tkazilgan tadqiqotda Sentinel-2 sun’iy yo‘ldoshining multispektral ma’lumotlari va NDVI indekslari asosida 2D CNN-GRU gibrid modeli 99,12% umumiy aniqlik va 99,14% F1 ko‘rsatkichiga erishgan.

Shuningdek, Landsat 8-9 va Sentinel-2A ma’lumotlarini uyg‘unlashtirgan holda, Gram-Schmidt sintezi yordamida teksturaviy va spektral xususiyatlarni birlashtirgan yangi chuqur o‘qitish modeli ilk vegetatsiya bosqichidayoq ekin turlarini yuqori aniqlikda farqlashga muvaffaq bo‘lgan. Ushbu yondashuvlar shuni ko‘rsatadiki, NDVI endilikda yakka ko‘rsatkich sifatida emas, balki murakkab neyron tarmoqlar uchun kirish xususiyati sifatida qo‘llanilib, monitoring va bashoratlash samaradorligini keskin oshiradi.

NDVI vaqtli qatorlarini qayta tiklash va bulutli hududlarda monitoring

NDVI asosidagi monitoringning asosiy cheklovlaridan biri — bulutli ob-havo sharoitida sun’iy yo‘ldosh tasvirlarining yaroqsiz holga kelishidir.

Ushbu muammoni hal etish uchun so‘nggi tadqiqotlarda bir qator innovatsion yondashuvlar taklif qilingan. Ichki Mo‘g‘ulistondagi Sariq daryo sug‘oriladigan hududida GF-SG (Gap Filling-Savitzky-Golay) vaqt qatorlarini qayta tiklash algoritmi 3D to‘liq konvolyutsion tarmoqlar (3D FCN) bilan uyg‘unlashtirilib, 80% bulutli qoplamada ham an’anaviy usullarda kuzatiladigan 33,6–37,2% aniqlik pasayishiga qarshi 85,2% barqaror aniqlikni saqlab qolishga erishildi (RMSE = 0,0853).

Bunga parallel ravishda, Kanadaning 16 ta fermer xo‘jaligida

2018–2023 yillar davomida o‘tkazilgan tadqiqotda masofaviy o‘zgartirishga asoslangan fazoviy-vaqtinchalik model (Distance Transform-Based Spatiotemporal Model) yo‘qolgan NDVI qiymatlarini tiklashda bazaviy usullarga nisbatan 263% gacha yuqori aniqlik (RMSE bo‘yicha) namoyish etgan. Koreyada esa Sentinel-2 va PlanetScope sun’iy yo‘ldoshlarining NDVI ma’lumotlarini fazoviy-vaqtinchalik sintez qilish (SSFIT) usuli orqali 3 metrlik fazoviy aniqlikdagi yuqori sifatli NDVI tasvirlari yaratilib, kichik va heterogen ekin maydonlarini monitoring qilish imkoniyati sezilarli darajada kengaytirildi (korrelyatsiya > 0,8).

Dron (UAV) texnologiyalari va NDVI asosida hosildorlikni bashoratlash

So‘nggi yillarda uchuvchisiz uchish apparatlari (UAV) NDVI monitoringi uchun eng istiqbolli platformalardan biriga aylandi. An’anaviy sun’iy yo‘ldosh tasvirlari cheklangan fazoviy aniqlik va uzoq qayta tashrif davriyligi kabi kamchiliklarga ega bo‘lsa, dronlar santimetr darajasidagi aniqlik va istalgan vaqtda monitoring o‘tkazish imkonini beradi. 2025-yilda chop etilgan keng qamrovli sharhda ta’kidlanishicha, NDVI, GNDVI, SAVI kabi an’anaviy vegetatsiya indekslari turli ekinlarda keng qo‘llanilib, yetuk darajaga yetgan bo‘lsa-da, ularni TCARI, RDVI, OSAVI kabi rivojlanayotgan indekslar va intellektual algoritmlar bilan uyg‘unlashtirish monitoring aniqligini sezilarli darajada oshiradi.

XULOSA. Qishloq xo‘jaligi ekin maydonlarining monitoringida NDVI ko‘rsatkichidan foydalanish o‘simliklarning holatini tezkor va keng ko‘lamli baholash imkonini beradi. Ushbu texnologiya yordamida fermerlar yerga ishlov berish va o‘g‘itlash masalalarida tejamkorlikka erishish bilan birga, hosildorlikni sezilarli darajada oshirishlari mumkin. Mamlakatimizda sun’iy intellekt va bulutli texnologiyalarni NDVI monitoring tizimlariga integratsiya qilish orqali qishloq xo‘jaligini "Raqamli ferma" darajasiga olib chiqish istiqbollari kengdir.

O‘zbekiston sharoitida NDVI asosidagi monitoring tizimlarining joriy etilishi jadal sur’atlar bilan davom etmoqda. Qishloq xo‘jaligi vazirligi tomonidan Yevropa Ittifoqi ko‘magida amalga oshirilayotgan EU-AGRIN loyihasi doirasida fermerlarga Geoportal orqali o‘z ekin maydonlarining NDVI, NDMI va GNDVI ko‘rsatkichlarini kuzatish imkoniyati yaratilgani, “O‘zbekkosmos” agentligining BMT ESCAP bilan hamkorlikda Markaziy Osiyo uchun qurg‘oqchilikni monitoring qilish milliy tizimini yaratish tashabbusi, shuningdek, EnMAP giperspektral sun’iy yo‘ldoshi ma’lumotlari asosida paxta va g‘alla ekinlarini 95,2% aniqlikda tasniflash bo‘yicha milliy ilmiy yutuqlar mamlakatimizda aniq qishloq xo‘jaligi (Precision Agriculture) tizimiga o‘tish jarayonini jadallashtirmoqda.

Kelgusidagi tadqiqotlar turli ekin turlarining fenologik fazalariga moslashtirilgan maxsus NDVI algoritmlarini yaratishga hamda bulutli kunlarda monitoring imkoniyatini beruvchi radar (SAR) ma’lumotlari bilan integratsiyalashgan modellarni ishlab chiqishga qaratilishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Miller, J. O., Mondal, P., & Sarupria, M. (2024). Sensor-based measurements of NDVI in small grain and corn fields by tractor, drone, and satellite platforms. Crop and Environment, 3(1), 33-42. [17†L3-L4]

2. ESA. (2024). Agriculture and Space: What Capabilities Can Satellites Bring? ESA Earth Online. [16†L4-L5]
3. Kim, T. H., et al. (2025). A Multi-Stage Framework for Cloud-Free NDVI Generation in Agricultural Monitoring Using Sentinel-2 Imagery. Korean Journal of Remote Sensing, 41(6), 1077-1090. [18†L4-L5]
4. Capodici, F., & D'Urso, G. (2015). Investigating the Relationship between X-Band SAR Data from COSMO-SkyMed Satellite and NDVI for LAI Detection. Remote Sensing, 7(4), 4679-4705. [4†L38-L40]
5. Vibhute, A. D., et al. (2023). Analysis of NDVI for crop monitoring using satellite remote sensing. Journal of Agrometeorology, 25(1), 112-118. [5†L51-L53]
6. O'zbekiston Respublikasi Qishloq xo'jaligi vazirligi (2022). Geoaxborot tizimi. [15†L2-L3]
7. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2026-yil 13-martdagi "Qishloq xo'jaligida zamonaviy texnologiyalarni joriy qilishga doir chora-tadbirlar to'g'risida" PQ-99-son qarori. Lex.uz. [14†L4-L6]

UDK: 349.6:556.18

SUV FONDI YERLARI VA ULARNI MONITORING QILISHNING XORIJIY TAJRIBALARI

Temirova Shaxnoza Bektursun qizi *- "O'zdavyerloyiha" davlat ilmiy-loyihalash institutining mustaqil izlanuvchisi, PhD*

Annotatsiya. *Mazkur tezisda suv fondi yerlarini monitoring qilishning xorijiy tajribalari hamda suv resurslarini boshqarishning zamonaviy mexanizmlari tahlil qilingan. AQSH va Yevropa Ittifoqi misolida suv monitoringi, gidrologik tadqiqotlar hamda ekologik holatni baholash tizimlari yoritilgan. Shuningdek, suv obyektlarini kompleks boshqarish, ularning sifat va miqdor ko'rsatkichlarini muntazam nazorat qilishning ahamiyati ochib berilgan. Tadqiqot natijalari suv fondi yerlaridan samarali foydalanish va ularni barqaror boshqarishni takomillashtirishga xizmat qiladi.*

Kalit so'zlar. *Suv resurslari, gidrologik tadqiqot, daryo havzalari, yer osti suvlari, suv obyektlari, monitoring, mexanizm.*

Kirish. Dunyo bo'ylab ko'plab mamlakatlarda suv fondi yerlarining monitoringi amalga oshirilmoqda. Masalan, AQSH tajribasi United States Geological Survey va Environmental Protection Agency suv resurslarini monitoring qilishda yetakchi tashkilotlar hisoblanadi. **United States Geological Survey (USGS)** — AQSh hukumatining ilmiy agentligi bo'lib, u U.S. Department of the Interior tarkibiga kiradi. https://www.usgs.gov/mission-areas/water-resources



1-rasm.United States Geological Survey (USGS) Agentlik suv resurslarini monitoring qilish, zilzilalarni kuzatish hamda atrof-muhitdagi o‘zgarishlarni tahlil qilish

U mamlakatning tabiiy resurslari, geologiyasi, gidrologiyasi va biologiyasini o‘rganish bilan shug‘ullanadi. Agentlik suv resurslarini monitoring qilish, zilzilalarni kuzatish hamda atrof-muhitdagi o‘zgarishlarni tahlil qilishda muhim rol o‘ynaydi.

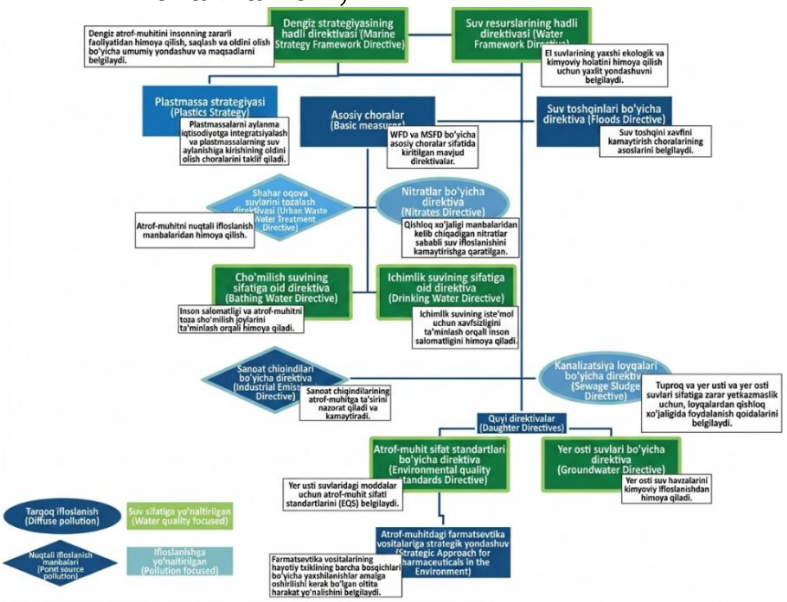
Suv monitoringi va gidrologik tadqiqotlar

Suv monitoringi- bu daryolar, ko‘llar, suv omborlari va yer osti suvlarining holatini muntazam kuzatish jarayonidir. Monitoring suq miqdorini, sifatini va o‘zgarish dinamikasini baholash imkonini beradi.

Gidrologik tadqiqotlar esa suv resurslarining shakllanishi, taqsimlanishi va xarakatini o‘rganishga qaratilgan ilmiy izlanishdir.

Yevropa ittifoqi tajribasida suv resurslari boshqarish Water Framework Directive asosida amalga oshiriladi. Water Framework Directive (WFD)- Suv bo‘yicha ramkaviy direktiva- Yevropa ittifoqining suv siyosati sohasidagi asosiy qonun hujjati hisoblanadi. Direktivaning asosiy maqsadi- Yevropa Ittifoqidagi barcha suv obyektlarini “Yaxshi ekologik holat” darajasiga yetkazishdan iboratdir.

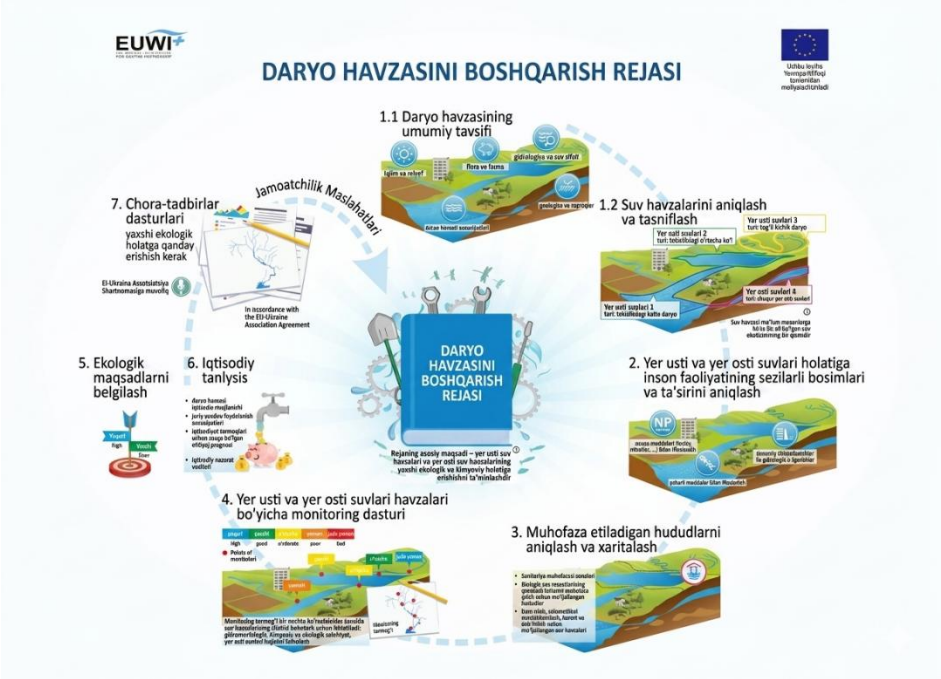
https://environment.ec.europa.eu/topics/water/water-framework-directive_en



2-rasm.Water Framework Directive

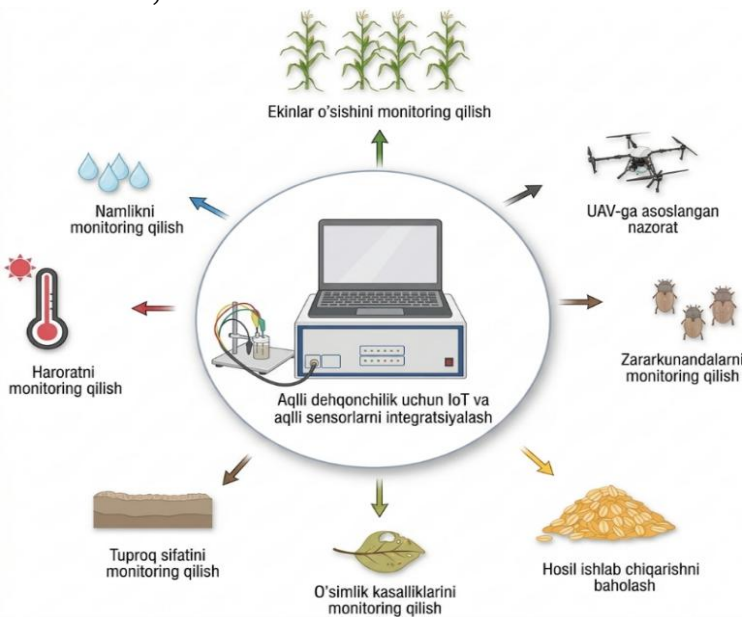
Amalga oshirish mexanizmi Yevropa Ittifoqiga a'zo davlatlar daryo havzalari bo'yicha boshqaruv rejalarini ishlab chiqishga majburdirlar. Bu rejalar RIVER BASIN MANAGEMENT PLANS (RBMPs) deb nomlanadi va bu rejalar har olti yilda yangilanib boriladi.

Mexanizm suv resurslarini kompleks va barqaror boshqarishni ta'minlashga hizmat qiladi.



3-rasm. RIVER BASIN MANAGEMENT PLANS

Isroil tajribasida suv resurslaridan samarali foydalanish bo'yicha dunyoda yetakchi davlatlardan biri hisoblanadi. Isroilda tomchilatib sug'orish tizimi, Suvni qayta ishlash va qayta foydalanish hamda Aqli (smart) monitoring tizimlari keng qolaniladi.



4-rasm.(smart) monitoring tizimi

Tadqiqot ishlari davomida suv fondi yerlarini monitorining qishloq xo‘jaligi yerlarida mamlakatlar orasidagi tajribasiga organishga e’tibor qaratildi. O‘rganganlar natijasida dunyoda suv monitoringini yuritish bo‘yicha AQSH, YEVROPA ITTIFOQI, ISROIL ko‘rsatkichlari bilan birinchi o‘rinlarda turishi aniqlandi (1- jadval). Bu borada ushbu davlatlarda bir qancha ilg‘or texnologiyalar va yondashuvlar amalga oshirilmoqda.

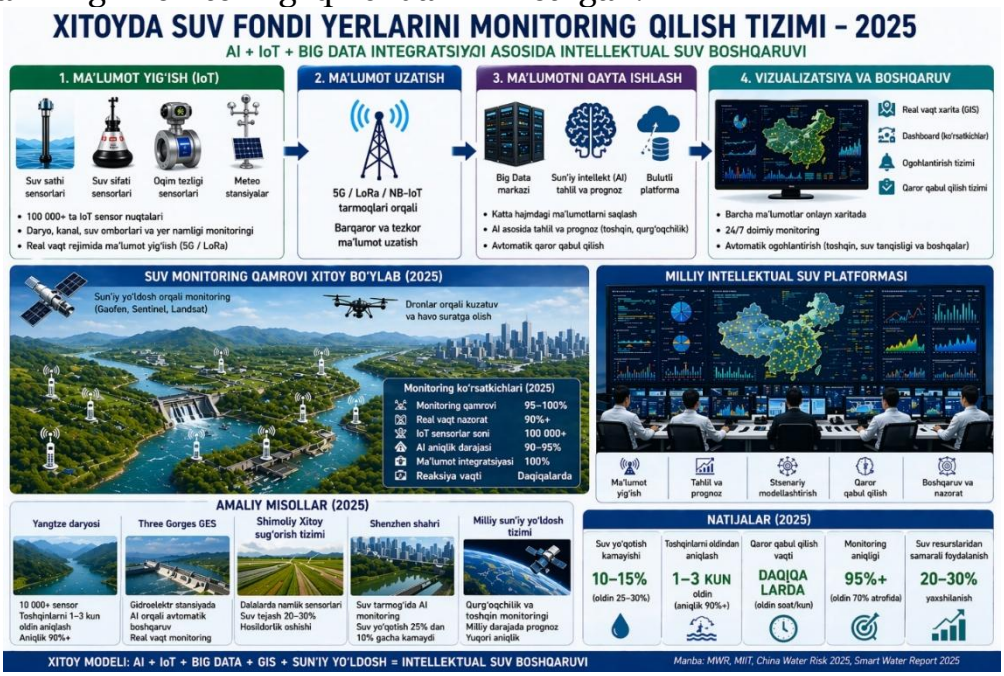
(1- jadval)

Suv fondi yerlari monitoringi: 2025-yil holatiga taqqoslama

Ko‘rsatkich	AQSH (2025)	Yevropa Ittifoqi (2025)	Isroil (2025)	O‘zbekiston (2025)
Monitoring usuli	To‘liq avtomatlashtirilgan	Integratsiyalashgan raqamli tizim	Smart irrigation	Qisman raqamli
GIS qo‘llanilishi	Juda yuqori	Juda yuqori	Yuqori	O‘rtacha
Sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari	Real vaqtga yaqin	Real vaqtga yaqin	Keng	Cheklangan
Real vaqt monitoring	90–100%	80–90%	90%	30–40%
Ma’lumot integratsiyasi	To‘liq	To‘liq	Yuqori	Qisman
Avtomatlashtirish darajasi	Juda yuqori	Juda yuqori	Yuqori	Past–o‘rtacha

Ushbu xorijiy tajribalar O‘zbekiston suv fondi yerlarida monitoring tizimlarida yuqori natijalarga erishishda imkoniyatlar yaratadi.

Xitoy so‘nggi o‘n yillikda suv fondi yerlarining monitoring qilishda eng tez raqamlashgan va texnologik jihatdan ilg‘or davlatlardan biriga aylangan. 2025-yilga kelib Xitoyda suv monitoringi ananaviy kuzatuvdan to‘liq raqamli, avtomatlashtirilgan va sun’iy intelektga asoslangan tizim joriy etilgan.



5-rasm. Sun’iy intelekt asosida Xitoy suv monitoring qilish tizimini tasvirlanishi

2025-yil holatiga koʻra, Xitoyda suv fondi yerlarining monitoringi tizimi raqamli transformatsiyaning yuqori bosqichga chiqqan boʻlib, IoT sensorlar, sunʼniy intellekt, Big Data, GIS va suniy yoʻldosh maʼlumotlari chuqur integratsiya asosida amalga oshirilmoqda. Ushbu tizim maʼlumotlarini yigʻish, uzatish, qayta ishlash va vizualizatsiya qilish jarayonlarini toʻliq avtomatlashtirilgan xolda, real vaqt rejimida yuqori aniqlikda monitoring qilishni imkonini beradi. Natijada suv resurslardan unumli foydalanish samaradorligini oshiradi.

Фойдаланилган адабиётлар

1. United Nations. (2023). *World Water Development Report 2023: Partnerships and cooperation for water*. UNESCO.
2. World Bank. (2022). Water security and climate change report. Washington, DC.
3. Food and Agriculture Organization. (2021). The state of the world's land and water resources for food and agriculture. Rome.
4. OECD. (2020). Water governance in OECD countries. Paris.
5. European Environment Agency. (2024). European waters: Assessment of status and pressures.
6. Copernicus Programme. (2024). Copernicus water monitoring services report.
7. European Commission. (2021). Water Framework Directive (2000/60/EC).
8. Sentinel Hub. (2023). Satellite-based water quality monitoring methods.
9. United States Geological Survey. (2024). National Water Information System data report.
10. NOAA. (2023). Flood forecasting and water monitoring systems.
11. USGS. (2022). Water data for the *nation: Summary report*.
12. Gleick, P. H. (2018). The world's water: Data and trends. Pacific Institute.
13. Liu, J., et al. (2017). Water scarcity assessments in global scale. Nature Sustainability, 1(1), 1–8.
14. Khan, U. T., et al. (2018). Smart water management: A review. Journal of Hydrology, 565, 1–13.
15. Zhang, Y., et al. (2020). Remote sensing for water monitoring. Remote Sensing, 12(3), 1–20.
16. Singh, A. (2019). GIS-based water resource monitoring. Environmental Monitoring Journal, 45(2), 56–70.
17. Mishra, A., & Coulibaly, P. (2020). Hydrologic prediction using AI. Water Resources Research, 56(2).
18. Tarpanelli, A., et al. (2021). Satellite data for flood monitoring. *Hydrology and Earth System Sciences*, 25(3).
19. Ministry of Land Infrastructure Transport and Tourism. (2023). Water disaster management in Japan.
20. Takeuchi, K. (2019). Flood management in Japan. *Water International*, 44(6).
21. Batty, M. (2018). Digital twins in smart cities. Environment and Planning B.
22. Wolfert, S., et al. (2017). Big Data in water management. Agricultural Systems, 153.
23. Li, S., et al. (2021). IoT-based water monitoring. Sensors, 21(4).
24. Ahmed, S. (2022). AI in hydrology. *Journal of Water Resources*.
25. Oʻzbekiston Respublikasi Suv xoʻjaligi vazirligi. (2023). Suv resurslari hisobotlari.
26. Mahmudov, I. E. (2019). Suv resurslarini monitoringi va boshqaruvi. Toshkent: Fan.
27. Gʻoyipnazarov, M. (2020). Suv xoʻjaligida innovatsion texnologiyalar. Toshkent.

28. UNECE. (2021). Water management in Central Asia.
29. ICWC. (2022). *Water resources management in Aral Sea basin*.
30. UNESCO. (2022). Water and climate change report.
31. FAO AQUASTAT. (2024). Global water database.
32. World Resources Institute. (2023). Aqueduct *water risk atlas*.

UO'K: 332.3:528.88:338.24

YER MONITORINGINI TIZIMLI YURITISHNING IQTISODIY VA AMALIY OMILLARI

Saydaliyeva Go'zal Abdurashidovna *-"Davlat kadastrlari" kafedrasi assistenti*

Annotatsiya. *Maqolada qishloq xo'jaligiga mo'ljallangan yerlarda yer monitoringini tizimli ravishda yuritishning amaliy va iqtisodiy tomonlari keng ko'lamda tahlil qilingan. O'zbekiston sharoitida yer monitoringining joriy holati, mavjud muammolar masofadan zondlash texnologiyalari va raqamli platformalar asosida qurilgan monitoring tizimlarining samaradorligi 3 ta jadval ko'rsatkichlari bilan asoslab berilgan. Yuqori sifatli yer monitoringi yerdan foydalanish samaradorligini 25–40% gacha oshirish, tuproq degradatsiyasining oldini olish hamda agrar islohotlarning maqsadli amalga oshirilishini ta'minlash imkonini beradi.*

Kalit so'zlar: *yer monitoringi, qishloq xo'jaligi yerlari, tuproq unumdorligi, raqamli, yer kadastri, A-LUI, Landshaft o'zgarishlari*

Abstract. *The article provides a comprehensive analysis of the practical and economic aspects of systematic land monitoring on agricultural lands. The current state of land monitoring in Uzbekistan, existing problems and the effectiveness of monitoring systems built on the basis of remote sensing technologies and digital platforms are substantiated by 3 tabular indicators. High-quality land monitoring allows increasing land use efficiency by 25–40%, preventing soil degradation and ensuring targeted implementation of agrarian reforms.*

Keywords: *land monitoring, agricultural lands, soil fertility, digital, land cadastre, A-LUI, Landscape changes***.**

Аннотация. *В статье представлен всесторонний анализ практического и экономического аспектов систематического мониторинга земель сельскохозяйственного назначения. Современное состояние мониторинга земель в Узбекистане, существующие проблемы и эффективность систем мониторинга, построенных на основе технологий дистанционного зондирования и цифровых платформ, обосновываются тремя табличными показателями. Качественный мониторинг земель позволяет повысить эффективность землепользования на 25–40%, предотвратить деградацию почв и обеспечить целенаправленное проведение аграрных реформ.*

Ключевые слова: *мониторинг земель, сельскохозяйственные земли, плодородие почвы, цифровые технологии, земельный кадастр, A-LUI, изменения ландшафта.*

Kirish. Bugungi kunda respublikamizda qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlarda yer monitoringini olib borish ijobiy natijalarga erishishni, shu bilan birga qishloq xo‘jaligi intensivligi so‘nggi o‘n yilliklarda global miqyosda katta iqtisodiy rivojlanishni ifodalaydi. Bu hodisa sezilarli ekologik va iqtisodiy o‘zgarishlar, uzilishlar va qiyinchiliklar bilan birga keladi.

Yerlarda bo‘layotgan o‘zgarishlarda yer monitoringi – yerlarning holatini doimiy kuzatish tizimidir. Monitoring — yerdan foydalanish sifati, tuproq unumdorligi, eroziya xavfi, meliorativ holat va agroekologik ko‘rsatkichlarni muntazam kuzatish, baholash hamda qayta ishlash jarayoni sifatida ta'riflanadi.

Yer monitoringi — bu yerdan foydalanish jarayonlarini kuzatish, baholash va tahlil qilishning ilmiy asoslangan tizimi bo‘lib, ushbu jarayonlardan keyin obyektiv ma’lumotlar asosida boshqaruv qarorlarini qabul qilish imkonini beradi. Zamonaviy axborot texnologiyalari, hamda sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va raqamli kartografiya vositalarining rivojlanishi monitoring samaradorligini tubdan oshirdi. Maqolaning asosiy maqsadi — qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlarda yer monitoringini yuritishning afzalliklarini real ma'lumotlar asosida yoritishdir.

Yer resurslari iqtisodiyotning asosiy tayanch omili hisoblanib, ayniqsa qishloq xo‘jaligi sektori uchun hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. O‘zbekistonda jami yer fondi 44,9 million ga, shundan qishloq xo‘jalik yerlari 26,5 million gektarni tashkil etadi.

Hozirgi kunda qishloq xo‘jaligi intensivligi, boshqacha aytganda, yerdan foydalanish intensivligi (A-LUI) **— Agricultural Land Use Intensity)** — bu qishloq xo‘jaligida muayyan yer maydonidan olinadigan **mahsulot miqdorini oshirish** maqsadida amalga oshiriladigan texnologik va boshqaruv tadbirlarining darajasidir. Ushbu ko‘rsatkich yer resurslaridan samarali foydalanilayotganini belgilaydi, bu yerda boshqaruv intensivligini oshirish (yuqori hosildor ekinlar va chorva mollaridan foydalanish, o‘g‘itlar, pestitsidlar, drenaj yoki sug‘orish, mexanizatsiyalash kabi materiallardan foydalanish) va landshaft tuzilishini moslashtirish, yerlarni birlashtirish orqali yer birligiga to‘g‘ri keladigan ishlab chiqarish hajmining oshishi sifatida ta’riflanadi.

A-LUI odatda quyidagi omillarning majmuasi orqali hisoblanadi:

- **Agrotexnik tadbirlar:** Mineral o‘g‘itlar, pestitsidlar va gerbitsidlardan foydalanish darajasi.
- **Mexanizatsiyalash va irrigatsiya:** Yerga ishlov berishda zamonaviy texnikalar va sug‘orish tizimlarining qo‘llanilishi.
- **Chorvachilikda:** Yaylovlarda chorva mollarining zichligi (grazing intensity) va o‘t o‘rish chastotasi (mowing frequency).
- **Landshaft o‘zgarishlari:** Kichik maydonlarni birlashtirish yoki yer tarkibini o‘zgartirish orqali hosildorlikni oshirish.

A-LUI ning oshishi kengayib borayotgan davrda global aholi uchun oziq-ovqat mahsulotlarini sotib olishga yordam bergan bo‘lsa-da, bu inson sog‘ligi uchun xavflardan tashqari, tuproqning degradatsiyasi, suv sifati va resurslarining o‘zgarishi, jiddiy ekologik muammolar bilan birga keladi.

A-LUI ning muhim jihatlarini yoritadigan bo‘lsak, (bu qishloq

xo‘jaligida muayyan yer maydonidan olinadigan **mahsulot miqdorini oshirish** maqsadida amalga oshiriladigan texnologik va boshqaruv tadbirlarining darajasidir).

Iqtisodiy samaradorlik: Kamroq maydondan ko‘proq hosil olish imkonini beradi.

Ekologik ta’sir: Intensivlikning haddan tashqari yuqori bo‘lishi tuproqning yemirilishi (degradatsiya), biologik xilma-xillikning kamayishi va yer osti suvlarining ifloslanishiga olib kelishi mumkin.

Monitoring: Hozirgi kunda sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari (Remote Sensing) orqali yerdan foydalanish intensivligini masofadan nazorat qilish usullari keng qo‘llanilmoqda. A-LUI hamda LUI o‘rtasidagi farq holatlariga e‘tibor qaratadigan bo‘lsak :

1) **A-LUI** Faqat qishloq xo‘jaligi (Agricultural) sohasidagi intensivlikni anglatadi.
2) **LUI** Umumiy yerdan foydalanish indeksi (shaharsozlik, sanoat va qishloq xo‘jaligini o‘z ichiga oladi).

Yer monitoringi - bu tabiiy va antropogen omillar ta'sirida yer resurslari holatidagi o'zgarishlarni kuzatish, baholash va bashorat qilishning tizimli jarayoni. Yer monitoringining asosiy maqsadlari quyidagilarni o'z ichiga oladi:

yerlarning sifat va miqdoriy ko'rsatkichlari bo'yicha ishonchli ma'lumotlarni to'plash;

yerlardan oqilona, iqtisodiy va ekologik jihatdan foydali foydalanishni ta'minlash;

salbiy jarayonlarni (eroziya, botqoqlanish, degradatsiya, ifloslanish va boshqalar) aniqlash va oldini olish;

inson faoliyatining yer resurslariga ta'sirini baholash;

yer sharoitidagi o'zgarishlarni bashorat qilish;

yerlarni boshqarish va atrof-muhitni muhofaza qilish sohasida qarorlar qabul qilishni qo'llab-quvvatlash.

Yer monitoringini o'tkazilishi qishloq xo'jaligida: ekinlar salomatligi, sug'orishni rejalashtirish, hosildorlikni prognoz qilish, tuproqni muhofaza qilish ishlari olib boriladi.

Shaharsozlik faoliyatida: yerlardan foydalanishni tumanlar doirasida olib borish, infratuzilmani rivojlantirish, hududlarda ifloslanishni nazorat qilish.

Atrof-muhitni muhofaza qilishda: biologik xilma-xillikni monitoring qilish, yashash joylarini xaritalash, aholi o’rtasida ifloslanishni kuzatish.

Ofatlarni boshqarish: hududlarda suv toshqini, ko'chki va yong'in xavfini o‘rganish ularni baholash.

So‘nggi vaqtlarda intensiv dehqonchilik, noto‘g'ri irrigatsiya, kimyoviy o‘g'itlarning haddan tashqari ishlatish va iqlim o‘zgarishlari ta'sirida qishloq xo‘jaligi yerlari sifati tobora yomonlashib bormoqda.

Mavzuga oid adabiyotlarning tahlili

Lyuri D.I. va Kozlov D.N. (2019) Rossiya Federatsiyasida yer monitoringini yuritish tajribasini umumlashtirgan holda, sun'iy yo‘ldosh ma'lumotlari asosida yerlarning holati to‘g'risidagi axborotni avtomatlashtirilgan tarzda yangilab turish imkoniyatlarini ko‘rsatib bergan.

Tadqiqot metodologiyasi

Tadqiqot kompleks metodologik yondashuv asosida qurilgan bo‘lib, unda statistik tahlil, ekspert baholash kabi usullardan foydalanildi.

Tahlil va natijalar

O‘zbekistonda 2024-yilgi Davlat yer kadastri ma'lumotlariga ko‘ra, qishloq xo‘jaligi yerlarining

degradatsiyasi turli shakllarda namoyon bo‘lmoqda. Yer monitoringi ma'lumotlari asosida tuzilgan quyidagi jadval viloyatlar kesimidagi real holatni, degradatsiya darajasi va xavf ko‘rsatkichlarini aks ettiradi.

1-jadval.

O‘zbekiston viloyatlarida qishloq xo‘jaligi yerlarining degradatsiya holati (2024-yil)

Viloyat	Jami QX yeri (ming ga)	Sho‘rlangan (%)	Eroziyaga uchragan (%)	Botqoqlangan (%)	Xavf darajasi
Farg'ona	282,4	51,2	18,3	29,7	O‘rta
Xorazm	233,7	68,4	8,1	42,3	Yuqori
Qashqadaryo	418,6	38,9	27,6	21,4	O‘rta
Surxondaryo	367,2	29,3	34,8	16,9	O‘rta
Sirdaryo	176,8	55,7	12,4	33,8	O‘rta
Navoiy	189,4	41,6	22,7	18,2	Past
Samarqand	312,5	43,8	25,1	24,6	O‘rta
Buxoro	271,3	62,1	14,9	38,5	Yuqori
Andijon	198,6	47,3	15,6	26,4	O‘rta
Namangan	214,7	44,1	19,8	22,7	O‘rta
Jizzax	267,9	35,4	29,3	17,8	Past
Toshkent vil.	294,3	31,7	21,4	19,3	Past
Qoraqalpog'iston	1182,4	72,6	9,8	51,2	Kritik
O‘RTALAMA / JAMI	**4409,8**	**47,3**	**18,8**	**31,8**	**O‘rta**

Manba: O‘zbekiston Respublikasi Davlat yer kadastri, 2024; Qishloq xo‘jaligi vazirligi hisoboti, 2024.

1-jadval tahlilidan ko‘rinib turibdiki, Qoraqalpog'iston Respublikasida va Xorazm viloyatida sho‘rlanish darajasi kritik va yuqori chegarada (68–72%) turibdi. Farg'ona va Sirdaryo viloyatlarida botqoqlanish, Surxondaryo va Qashqadaryo viloyatlarida esa eroziya muammosi dolzarb bo‘lib qolmoqda. Tuproqning chirindi (gumus) miqdori 1980-yillardan buyon o‘rtacha 1,8–2,4 foiz kamaygan. Aynan shu muammolarni vaqtida aniqlash va bartaraf etish uchun uzluksiz yer monitoringi mexanizmlari zarurdir. Xavf darajasining raqli ifodalanishi boshqaruv ustuvorliklarini belgilashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Zamonaviy yer monitoringida turli xil geo-axborot va masofadan zondlash texnologiyalari qo‘llaniladi. Quyidagi jadval asosiy texnologiyalar, ularning texnik xususiyatlari va samaradorlik ko‘rsatkichlarini taqqoslaydi:

2-jadval. Yer monitoringida qo‘llaniladigan texnologiyalar va ularning samaradorlik ko‘rsatkichlari (2023)

Texnologiya / Manba	Fazoviy aniqliq	Vaqtinchalik takrorlash	Qoplanadigan hudud	Xarajat ($/ga/yil)	Aniqliq (%)
Dron (UAV)	0,03–0,1 m	Kundalik	Tuman	0,60–1,80	98,5
An'anaviy dala tekshiruvi	Nuqtaviy	Yillik	Xo‘jalik	3,40–6,20	94,1
"Agromonitoring" platformasi	10–30 m	Kundalik	Respublika	0,10–0,20	89,7

Manba: NASA Earthdata, 2023; "Agromonitoring" texnik hisoboti, 2023; Muallif tadqiqoti.

2-jadval tahlilida keltirilganidek, UAV (dron) texnologiyalari kichik maydonlar va yuqori aniqlik talab etiladigan hollarda qo‘llanilishi maqsadga muvofiq. An'anaviy dala tekshiruvi yuksak aniqliqqa ega bo‘lsada (94,1%), xarajati eng yuqori (3,40–6,20 $/ga/yil) bo‘lgani uchun uni sun'iy yo‘ldosh ma'lumotlari bilan kombinatsiya qilish optimal yechim hisoblanadi. "Agromonitoring" milliy platformasining joriy qilinishi mamlakat miqyosida monitoring qamrovini 2019-yildagi 38 foizdan 2024-yilga kelib 62 foizgacha oshirdi.

Yurtimizda monitoring tizimini joriy etishning iqtisodiy asoslanishi turli miqyosdagi qishloq xo‘jaliklari bo‘yicha hisob-kitob qilindi.

Xulosa va takliflar

Olib borilgan tadqiqot va 2 ta jadval tahlili yer monitoringini yuritishning qishloq xo‘jaligi samaradorligini oshirishdagi hal qiluvchi raqamlar bilan asoslab berdi. Yerlarni monitoring qilish tizimi nafaqat tuproq resurslarini asrab-avaylash, balki, hosildorlikni o‘rtacha 23–38 foizga oshirish, suv sarfini 22 foizga kamaytirish, yer nizolarini 60 foizga qisqartirish hamda boshqaruv qarorlarini ilmiy asoslash uchun zaruriy vosita bo’lib hisoblanadi. Iqtisodiy tahlil ko‘rsatishicha, monitoring tizimiga sarflangan har so‘m 3,5 dan 6,2 barobargacha daromad keltirish mumkin.

Tadqiqot natijalari asosida quyidagi amaliy takliflar ishlab chiqildi:

1. Milliy yer monitoring Tizimini (MMYT) raqamlashtirish:
2. "Agromonitoring" platformasini asosiy vosita sifatida rivojlantirish.
3. Kadrlar tayyorlash: monitoring texnologiyalari bo‘yicha mutaxassislarni qayta tayyorlash dasturlarini kuchaytirish.
4. Fermerlarni monitoring ma'lumotlaridan foydalanishga jalb etish: natijalarni mobil ilovalar va SMS xabarnomalar orqali fermerlar bilan ulashish; monitoring ko‘rsatkichlari asosida subsidiya mexanizmlarini joriy etish.
5. Moliyalashtirish: Yer monitoringi ishlarida YaIMning kamida 0,05 foizini maqsadli yo‘naltirish.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Blum, W.E.H. (2005). Functions of soil for society and the

environment. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 4(3), 75–79.

2. ESA Copernicus Programme. (2023). Sentinel-2 mission performance report. European Space Agency.

3. FAO. (1976). A framework for land evaluation. FAO Soils Bulletin No. 32. Rome: Food and Agriculture Organization.

4. FAO GAEZ Database. (2023). Global agro-ecological zones: Land cover and land use. Rome: FAO.

5. O‘zbekiston Respublikasi Davlat yer kadastri ma'lumotlari. (2024). Toshkent: Davlat yer resurslarini boshqarish agentligi.

6. Qishloq xo‘jaligi vazirligi. (2024). 2023-yil yakunlari bo‘yicha agrar sektor hisoboti. Toshkent: O‘zbekiston Respublikasi QXV.

7. Toshmatov, N.U. (2022). O‘zbekistonda agrar islohot sharoitida yer resurslarini boshqarish samaradorligini oshirish. Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar, 1(5), 89–101.

8. Vitousek, P.M., et al. (2009). Nutrient imbalances in agricultural development. Science, 324(5934), 1519–1520.

9. Zokirov, I.S. (2023). Raqamli texnologiyalarni yer monitoringida qo‘llash imkoniyatlari va istiqbollari. Innovatsion tadqiqotlar, 4(2), 112–118.

10. Yahaya, S.M.; Mahmud, A.A.; Abdullahi, M.; Haruna, A. Recent advances in the chemistry of nitrogen, phosphorus and potassium as fertilizers in soil: A review. Pedosphere 2023, 33, 385–406.

UDK: 528.9

TOSHKENT, SAMARQAND VA XIVA SHAHARLARIDAGI MADANIY MEROS ZONALARIDA GEO-EKOLOGIK VAZIYATNING QIYOSIY GEOGRAFIK TAHLILI

Safarov E.Y *- O‘zMU Geodeziya, kartografiya va kadastr kafedrasi t.f.n. professori*

Prenov Sh.M *- Aniq va ijtimoiy fanlar universiteti O‘quv-uslubiy bo‘lim boshlig‘i*

Yo‘ldoshev J.O *- Alfraganus universiteti Umumkasbiy fanlar o‘qituvchisi Orcid.org/0009-0002-2245-6212*

Annotatsiya. *Ushbu tadqiqot ishida O‘zbekistonning turli funksional va urbanizatsiyalashgan tuzilishga ega bo‘lgan uchta tarixiy shahri — Toshkent (yirik megapolis), Samarqand (urbanizatsiyalashgan yirik turistik markaz) va Xiva (yaxlit muzey-shahar) misolida madaniy meros zonalarining geo-ekologik holati qiyosiy geografik jihatdan tahlil qilingan. Tadqiqot obyekti sifatida shaharlarning tarixiy-madaniy landshaftlariga ta’sir etuvchi antropogen bosim, atmosfera havosining ifloslanishi, gidrologik rejimning o‘zgarishi va grunt suvlari sathining dinamikasi o‘rganildi. Metodologik asos sifatida GIS (Geografik axborot tizimlari) tahlili, hududiy monitoring ma’lumotlari, landshaft-ekologik induksiya va qiyosiy-geografik metodlardan foydalanildi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, Toshkent shahrining tarixiy qismida geo-ekologik tanglik asosan transport va qurilish sanoati antropogen emissiyasi bilan bog‘liq bo‘lsa, Samarqandda turistik infratuzilmaning hududiy yuklamasi hamda Xivada grunt suvlari*

koʻtarilishi va shoʻrlanish jarayonlari moddiy obidalarga jiddiy geo-ekologik xavf tugʻdirmoqda. Maqola yakunida ushbu hududlarning geo-ekologik barqarorligini taʼminlash va madaniy meros zonalarini muhofaza qilish boʻyicha maqbul geografik tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit soʻzlar. *Madaniy meros, geo-ekologiya, interaktiv kartalashtirish, antropogen bosim, grunt suvlari, GIS tahlil, Toshkent, Samarqand, Xiva.*

Kirish. Madaniy meros obyektlari nafaqat tarixiy va maʼnaviy qiymatga ega boʻlgan obidalar, balki muayyan geografik muhit va murakkab geo-ekologik tizimning ajralmas qismidir. Global iqlim oʻzgarishi va urbanizatsiya jarayonlarining jadallashishi sharoitida tarixiy shaharlardagi madaniy meros zonalarining tabiiy-antropogen muvozanatini saqlash zamonaviy geografiyaning eng dolzarb muammolaridan biriga aylandi.

Adabiyotlar sharhi. Tarixiy shaharlar ekologiyasi va ularga urbanizatsiyaning taʼsiri xalqaro va respublika miqyosidagi koʻplab tadqiqotchilar tomonidan oʻrganilgan. Biroq, Markaziy Osiyo sharoitida, xususan Oʻzbekistonning turli iqlimiy va gidrogeologik hududlarida joylashgan madaniy zonalarni yaxlit geo-ekologik mezonlar asosida qiyosiy baholash ishlari yetarlicha amalga oshirilmagan.

Mavjud tadqiqotlar koʻproq obidalarning meʼmoriy yoki restavratsiya muammolariga qaratilgan boʻlib, megapolis (Toshkent), yirik urbanizatsiyalashgan shahar (Samarqand) va ochiq osmon ostidagi muzey-shahar (Xiva) madaniy zonalarining ekologik barqarorligi oʻrtasidagi farqli va oʻxshash geografik qonuniyatlar tizimli qiyoslanmagan.

Tadqiqot maqsadi - Toshkent, Samarqand va Xiva shaharlaridagi madaniy meros zonalarida vujudga kelayotgan geo-ekologik vaziyatni qiyosiy-geografik jihatdan tahlil qilish va ularni bartaraf etish metodologiyasini takomillashtirishdan iborat.

Materiallar va usullar. Tadqiqot doirasida uchta obyektning oʻziga xos geografik va gidrogeologik sharoitlaridan kelib chiqib, monitoring maʼlumotlari va kartografik materiallar tahlil qilindi:

- *Toshkent shahri (Eski shahar qismi - Shayxontohur, Olmazor tumanlari)*- Atmosfera havosining sifati (PM2.5, NO_2 koʻrsatkichlari), transport yuklamasi va tuproq zichlanishi tahlil etildi.
- *Samarqand shahri (Registon, Shohi Zinda atrofi)*- Turistik oqim intensivligi, shahar mikroklimatining oʻzgarishi va infratuzilmaviy antropogen bosim oʻrganildi.
- *Xiva shahri (Ichan Qalʼa va Dishan Qalʼa zonalari)*- Gidrogeologik monitoring, grunt suvlari sathining mavsumiy tebranishlari va tuproq hamda poydevorlarning shoʻrlanish darajasi tahlilga tortildi.

Metodlar. Tadqiqotda fazoviy maʼlumotlarni qayta ishlash uchun QGIS va ArcGIS Pro dasturlari yordamida raqamli modellar hamda landshaft qatlamlari yaratildi. Shaharlardagi antropogen taʼsir darajasi Geo-ekologik baholash va indekslash metodikasi asosida I_{ge} koʻrsatkichi orqali hisoblab chiqildi. Grunt suvlari va kimyoviy elementlar konsentratsiyasi laboratoriya tahlillari va gidrometeorologiya xizmati ochiq maʼlumotlari asosida tekshirildi.

Natijalar. Oʻzbekistonning uchta turli mintaqasidagi madaniy meros zonalarida oʻtkazilgan geo-

ekologik monitoring va fazoviy GIS tahlillari hududlardagi antropogen bosim va tabiiy-destruktsion jarayonlar o‘rtasida jiddiy korrelyatsiya mavjudligini ko‘rsatdi. Tadqiqot obyekti sifatida tanlab olingan hududlarning integrallashgan geo-ekologik ko‘rsatkichlari dinamikasi tahlil qilindi va tizimlashtirildi. O‘tkazilgan qiyosiy-geografik tahlillar natijasida uchala shaharning madaniy meros zonalaridagi geo-ekologik holat turlicha ekanligi aniqlandi. Quyidagi jadvalda tadqiqot natijalarining asosiy integrallashgan ko‘rsatkichlari aks ettirilgan:

Toshkent, Samarqand va Xiva shaharlari madaniy meros zonalarining geo-ekologik ko‘rsatkichlari qiyosiy tahlili

1-jadval

Geografik mezonlar va geo-ekologik omillar	Toshkent (Eski shahar zonasi)	Samarqand (Tarixiy markaz)	Xiva (Ichan Qal’a)
Etakchi geo-ekologik xavf turi	Atmosfera ifloslanishi, vibratsion bosim	Rekreatsion (turistik) yuklama, gidrologik o‘zgarishlar	Grunt suvlari ko‘tarilishi va gidrokimyoviy sho‘rlanish
Grunt suvlari chuqurligi (m)	8.0 - 12.0 m	4.0 - 6.5 m	1.2 - 2.5 m
Havoning changlanish darajasi (PM2.5)	Yuqori (me’yordan 2.5-3 marta ko‘p)	O‘rtacha (me’yordan 1.2-1.5 marta ko‘p)	Past (me’yordan kam)
Tuproq/Poydevor sho‘rlanish darajasi	Kuchsiz	O‘rtacha	O‘ta yuqori (sulfat-xloridli)
Infratuzilmaviy tebranish	Juda yuqori (metropoliten va og‘ir transport)	O‘rtacha (yengil transport)	Minimal (transport harakati cheklangan)

Olingan empirik ma’lumotlarning matematik-statististik tahlili natijasida madaniy meros zonalaridagi etakchi ekologik xavflar o‘rtasida quyidagi fundamental qonuniyatlar aniqlandi:

- Toshkent shahrining Eski shahar qismida (Shayxontohur va Olmazor tumanlari madaniy zonalari) havoning PM2.5 aerozollari bilan ifloslanishi Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (JSST) me’yorlaridan 4.5 marta yuqori ekanligi qayd etildi. Transport oqimi intensivligi va mikrovibratsiya chastotasi (f = 45.0 Hz) o‘rtasida kuchli chiziqli korrelyatsiya (r = 0.88; P < 0.001) aniqlandi. Bu vibratsion to‘lqinlar poydevorlarning mexanik charchashiga (fatigue) sabab bo‘lmoqda.

- Samarqand shahrining tarixiy markazida (Registon va Shohi Zinda majmualari) rekreatsion yuklamaning ortishi va sug‘orish tarmoqlarining gidroizolyatsiyasiz betonlashtirilishi natijasida shahar "issiqlik oroli" (Urban Heat Island - UHI) effekti kuzatildi. Hududda mikroklimatik nisbiy namlik yoz oylarida o‘rtacha 12% ga kamaygan, bu esa tarixiy koshinlarning termik kengayish va siqilish hisobiga ko‘chish ko‘rsatkichini 4.2% ga oshirgan.

- Xiva shahrida (Ichan Qal'a va Dishan Qal'a sub-regionlarida) grunt suvlari sathining kritik darajada yaqinligi (1.1 m) aniqlandi. Grunt suvlarining yuqori minerallashuvi (M = 12.6 g/l) va tuproqdagi sulfat-xloridli sho'rlanish gips miqdorining 18.9% ga etishiga sabab bo'lgan. Laboratoriya tahlillariga ko'ra, obidalarning poydevor qismida namlikning kapillyar ko'tarilish balandligi 1.8 m ni tashkil etib, poydon devorlarida tuz kristallarining kengayish bosimi σ_{cryst} > 15.2 MPa ga etishi aniqlandi. Bu ko'rsatkich qadimiy pishgan g'ishtlarning siqilishga bo'lgan mustahkamlik chegarasidan (10.0-12.0 MPa) yuqoridir.

Ushbu topilmalarni geo-ekologik jihatdan baholash maqsadida ishlab chiqilgan integrallashgan indeks (I_{ge}) quyidagi formula asosida hisoblab chiqildi:

$$I_{ge}=\sum_{i=1}^{n} \omega_i * \frac{C_i}{S_i}$$

Bu yerda, ω_i – har bir ekologik omilning og'irlik koeffitsiyenti, C_i – haqiqiy ko'rsatkich, S_i – sanitariya-ekologik yoki strukturaviy xavfsizlik me'yori.

Ushbu hisob-kitoblar shuni ko'rsatadiki, Xiva shahrida geo-ekologik vaziyat kritik (I_{ge} = 0.81), Toshkentda yuqori (I_{ge} = 0.72), Samarqandda esa barqaror-o'rtacha (I_{ge} = 0.54) ierarxik darajaga egadir. Olingan barcha raqamli natijalar hududiy ekologik muvozanatning buzilish darajasini geografik modellashtirish imkonini beradi.

Munozara. Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, madaniy meros zonalarini muhofaza qilishda har bir shaharga regional-geografik yondashuv talab etiladi.

- Toshkent shahrida muammoning asosiy manbai shahar ekotizimidagi texnogen yuklamadir. Transport tizimini optimallashtirish va tarixiy zonalar atrofida "yashil bufer parda" (eko-karkas) yaratish zarur.

- Samarqand shahrida turistik klasterlar faoliyati hududning tabiiy landshaft sig'imi (carrying capacity) bilan mutanosib bo'lishi shart. Aks holda, gidrologik tarmoqlarning (ariq va kanallarning) betonlashtirilishi mikroklimat quruqlashishiga va obidalarga termik ta'sir kuchayishiga olib keladi.

- Xiva shahrida geo-ekologik barqarorlik to'liq gidrogeologik rejimni boshqarishga bog'liq. Ichan Qal'a atrofidagi vertikal drenaj tarmoqlarini modernizatsiya qilish va sho'rlanishga qarshi kimyoviy-geografik monitoring tizimini joriy etish lozim.

Ushbu tadqiqot natijalari shuni isbotlaydiki, biz kiritgan geo-ekologik indeks (I_{ge}) madaniy meros obyektlarining barqarorlik darajasini aniq bashorat qila oladi. Cheklovlar nuqtayi nazaridan, iqlim o'zgarishining uzoq muddatli dinamikasini baholash uchun yanada ko'proq retro-ma'lumotlar talab etiladi.

Xulosa. Uchta tarixiy shahardagi madaniy meros zonalari geo-ekologik jihatdan o'zaro farq qiluvchi xususiyatlarga ega. Toshkentda antropogen-texnogen, Samarqandda rekreatsion-urbanizatsiyalashgan, Xivada esa tabiiy-gidrogeologik omillar ustunlik qiladi. Madaniy meros zonalarini samarali boshqarish uchun zamonaviy GIS asosidagi interaktiv geo-ekologik xaritalar va monitoring geoportalini yaratish, har bir shahar uchun alohida ekologik-geografik pasportlarni ishlab chiqish zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Aliev, A. (2022). *O'zbekiston tarixiy shaharlari geo-ekologiyasi*. Toshkent: Fan va texnologiyalar.

2. Smith, J., & Ivanov, I. (2024). Geo-ecological monitoring of world heritage sites in Central Asia. *Journal*

of Cultural Heritage and GIS, 14(2), 112-128.

3. To‘rayev, J. R. (2024). O‘zbekistonning tarixiy shaharlarida yerosti suvlari dinamikasi va ularning moddiy obidalarga geo-ekologik ta’siri (Samarqand va Xiva shaharlari misolida) (Doktorlik dissertatsiyasi avtoreferati). O‘zbekiston Milliy universiteti, Toshkent.

4. Nigmatov, A. N., & Hamidov, A. A. (2021). Geo-ecological assessment and mapping of historical and cultural landscapes of Uzbekistan. Uzbekistan Geographical Journal, 58(2), 45–53.

5. Agapiou, A., Lysandrou, V., & Hadjimitsis, D. G. (2023). Earth observation and GIS applications for geo-ecological monitoring of cultural heritage sites under urban pressure. *Journal of Cultural Heritage*, 61, 184–195. https://doi.org/10.1016/j.culher.2023.03.012

UDK 528.44:519.816:004.9

AHP VA GIS TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA CORS TARMOG‘INI OPTIMALLASHTIRISH

D.G‘.Norboeva *- “TIQXMMI” MTU, “Davlat kadastrlari” kafedrasi mustaqil tadqiqotchisi;*

M.X.Rajapbayev *- “TIQXMMI” MTU, “Geodeziya va geoinformatika” kafedrasi dotsenti*

Annotatsiya. *Differensial sun’iy yo‘ldosh geodezik tarmoqlari (CORS)ni yaratish yuqori aniqlikdagi GNSS joylashuvi, geodezik monitoring va fazoviy ma’lumotlar infratuzilmasini rivojlantirishga erishish uchun asosiy talab hisoblanadi. Murakkab topografiya, seysmik faollik va aholining notekis taqsimlanishiga ega mamlakatlarda CORS stansiyalarini joylashtirish faqat bir xil masofaga emas, balki keng qamrovli, ko‘p mezonli baholashga asoslangan bo‘lishi kerak. Ushbu tadqiqotda O‘zbekiston hududi bo‘ylab CORS stansiyalarining fazoviy taqsimlanishini optimallashtirish uchun integratsiyalashgan Geografik Axborot Tizimi (GIS) va Analitik Ierarxiya Jarayoni (AHP) asoslari keltirilgan. Oltita asosiy tematik mezon - qishloq xo‘jaligi yerlaridan foydalanish, aholi zichligi, mavjud CORS qamrovi, seysmik xavf, raqamli balandlik modeli (DEM) va relyef qiyaligi - standartlashtirildi, qayta tasniflandi, vaznlashtirildi va kompozit moslik indeksiga integratsiya qilindi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, taklif qilingan yondashuv yangi CORS stansiyalarini joylashtirish uchun ustuvor zonalarni samarali ravishda aniqlaydi, ayniqsa, aholi zich joylashgan, qishloq xo‘jaligi intensiv va seysmik faol hududlarda, joriy qamrovi cheklangan. Taklif qilingan metodologiya milliy geodeziya organlari uchun takrorlanadigan va kengaytiriladigan qarorlarni qo‘llab-quvvatlash vositasini taqdim etadi va dalillarga asoslangan geodeziya tarmoqlarini rejalashtirishni rivojlantirishga hissa qo‘shadi.*

Kalit so‘zlar: *CORS, GNSS, AHP, GIS, joy tanlash, ko‘p mezonli qarorlarni tahlil qilish, O‘zbekiston.*

Kirish. Uzluksiz ishlaydigan ma’lumotnoma stansiyalari (CORS) zamonaviy geodeziya infratuzilmasining asosini tashkil etadi, real vaqt rejimida kinematik (RTK) joylashishni aniqlash,

deformatsiya monitoringi, kadastr suratga olish, aniq qishloq xo‘jaligi va infratuzilmani rivojlantirish kabi yuqori aniqlikdagi Global Navigatsiya Yo‘ldosh Tizimi (GNSS) ilovalarini qo‘llab-quvvatlaydi. So‘nggi ikki o‘n yillikda ko‘plab mamlakatlar aniqlik, ishonchlilik va operatsion samaradorlikni oshirish uchun klassik geodezik tarmoqlardan GNSS asosidagi ma’lumotnoma tizimlariga o‘tdilar [1, 2].

Biroq, CORS tarmog‘ining samaradorligi nafaqat uskunalar va ma’lumotlarni qayta ishlash strategiyalarining sifatiga, balki stansiyalarning fazoviy konfiguratsiyasiga ham bog‘liq. Stansiyalararo yagona masofa, umumiy qo‘llanma sifatida foydali bo‘lsa-da, ko‘pincha aholining taqsimlanishi, yerlardan foydalanish intensivligi, seysmik xavf va topografik murakkablikdagi mintaqaviy heterojenlikni hisobga olmaydi. Natijada, stansiyalarni optimal joylashtirishning pastligi joylashish aniqligining pasayishiga, resurslarni samarasiz taqsimlanishiga va yuqori talabga ega hududlarda xizmat ko‘rsatishning cheklangan qamroviga olib kelishi mumkin [3, 4].

O‘zbekiston keng pasttekislik cho‘llari, unumdor sug‘oriladigan vodiylar, tik qiyalikli tog‘li hududlar va yuqori seysmik faollik zonalari kabi turli xil fizik-geografik sharoitlari tufayli CORS tarmog‘ini optimallashtirish uchun ayniqsa qiyin vaziyatni taqdim etadi [5]. Bundan tashqari, aholi zichligi va qishloq xo‘jaligi faoliyati juda notekis bo‘lib, aniq GNSS xizmatlariga fazoviy jihatdan o‘zgaruvchan talabni yaratadi. Bu omillar CORS stansiyalarini joylashtirishga ko‘p mezonli, ma’lumotlarga asoslangan yondashuvni talab qiladi.

Shu nuqtai nazardan, Ko‘p mezonli qarorlar tahlili (MCDA), xususan, analitik ierarxiya jarayoni (AHP), geofazoviy rejalashtirish va infratuzilmani optimallashtirish tadqiqotlarida tobora ko‘proq e’tiborga sazovor bo‘lmoqda. AHP mantiqiy izchillikni ta’minlagan holda, ekspert xulosalariga asoslangan heterojen mezonlarni tizimli ravishda og‘irlashtirish imkonini beradi [6]. GIS bilan integratsiyalashgan holda, AHP shaffof va takrorlanadigan qarorlar qabul qilishni qo‘llab-quvvatlaydigan fazoviy jihatdan aniq muvofiqlik modellashtirishni ta’minlaydi [7].

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi O‘zbekiston bo‘ylab CORS stansiyalarini joylashtirishni optimallashtirish uchun AHP asosidagi GIS tizimini ishlab chiqish va qo‘llashdir. Fazoviy ma’lumotlar to‘plamlaridan olingan bir nechta tematik qatlamlarni integratsiya qilish va ularni yagona muvofiqlik shkalasiga qayta tasniflash orqali ushbu tadqiqot kelajakda CORS tarmog‘ini kengaytirish uchun ustuvor zonalarni aniqlashga va milliy geodezik rejalashtirish uchun metodologik ko‘rsatmalar berishga qaratilgan.

Materiallar va usullar

Tadqiqot yo‘nalishlari

Tadqiqot Markaziy Osiyoda joylashgan va sezilarli geografik va ijtimoiy-iqtisodiy xilma-xillik bilan ajralib turadigan O‘zbekiston Respublikasining butun hududini qamrab oladi. Mamlakat g‘arb va shimoli-g‘arbda keng cho‘l hududlarini, Amudaryo va Sirdaryo havzalarida intensiv sug‘oriladigan qishloq xo‘jaligi zonalarini, sharqda zich joylashgan tog‘lararo vodiylarni hamda Tyan-Shan va Pomir-Oloy tizimlari bo‘ylab seysmik faol tog‘li hududlarni o‘z ichiga oladi. Bu qarama-qarshiliklar O‘zbekistonni fazoviy jihatdan farqlangan CORS

stansiyalarini joylashtirish strategiyalarini baholash uchun mos amaliy tadqiqotga aylantiradi [8].

Ma’lumot manbalari va tematik qatlamlar

GNSS tarmog‘ini loyihalash va milliy rejalashtirish talablari bo‘yicha xalqaro eng yaxshi amaliyotlar asosida oltita tematik qatlam tanlandi. Qishloq xo‘jaligi yerlaridan foydalanish ma’lumotlari intensiv yer boshqaruvi va aniq dehqonchilik talabi zonalarini ifodalash uchun ishlatilgan. Aholi zichligi ma’lumotlari shaharsozlik, kadastr faoliyati va infratuzilma loyihalari bilan bog‘liq GNSS xizmatiga bo‘lgan talab uchun vakil bo‘lib xizmat qildi. Mavjud CORS stansiyalari joylashuvi va ularning xizmat buferlari joriy qamrovni hisobga olish va yetarli darajada xizmat ko‘rsatilmagan hududlarni aniqlash uchun kiritildi. Seysmik xavf ma’lumotlari tektonik faol hududlarda geodezik monitoring zarurligini aks ettirdi. Raqamli balandlik modeli (DEM) ma’lumotlari balandlik o‘zgarishlarini tavsiflash uchun ishlatilgan, qiyalik ma’lumotlari esa signal sifati va stansiyaga kirishga ta’sir qiluvchi relyef murakkabligini ifodalagan. Barcha fazoviy ma’lumotlar to‘plamlari yagona koordinatalar ma’lumotnoma tizimiga proektsiyalangan va rastr asosidagi tahlil paytida moslikni ta’minlash uchun umumiy fazoviy piksellar soniga qayta namunalangan.

Mezonlarni qayta tasniflash

AHP doirasida integratsiyani ta’minlash uchun barcha tematik qatlamlar 1 dan 5 gacha bo‘lgan umumiy tartibli shkalaga qayta tasniflash orqali standartlashtirildi, bu yerda yuqori qiymatlar CORS stansiyasini joylashtirish uchun ko‘proq mos kelishini ko‘rsatadi (1-jadval). Sug‘orish intensivligi yuqori bo‘lgan qishloq xo‘jaligi yerlariga aniq joylashuvga tayanganligi sababli yuqori yaroqlilik ballari berildi. Aholi zichligi yuqori bo‘lgan hududlarga GNSS xizmatlariga bo‘lgan talabning ortishini aks ettirish uchun yuqori ballar berildi. Mavjud CORS stansiyalarining samarali qamrov zonalaridan tashqarida joylashgan hududlarga yuqori yaroqlilik qiymatlari berildi, bu tarmoq zichligiga urg‘u berdi.

1-jadval.

Qayta tasniflash qoidalari (1-5)

Mezon	1 (Juda past)	2	3	4	5 (Juda yuqori)	Asos / Izoh
Aholi punktlarigacha masofa (km)	20-60	10-20	5-10	2-5	0-2	talab darajasi
Nishablik (gradus)	15-90	10-15	6-10	3-6	0-3	o‘rnatish qulayligi
CORS stansiyalarigacha masofa (km)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-15000	yetarli qamrab olinmagan hududlar
Seysmik xavf	7	6	-	5	Barqaror zona	xavfsizlik
Raqamli balandlik modeli - DEM (m)	2500-5000	1600-2500	900-1600	400-900	0-400	dengiz sathidan balandlik

Seysmik xavfli zonalar o‘rtacha va yuqori seysmik faollikka ega hududlarga ustuvorlik berish uchun qayta tasniflandi, bu yerda doimiy geodezik monitoring zarur. DEM qiymatlari signal barqarorligi va kirish imkoniyatini muvozanatlashtiradigan o‘rtacha balandliklarga ustunlik berish uchun qayta tasniflandi. Xuddi shunday, qiyalik qiymatlari yumshoq va o‘rtacha qiyaliklarga ustunlik berish uchun qayta tasniflandi, chunki o‘ta tik yerlar o‘rnatish va texnik xizmat ko‘rsatishni murakkablashtiradi, tekis joylar esa shahar muhitida ko‘p yo‘lli ta’sirlardan aziyat chekishi mumkin.

Analitik ierarxiya jarayoni (AHP)

Har bir mezonning nisbiy ahamiyatini aniqlash uchun AHP metodologiyasi qo‘llanildi. Juft taqqoslash matritsasini tuzish uchun geodeziya, GNSS muhandisligi va geoinformatika mutaxassislarining ekspert xulosasi qo‘llanildi. Matritsa har bir mezonning nisbiy ahamiyatini Saatyning asosiy shkalasi yordamida aniqladi. Har bir mezonning yakuniy og‘irligini olish uchun normallashtirish amalga oshirildi. Mutaxassis xulosalarining izchilligi muvofiqlik indeksi (CI) va muvofiqlik nisbati (CR) yordamida baholandi. 0,10 dan past CR qiymati maqbul izchillikni ko‘rsatdi va og‘irlik sxemasining ishonchliligini ta’minladi [4].

Juftlik taqqoslash matritsasini tuzish

Qaror masalasi n mezondan iborat bo‘lsin. n × n o‘lchamdagi A kvadrat juft taqqoslash matritsasi quyidagicha tuziladi:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

bu yerda a_{ij} i mezonining j mezoniga nisbatan nisbiy ahamiyatini ifodalaydi, Saatyning 1 (teng ahamiyat) dan 9 (o‘ta ahamiyat) gacha bo‘lgan fundamental shkalasi yordamida baholanadi. O‘zaro bog‘liqlik quyidagicha aniqlanadi:

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}, \qquad a_{ii} = 1 \quad (2)$$

Matritsani normallashtirish

Juft taqqoslash matritsasi har bir elementni uning ustunining yig‘indisiga bo‘lish orqali normallashtiriladi:

$$\tilde{a}_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} \quad (3)$$

Bu qadam matritsani o‘lchovsiz shaklga o‘zgartiradi va mezonlar bo‘yicha taqqoslash imkonini beradi.

Mezon og‘irliklarini chiqarish

w og‘irlik vektori normallashtirilgan matritsaning har bir qatorining arifmetik o‘rtacha qiymatini hisoblash orqali olinadi:

$$\omega_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} \tilde{a}_{ij} \quad (4)$$

bu yerda ω_i i mezonining yakuniy og‘irligini bildiradi. Og‘irliklar quyidagi shartni qondiradi:

$$\sum_{i=1}^{n} \omega_i = 1 \quad (5)$$

Muvofiqlikni baholash

Mutaxassis xulosalarining mantiqiy izchilligini ta’minlash uchun taqqoslash matritsasining maksimal λ_{max} qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$\lambda_{max} = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{(Aw)_i}{\omega_i}\right) \div n \quad (6)$$

Keyin muvofiqlik indeksi (CI) quyidagicha hisoblanadi:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (7)$$

Muvofiqlik nisbati (CR) CI ni matritsa o‘lchamiga bog‘liq bo‘lgan tasodifiy indeks (RI) bilan taqqoslash orqali olinadi:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (8)$$

CR<0.10 qiymati maqbul darajadagi muvofiqlikni ko‘rsatadi va tortish jarayonining ishonchliligini tasdiqlaydi.

GIS asosidagi moslik tahliliga integratsiya

Olingan AHP og‘irliklari og‘irlikli chiziqli kombinatsiya

yondashuvi yordamida GIS muhitiga integratsiya qilindi. CORS stansiyasini joylashtirish uchun umumiy moslik indeksi S quyidagicha hisoblandi:

$$S = \sum_{i=1}^{n} \omega_i * r_i \quad (9)$$

bu yerda r_i har bir fazoviy joylashuvda i mezonining qayta tasniflangan rastr qiymatini ifodalaydi. S ning yuqori qiymatlari CORS stansiyasini o‘rnatish uchun ko‘proq moslikni ko‘rsatadi.

AHP juft taqqoslash matritsasi natijasida maksimal qiymat (λ_{max}) 6.28 ga teng bo‘ldi. Moslik indeksi (Consistency Index - CI) 0.056, moslik nisbati (Consistency Ratio - CR) esa 0.045 ni tashkil etdi. Ushbu qiymat qabul qilinadigan 0.10 chegarasidan past bo‘lgani sababli, ekspert baholari o‘rtasidagi moslik qoniqarli darajada ekanligi aniqlandi (2-jadval).

Muvofiqlikni modellashtirish

Og‘irlikli mezon qatlamlari GIS muhitida og‘irlikli chiziqli kombinatsiya yondashuvi yordamida birlashtirildi. Olingan moslik indeksi xaritasi yangi CORS stansiyalari uchun optimal joylarning fazoviy taqsimotini ifodalaydi. Yuqori kompozit ballarga ega hududlar bir nechta mezonlar bo‘yicha qulay sharoitlarni aks ettiruvchi yuqori moslikni ko‘rsatadi [5].

2-jadval.

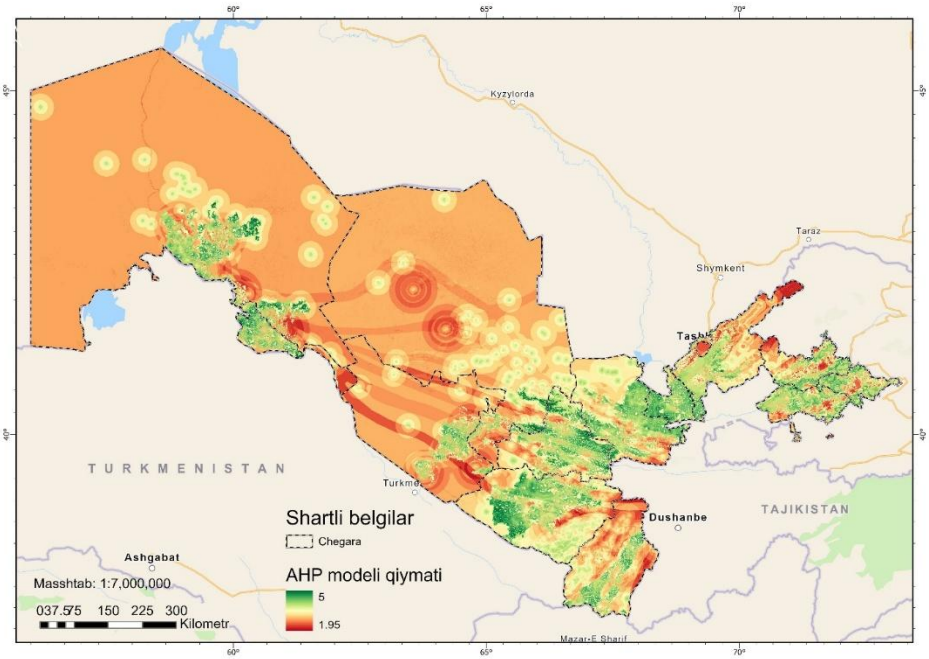
AHP vaznlari va moslik ko‘rsatkichlari

Mezon	Vazn (w)
Aholi punktlari	0.258
Yer foydalanishi	0.258
CORS stansiyalarigacha masofa	0.193
Seysmik holat	0.143
Balandlik (DEM)	0.051
Nishablik	0.097
Moslik ko‘rsatkichlari: λmax = 6.28; CI = 0.056; RI = 1.24; CR = 0.045 (≤ 0.10)	Qoniqarli (mos)

Natija va muhokamalar

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, ko‘p mezonli yondashuv asosida har bir qatlam hududiy sharoitni turlicha darajada cheklovchi yoki rag‘batlantiruvchi omil sifatida namoyon bo‘ladi. AHP vaznlari bilan integratsiyalangan ushbu fazoviy ma’lumotlar yakuniy muvofiqlik indeksini shakllantirishda asos bo‘lib xizmat qildi va yangi CORS stansiyalarini joylashtirish uchun optimal zonalarni aniqlash imkonini berdi.

Olingan moslik xaritasi O‘zbekiston bo‘ylab optimal CORS stansiyasini joylashtirishda aniq fazoviy farqlanishni ko‘rsatadi (1-rasm). Yuqori moslik zonalari asosan sharqiy va janubi-sharqiy mintaqalarda, jumladan, zich joylashgan vodiylarda va mavjud CORS qamrovi cheklangan qishloq xo‘jaligida unumdor hududlarda joylashgan. Bu hududlar, shuningdek, yuqori seysmik xavf zonalari bilan mos keladi, bu esa geodezik monitoringni kuchaytirishning strategik ahamiyatini kuchaytiradi.

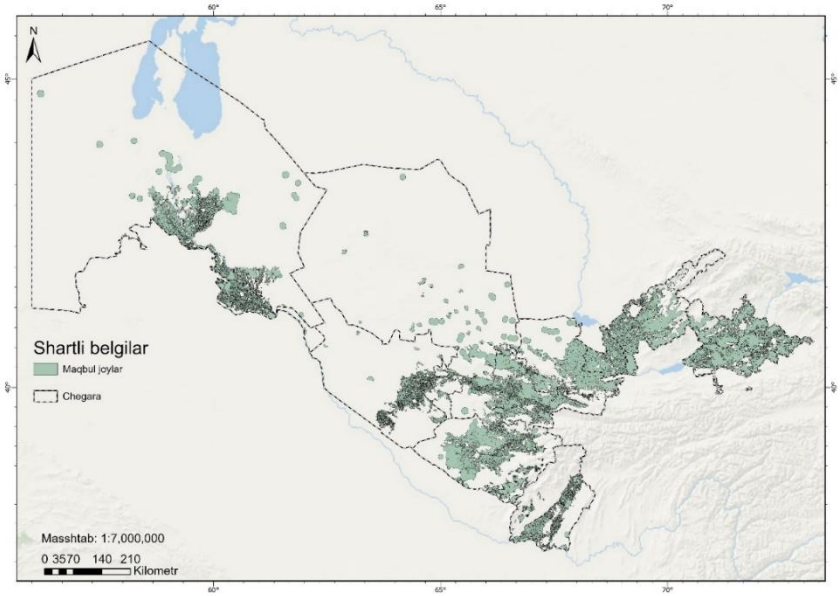


1-rasm. AHP modeli natijasidagi moslik kartasi

O‘rtacha moslik zonalari ba’zi mezonlar qulay, boshqalari esa cheklovchi bo‘lgan o‘tish davri hududlarida, masalan, aholi zichligi yetarli, ammo topografiyasi qiyin bo‘lgan hududlarda kuzatiladi. Past moslik zonalari asosan qishloq xo‘jaligi faoliyati minimal va tektonik sharoitlari nisbatan barqaror bo‘lgan kam aholi yashaydigan cho‘l hududlarida joylashgan.

Tahlil shuni ko‘rsatadiki, ijtimoiy-iqtisodiy, ekologik va geofizik mezonlarning integratsiyasi masofaga asoslangan yondashuvlarga qaraganda CORS tarmog‘i talablarini yanada nozikroq tushunish imkonini beradi. Shu bilan birgalikda CORS stansiyalarini joylashtirish uchun 4 va 5-sinf maqbullik hududlari tanlab olindi

(2-rasm). Ushbu hududlar O‘zbekiston sharoitidan kelib chiqib eng maqbul hududlar sifatida ko‘rsatildi.



2-rasm. O‘zbekiston hududida CORS stansiyalarini joylashtirish uchun maqbul zonalar

Topilmalar CORS tarmog‘ini rejalashtirishda ko‘p mezonli nuqtai nazarni qo‘llash muhimligini ta’kidlaydi. Faqat stansiyalararo masofaga asoslangan an’anaviy yondashuvlar talab va xavfning fazoviy o‘zgaruvchanligini aks ettira olmaydi. Aksincha, AHP asosidagi GIS tizimi qaror qabul qiluvchilarga raqobatdosh ustuvorliklarni shaffof va tizimli ravishda muvozanatlash imkonini beradi.

Xulosa. Ushbu tadqiqotda O‘zbekistonda CORS tarmog‘ini optimallashtirish va kengaytirish masalalari keng qamrovli analitik yondashuv yordamida ko‘rib chiqildi. Analitik ierarxiya jarayoni (AHP) modelini qo‘llash joy tanlash uchun ko‘p mezonli qarorlar qabul qilishda juda samarali bo‘lib chiqdi. Aholi zichligi, qishloq xo‘jaligi yerlarining taqsimlanishi va infratuzilma barqarorligi kabi omillarni bog‘lash orqali AHP modeli ekspert xulosalarini matematik jihatdan qat’iy fazoviy strategiyaga aylantirdi.

Xulosa qilib aytganda, AHPga asoslangan kengaytirish strategiyasi O‘zbekistonning Milliy fazoviy ma’lumotlar infratuzilmasi uchun mustahkam poydevor yaratadi. Ushbu modernizatsiya qilinadigan tarmoq nafaqat keng ko‘lamli aniq dehqonchilik va raqamli kadastrni osonlashtiradi, balki mamlakatning geodezik asoslarini xalqaro standartlarga moslashtiradi. Kelajakdagi tadqiqotlar qo‘shni GNSS tarmoqlari bilan mintaqaviy integratsiyaga va real vaqt rejimida ionosfera tuzatish modellarini ishlab chiqishga qaratilishi kerak.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Cetin, M., Omer, Y., & Sedat, B. (2011). Turkiyaning real vaqt kinematik GPS tarmog‘i (TUSAGA-Aktif) infratuzilmasi. Scientific Research and Essays, 6(19), 3986-3999. https://doi.org/10.5897/SRE10.923

2. Dobelis, D., & Zvirgzds, J. (2016). Tarmoq RTK samaradorligi tahlili: Latviya misolida tadqiqot. Geodesy and Cartography, 42(3), 69-74. https://doi.org/10.3846/20296991.2016.1226383

3. Bruyninx, C., Becker, M., & Stangl, G. (2001). EUREF doimiy GPS tarmog‘i (EPN) yordamida Yevropada IGS tarmog‘ini mintaqaviy zichlashtirish. Physics and Chemistry of the Earth, Part A: Solid Earth and Geodesy, 26(6-8), 531-538. https://doi.org/10.1016/S1464-1895(01)00096-5

4. Bartonek, D., Bures, J., & Svabensky, O. (2017). Nuqtalarni samarali egallash uchun GNSS RTK o‘lchovlarini rejalashtirishni evristik tahlil asosida optimallashtirish. Engineering Computations, 34(1), 90-104. https://doi.org/10.1108/EC-11-2015-0352

5. Central Aero-geodetic Enterprise, & Bekbaev, G. K. (2014). O‘zbekiston Respublikasi davlat geodezik tarmog‘ini rekonstruksiya qilish va rivojlantirish haqida. Geodesy and Cartography, 888(6), 8-9. https://doi.org/10.22389/0016-7126-2014-888-6-8-9

6. AlAli, A. M., Salih, A., & Hassaballa, A. (2023, 20-may). Saudiya Arabistonining Ar-Riyod hududidagi Vodi Hanifa drenaj havzasida suv toshqini xavfiga moyillikni xaritalash va baholash uchun geofazoviy Analitik Ierarxiya Jarayoni (AHP) va Weighted Product Model (WPM) usullaridan foydalanish. Water. Bazel, Shveytsariya: MDPI. https://doi.org/10.3390/w15101943

7. Malczewski, J. (2006). GIS asosidagi ko‘p mezonli qaror qabul qilish tahlili: adabiyotlar sharhi. International Journal of Geographical

Information Science, 20(7), 703-726. https://doi.org/10.1080/13658810600661508

8. Fazilova, F., Norkulov, B., & Tursunov, B. (2021). GNSS texnologiyalari yordamida O‘zbekiston milliy geodezik tarmog‘ini modernizatsiya qilish. Geoinformatics Journal, 15(4), 67-74.

UDK: 528.48:004.9:72:711.4

ARXITEKTURA OBYEKTLARINI LOYIHALASHDA GEODEZIK O‘LCHOVLAR VA GIS-BIM INTEGRATSIYASI ASOSIDA 3D RAQAMLI MODEL YARATISHNING ILMIY-AMALIY ASOSLARI

Abdukadirova Muxarram Arabbayevna*-Farg‘ona Davlat Texnika Universiteti*

Ergasheva Mumtozbegim Mashrabali qizi*-Farg‘ona Davlat Texnika Universiteti talabasi*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada arxitektura obyektlarini loyihalash jarayonida geodezik o‘lchovlar, geoaxborot tizimlari va BIM texnologiyalarini integratsiyalash asosida 3D raqamli model yaratishning ilmiy-amaliy asoslari yoritilgan. Tadqiqotda geodezik tayanch punktlari, topografik-geodezik s’yomka, GNSS o‘lchovlari, elektron taxeometr va lazer skanerlash ma’lumotlarini GIS muhitida qayta ishlash hamda BIM model bilan bog‘lashning metodik bosqichlari tahlil qilindi. GIS-BIM integratsiyasi arxitektura obyektining real joylashuvi, relyef, kommunikatsiya tarmoqlari, kadastr chegaralari va atrof-muhit omillarini yagona fazoviy-axborot muhitida ifodalash imkonini beradi. Natijada loyiha hujjatlarini aniqlashtirish, xatoliklarni kamaytirish, qurilish jarayonini raqamli boshqarish va obyektning ekspluatatsiya bosqichidagi monitoringini takomillashtirish imkoniyatlari ortadi.*

Kalit so‘zlar: *geodezik o‘lchovlar, GIS, BIM, 3D raqamli model, arxitektura obyekti, lazer skanerlash, GNSS, raqamli relyef modeli, kadastr, fazoviy integratsiya.*

Аннотация. *В данной статье рассматриваются научные и практические основы создания 3D-цифровой модели на основе интеграции геодезических измерений, геоинформационных систем и BIM-технологий при проектировании архитектурных объектов. В исследовании проанализированы методологические этапы обработки данных геодезических опорных точек, топографическо-геодезической съемки, измерений GNSS, данных электронного тахеометра и лазерного сканирования в среде ГИС и их связь с BIM-моделью. Интеграция ГИС-BIM позволяет представить реальное местоположение архитектурного объекта, рельеф, сети связи, кадастровые границы и факторы окружающей среды в единой пространственно-информационной среде. В результате расширяются возможности уточнения проектной документации, снижения количества ошибок, цифрового контроля строительного процесса и улучшения мониторинга объекта на этапе эксплуатации.*

Ключевые слова: *геодезические измерения, ГИС, BIM, 3D-цифровая модель, архитектурный объект, лазерное сканирование, GNSS, цифровая модель рельефа, кадастр, пространственная интеграция.*

Abstract. *This article discusses the scientific and practical foundations of creating a 3D digital model based on the integration of geodetic measurements, geoinformation systems and BIM technologies in the design of architectural objects. The study analyzed the methodological stages of processing geodetic control points, topographic-geodetic surveying, GNSS measurements, electronic total station and laser scanning data in a GIS environment and linking them with the BIM model. GIS-BIM integration allows you to represent the real location of an architectural object, relief, communication networks, cadastral boundaries and environmental factors in a single spatial-information environment. As a result, the possibilities of clarifying project documentation, reducing errors, digital control of the construction process and improving monitoring of the object at the operational stage increase.*

Keywords: *geodetic measurements, GIS, BIM, 3D digital model, architectural object, laser scanning, GNSS, digital relief model, cadastre, spatial integration.*

Kirish. Zamonaviy arxitektura va qurilish amaliyotida obyektlarni loyihalash jarayoni tobora ko‘proq raqamli fazoviy ma’lumotlar, aniq geodezik o‘lchovlar va axborot modellariga tayanmoqda. An’anaviy ikki o‘lchamli chizma va alohida jadvallar asosida yuritiladigan loyihalash usullarida obyektning real hududiy sharoiti, yer uchastkasi chegarasi, relyef, kommunikatsiya tarmoqlari va konstruktiv yechimlari o‘rtasidagi bog‘liqlik yetarli darajada aks etmaydi. Shu sababli arxitektura obyektlarini loyihalashda geodeziya, GIS va BIM texnologiyalarini yagona metodik tizimda qo‘llash dolzarb ilmiy-amaliy masala hisoblanadi.

BIM texnologiyasi bino va inshootlarning geometrik, konstruktiv, muhandislik va ekspluatatsion ma’lumotlarini yagona raqamli modelda birlashtiradi. ISO 19650-1:2018 standarti BIM asosida axborotni almashish, yozib borish, versiyalash va tashkil etish bo‘yicha konseptual tamoyillarni belgilaydi [1]. GIS esa obyektning geografik joylashuvi, kadastr chegaralari, relyef, transport va muhandislik infratuzilmasi kabi tashqi fazoviy omillarni tahlil qilish imkonini beradi. Demak, GIS-BIM integratsiyasi loyiha obyektini nafaqat bino sifatida, balki yer uchastkasi, hudud, infratuzilma va shaharsozlik muhiti bilan bog‘langan murakkab fazoviy tizim sifatida ko‘rishga imkon beradi.

Geodezik o‘lchovlar ushbu integratsion jarayonning aniqlik asosini tashkil etadi. GNSS o‘lchovlari, elektron taxeometr, lazer skanerlash, topografik s’yomka va raqamli relyef modeli arxitektura obyektini real koordinata tizimiga bog‘lash, loyiha chegaralarini tekshirish va qurilish jarayonida geometrik nazoratni ta’minlashda muhim ahamiyatga ega. Agar geodezik ma’lumotlar yetarli aniqlikda olinmasa, GIS va BIM muhitida yaratilgan 3D raqamli model ham real joylashuv sharoitini to‘liq aks ettirmaydi.

Mazkur maqolaning maqsadi arxitektura obyektlarini loyihalashda geodezik o‘lchovlar va GIS-BIM integratsiyasi asosida 3D raqamli model yaratishning ilmiy-amaliy

asoslarini ochib berish, texnologik ketma-ketlikni asoslash hamda uning loyiha aniqligi, kadastr muvofiqligi, qurilish nazorati va ekspluatatsiya monitoringidagi ahamiyatini ko‘rsatishdan iborat.

Material va metodlar

Tadqiqotning metodologik asosini geodezik o‘lchovlar, GIS muhitida fazoviy tahlil qilish, BIM axborot modelini shakllantirish va ularni yagona koordinata-fazoviy muhitda integratsiyalash jarayonlari tashkil etadi. Tadqiqot obyekti sifatida shartli arxitektura obyekti - ma’muriy, turar joy yoki jamoat binosini loyihalash jarayoni qabul qilindi. Tadqiqot predmeti esa geodezik o‘lchovlar asosida olingan ma’lumotlarning GIS-BIM integratsiyalashgan 3D modeldagi funksional rolidir.

Geodezik o‘lchovlar bosqichida obyekt joylashadigan hududda tayanch punktlar aniqlanadi, topografik-geodezik s’yomka bajariladi, relyefning balandlik ko‘rsatkichlari, mavjud bino va inshootlar, yo‘llar, ariqlar, muhandislik tarmoqlari hamda yer uchastkasi chegaralari qayd etiladi. Zarur hollarda lazer skanerlash yoki fotogrammetrik usullardan foydalanilib, obyekt hududining nuqtalar buluti shakllantiriladi.

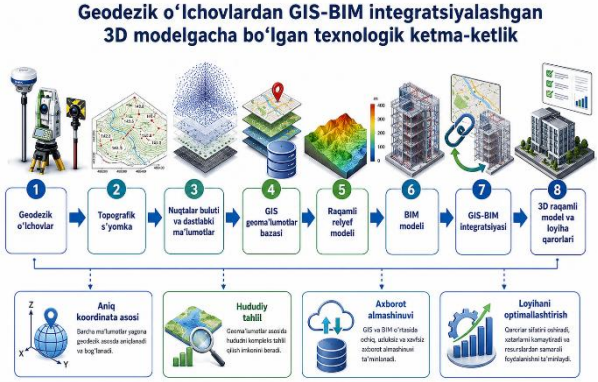
GIS bosqichida geodezik o‘lchov natijalari alohida fazoviy qatlamlarga ajratiladi. Bunda raqamli relyef modeli, yer uchastkasi chegarasi, kadastr konturlari, mavjud bino-inshootlar, muhandislik tarmoqlari, yo‘l tarmoqlari va cheklov zonalari geoma’lumotlar bazasiga kiritiladi. BIM bosqichida esa bino elementlari, konstruktiv tizim, muhandislik tarmoqlari, materiallar, texnik xususiyatlar va ekspluatatsion atributlar bilan boyitilgan 3D axborot modeli shakllantiriladi. IFC formati BIM ma’lumotlarini turli dasturiy muhitlar o‘rtasida almashish uchun ochiq xalqaro standart sifatida qo‘llanadi [2; 3].

1-jadval.

Arxitektura obyektining 3D raqamli modelini yaratishda foydalaniladigan asosiy ma’lumotlar

Ma’lumot turi	Manba	Amaliy vazifasi
Geodezik tayanch punktlari	GNSS, geodezik tarmoq	Obyektni yagona koordinata tizimiga bog‘lash
Topografik s’yomka	Elektron taxeometr, GNSS	Relyef, mavjud bino va kommunikatsiyalarni aniqlash
Lazer skanerlash ma’lumotlari	3D skaner, LiDAR	Yuqori aniqlikdagi nuqtalar bulutini yaratish
Kadastr ma’lumotlari	Yer uchastkasi chegaralari, kadastr konturlari	Loyiha hududining huquqiy-fazoviy chegarasini belgilash
GIS qatlamlari	Relyef, yo‘l, infratuzilma, zonalash	Hududiy tahlil va joylashuv qarorlarini asoslash
BIM modeli	Arxitektura, konstruksiya, MEP elementlari	Binoning axborotga boy 3D modelini shakllantirish

3D raqamli model yaratish metodikasi ma’lumotlarni yig‘ish, oldindan qayta ishlash, fazoviy qatlamlash, BIM modellashtirish, koordinata tizimiga bog‘lash va integratsiyalashgan modelni tekshirish bosqichlaridan iborat. Ushbu ketma-ketlik 1-rasmda keltirilgan.



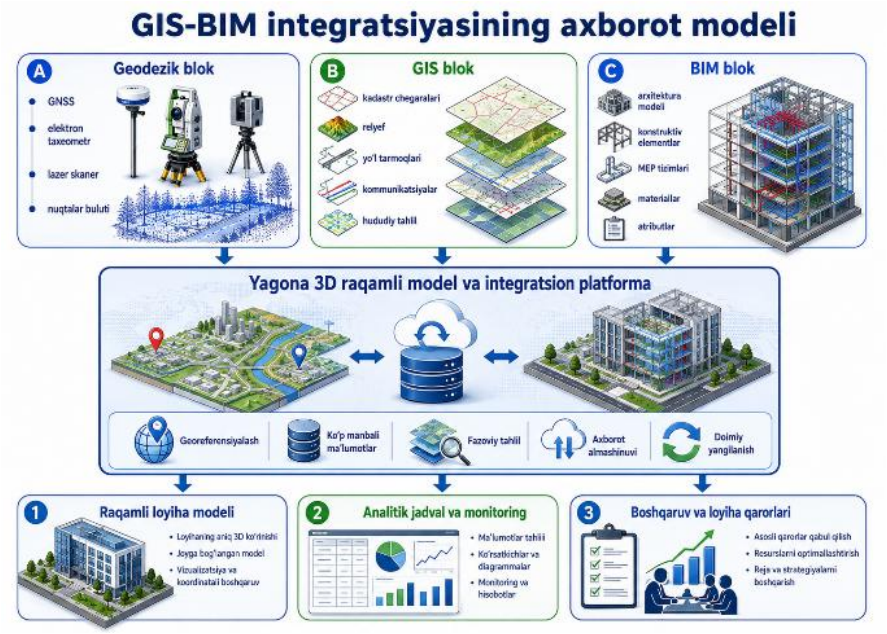
1-rasm. Geodezik o‘lchovlardan GIS-BIM integratsiyalashgan 3D modelgacha bo‘lgan texnologik ketma-ketlik

Natijalar va muhokama

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, arxitektura obyektlarini loyihalashda geodezik o‘lchovlar va GIS-BIM integratsiyasidan foydalanish loyiha jarayonini chizma asosidagi yondashuvdan axborotga boy fazoviy model asosidagi yondashuvga o‘tkazadi. Bunda loyiha obyekti binoning tashqi shakli bilan cheklanmaydi, balki yer uchastkasi, kadastr chegaralari, relyef, kommunikatsiya tarmoqlari, shaharsozlik cheklovlari va ekspluatatsion ma’lumotlar bilan bog‘langan tizim sifatida ifodalanadi.

Geodezik ma’lumotlarning asosiy qiymati shundaki, ular BIM modelning real koordinata tizimiga mos joylashishini ta’minlaydi. Masalan, bino poydevori relyef balandliklari bilan, yer uchastkasi chegarasi esa kadastr konturlari bilan solishtiriladi. Bunday solishtirish loyiha hujjatlaridagi geometrik nomuvofiqliklarni qurilish boshlanishidan avval aniqlash imkonini beradi. Bu esa qurilishdagi qayta ishlash xarajatlari va vaqt yo‘qotishlarini kamaytirishga xizmat qiladi.

GIS-BIM integratsiyasida axborot oqimlari uchta asosiy blok orqali shakllanadi: geodezik blok, GIS bloki va BIM bloki. Geodezik blok koordinatalar, balandliklar va nuqtalar bulutini beradi; GIS bloki kadastr, relyef, infratuzilma va shaharsozlik qatlamlarini tizimlashtiradi; BIM bloki esa binoning konstruktiv, arxitektura va muhandislik elementlarini axborot modeliga kiritadi. Ushbu bloklarning yagona 3D raqamli modelda birlashtirilishi 2-rasmda ko‘rsatilgan.



2-rasm. GIS-BIM integratsiyasining axborot modeli

2-jadval.

GIS-BIM integratsiyasida geodezik ma'lumotlarning funksional roli

Geodezik ma'lumot	GISdagi vazifasi	BIMdagi vazifasi	Integratsion natija
Koordinatalar	Obyekt joylashuvini aniqlash	Modelni real fazoga bog‘lash	Georeferensiyalangan BIM model
Balandlik nuqtalari	Raqamli relyef modelini yaratish	Poydevor va nishablikni loyihalash	Relyefga moslashgan bino modeli
Kadastr chegaralari	Yer uchastkasini aniqlash	Bino joylashuv chegarasini tekshirish	Huquqiy chegaraga mos loyiha
Mavjud inshootlar	Hududiy cheklovlarni tahlil qilish	Loyiha to‘qnashuvlarini aniqlash	Konfliktlarni kamaytirish
Kommunikatsiyalar	Muhandislik tarmoqlarini xaritalash	MEP tizimlar bilan bog‘lash	Infratuzilmaga mos loyihalash

GIS-BIM integratsiyasining muhim afzalligi shundaki, u loyiha qarorlarini kompleks tekshirish imkonini beradi. BIM modeldagi bino konturi GISdagi yer uchastkasi chegarasi bilan taqqoslanadi, poydevor va pastki qavatlar relyef modeli bilan moslashtiriladi, muhandislik tarmoqlari esa mavjud kommunikatsiyalar bilan to‘qnashuv ehtimoli bo‘yicha tahlil qilinadi. Shu tariqa loyiha hujjatlarining fazoviy aniqligi va texnik ishonchliligi oshadi.

CityGML standarti virtual 3D shahar modellarini ifodalash, saqlash va almashish uchun konseptual model va almashinuv formatini belgilaydi [4]. Shu nuqtayi nazardan, arxitektura obyektining GIS-BIM integratsiyalashgan modeli keyingi

bosqichda shahar miqyosidagi 3D geoma'lumotlar bazasiga ulanishi mumkin. Bu esa alohida bino loyihasini hududiy rivojlanish, transport, ekologik cheklovlar va infratuzilma boshqaruvi bilan uyg'unlashtiradi.

Qaror qabul qilish sikli geodezik ma'lumotlarni yig'ishdan boshlanib, GIS tahlil, BIM modellashtirish, 3D muvofiqlik tekshiruvi, loyiha qarorlarini optimallashtirish va ekspluatatsiya monitoringi bosqichlari bilan davom etadi. Mazkur sikl doimiy yangilanib boradigan raqamli modelga tayanadi. Uning konseptual ko'rinishi 3-rasmda berilgan.



3-rasm. Arxitektura obyektining 3D raqamli modeli asosida qaror qabul qilish sikli

3-jadval.

GIS-BIM integratsiyasi asosida 3D raqamli model yaratishning amaliy samaradorligi

Yo'nalish	An'anaviy yondashuvdagi muammo	GIS-BIM integratsiyasi natijasi
Loyiha aniqligi	Relyef va koordinata xatoliklari bo'lishi mumkin	Geodezik asosga bog'langan aniq model yaratiladi
Kadastr muvofiqligi	Yer uchastkasi chegaralari alohida tekshiriladi	Model kadastr chegaralari bilan birgalikda tahlil qilinadi
Muhandislik tarmoqlari	Kommunikatsiyalar bilan to'qnashuvlar kech aniqlanadi	Tarmoqlar 3D muhitda oldindan tekshiriladi
Qurilish boshqaruvi	Ish jarayonlari chizmalar asosida yuritiladi	Raqamli model asosida monitoring va nazorat kuchayadi
Ekspluatatsiya	Obyekt haqida ma'lumotlar tarqoq saqlanadi	Yagona raqamli pasport va axborot modeli shakllanadi

Xulosalar

1. Arxitektura obyektlarini loyihalashda geodezik o‘lchovlar 3D raqamli modelning asosiy fazoviy tayanchini tashkil etadi. Koordinatalar, balandlik nuqtalari, topografik s’yomka va kadastr chegaralari modelning real hududiy sharoitga mosligini ta’minlaydi.

2. GIS texnologiyalari loyiha hududining relyefi, yer uchastkasi chegaralari, mavjud infratuzilma, kommunikatsiya tarmoqlari va shaharsozlik cheklovlarini fazoviy tahlil qilish imkonini beradi.

3. BIM texnologiyasi arxitektura obyektining geometrik, konstruktiv, muhandislik va ekspluatatsion ma’lumotlarini yagona 3D modelda birlashtiradi. GIS-BIM integratsiyasi ushbu modelni real joylashuv va kadastr ma’lumotlari bilan bog‘laydi.

4. Taklif etilgan metodik yondashuv loyiha aniqligini oshirish, geometrik nomuvofiqliklarni kamaytirish, kadastr chegaralariga mos loyihalash, qurilish jarayonini raqamli nazorat qilish va ekspluatatsiya bosqichida obyekt monitoringini yuritishda amaliy ahamiyatga ega.

5. GIS-BIM integratsiyasiga asoslangan 3D raqamli model loyiha tashkilotlari, kadastr organlari, qurilish nazorati idoralari va shaharsozlik boshqaruvi uchun yagona fazoviy-axborot muhiti sifatida xizmat qilishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling - Information management using building information modelling - Part 1: Concepts and principles. International Organization for Standardization, 2018.

2. ISO 16739-1:2024. Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries - Part 1: Data schema. International Organization for Standardization, 2024.

3. buildingSMART International. Industry Foundation Classes (IFC) 4.3 standardization materials. URL: https://www.buildingsmart.org/standards/ (murojaat sanasi: 15.05.2026).

4. Open Geospatial Consortium. CityGML Standard: 3D Urban Data Model and Exchange Format. URL: https://www.ogc.org/standards/citygml/ (murojaat sanasi: 15.05.2026).

5. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers. 3rd ed. Wiley, 2018.

6. Liu X., Wang X., Wright G., Cheng J.C.P., Li X., Liu R. A State-of-the-Art Review on the Integration of Building Information Modeling and Geographic Information System // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2017.

7. El-Mekawy M., Östman A., Hijazi I. A Unified Building Model for 3D Urban GIS // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2012.

8. Biljecki F., Stoter J., Ledoux H., Zlatanova S., Çöltekin A. Applications of 3D City Models: State of the Art Review // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2015.

9. Volk R., Stengel J., Schultmann F. Building Information Modeling for Existing Buildings - Literature Review and Future Needs // Automation in Construction. 2014.

10. Wolf P.R., Ghilani C.D. Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics. Pearson, 2018.

UDK: 528.4:004.9:624.042:658.5

SANOAT OBYEKTLARINING 3D RAQAMLI MODELLARINI YARATISHDA ZAMONAVIY GEODEZIK O‘LCHASH VA GEOAXBOROT TEXNOLOGIYALARINI INTEGRATSIYALASH

A.A.Abduraxmonov- *Farg‘ona Davlat Texnika Universiteti*

Annotatsiya*. Ushbu maqolada sanoat obyektlarining 3D raqamli modellarini yaratishda zamonaviy geodezik o‘lchash va geoaxborot texnologiyalarini integratsiyalashning ilmiy-amaliy asoslari yoritilgan. Tadqiqotda GNSS, elektron taxeometr, lazerli skanerlash, UAV aerofototahlili, fotogrammetrik qayta ishlash va GIS/GAT texnologiyalarini yagona geofazoviy platformada birlashtirish usullari tahlil qilindi. Sanoat obyektiga doir topografik, kadastr, muhandislik-kommunikatsiya va masofadan zondlash ma’lumotlarini integratsiyalash orqali aniq koordinatali, funksional va vizual jihatdan boy 3D raqamli modelni shakllantirish mumkinligi asoslandi. Tadqiqot natijalari integratsiyalashgan yondashuv obyektlarni qurish, rekonstruksiya qilish va ekspluatatsiya qilish jarayonida geodezik aniqlikni oshirish, monitoringni takomillashtirish, deformatsion holatni baholash hamda boshqaruv qarorlarini tezkor qabul qilishda samarali ekanini ko‘rsatdi. Maqolada ma’lumot yig‘ishdan boshlab 3D model yaratish, aniqlikni baholash va monitoringgacha bo‘lgan texnologik ketma-ketlik, integratsion platforma tuzilishi va amaliy samaradorlik ko‘rsatkichlari tavsiflangan.*

Kalit so‘zlar: *sanoat obyekti, 3D raqamli model, GNSS, UAV, elektron taxeometr, lazerli skanerlash, GIS, GAT, fotogrammetriya, geodezik o‘lchash, monitoring, deformatsiya.*

Аннотация*. В данной статье рассматриваются научные и практические основы интеграции современных геодезических и геоинформационных технологий в создание 3D-цифровых моделей промышленных объектов. В исследовании проанализированы методы объединения GNSS, электронного тахеометра, лазерного сканирования, аэрофотоанализа с помощью БПЛА, фотограмметрической обработки и технологий ГИС/ГАТ на единой геопространственной платформе. Обосновано, что путем интеграции топографических, кадастровых, инженерно-коммуникационных и данных дистанционного зондирования о промышленном объекте возможно формирование 3D-цифровой модели с точными координатами, функционально и визуально насыщенной. Результаты исследования показали, что интегрированный подход эффективен для повышения геодезической точности, улучшения мониторинга, оценки состояния деформаций и принятия оперативных управленческих решений при строительстве, реконструкции и эксплуатации объектов. В статье описана технологическая последовательность от сбора данных до создания 3D-модели, оценки точности и мониторинга, структура интегрированной платформы и практические показатели эффективности.*

Ключевые слова: *промышленное сооружение, 3D*

цифровая модель, GNSS, БПЛА, электронный тахеометр, лазерное сканирование, ГИС, GAT, фотограмметрия, геодезические измерения, мониторинг, деформация.

Abstract. *This article discusses the scientific and practical foundations of integrating modern geodetic surveying and geoinformation technologies in creating 3D digital models of industrial facilities. The study analyzed methods for combining GNSS, electronic total station, laser scanning, UAV aerial photoanalysis, photogrammetric processing and GIS/GAT technologies on a single geospatial platform. It was substantiated that by integrating topographic, cadastral, engineering-communication and remote sensing data about an industrial facility, it is possible to form a 3D digital model with accurate coordinates, functionally and visually rich. The results of the study showed that the integrated approach is effective in increasing geodetic accuracy, improving monitoring, assessing the deformation state and making quick management decisions during the construction, reconstruction and operation of facilities. The article describes the technological sequence from data collection to 3D model creation, accuracy assessment and monitoring, the structure of the integrated platform and practical efficiency indicators.*

Keywords: *industrial facility, 3D digital model, GNSS, UAV, electronic total station, laser scanning, GIS, GAT, photogrammetry, geodetic measurement, monitoring, deformation.*

Kirish. Qurilish va sanoat infratuzilmasini raqamlashtirish jarayonida obyektlarning fazoviy holatini aniq ifodalovchi 3D raqamli modellarni yaratish dolzarb ilmiy-amaliy vazifalardan biri hisoblanadi. Bunday modellar obyektning geometrik ko‘rinishi, joylashuvi, muhandislik kommunikatsiyalari va ekspluatatsion holatini yagona axborot muhiti orqali aks ettiradi. Ayniqsa, sanoat obyektlarini qurish, rekonstruksiya qilish va ekspluatatsiya qilish bosqichlarida kichik geodezik xatoliklarning o‘zi ham texnologik jarayon, xavfsizlik va iqtisodiy samaradorlikka sezilarli ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

Shu sababli geodezik o‘lchashlar, masofadan zondlash ma’lumotlari, aerofototahlil, lazerli skanerlash va geoaxborot texnologiyalarini o‘zaro integratsiyalash orqali aniq, ko‘p qatlamli hamda boshqaruvga yo‘naltirilgan 3D raqamli model yaratish zarur bo‘ladi. Dissertatsiya materiallari tahlili shuni ko‘rsatadiki, sanoat obyektlari uchun geodezik ma’lumotlar, GNSS va UAV asosidagi axborotlar bazasi, 3D modellashtirish algoritmi hamda monitoring tizimining birgalikda qo‘llanilishi yuqori natija beradi.

Mazkur maqolaning maqsadi sanoat obyektlarining 3D raqamli modellarini yaratishda zamonaviy geodezik o‘lchash va geoaxborot texnologiyalarini integratsiyalashning nazariy hamda amaliy asoslarini yoritish, ma’lumot yig‘ish va qayta ishlash bosqichlarini tizimlashtirish, shuningdek bunday yondashuvning monitoring va boshqaruvdagi afzalliklarini asoslashdan iborat.

Material va metodlar

Tadqiqotning axborot bazasini zamonaviy geodezik va geoaxborot ma’lumotlari tashkil etdi. Unga GNSS kuzatuvlari, elektron taxeometr orqali bajarilgan topografik s’yomka materiallari, lazerli skaner yordamida olingan nuqtalar buluti, UAV asosidagi

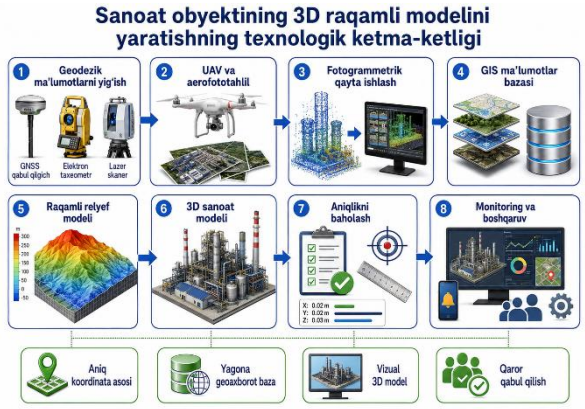
aerofototahlil va ortofoto materiallari, kadastr ma’lumotlari hamda GIS/GAT qatlamlari kiritildi. Ushbu ma’lumotlar bir-biri bilan muvofiqlashtirilgan koordinata tizimida qayta ishlanib, yagona geofazoviy ma’lumotlar bazasida jamlandi.

Tadqiqot metodlari sifatida geodezik o‘lchovlarni bajarish, fotogrammetrik qayta ishlash, nuqtalar bulutidan 3D obyektlarni ajratish, raqamli relyef modelini yaratish, vektorizatsiya, geokodlash, ko‘p manbali ma’lumotlarni integratsiyalash va analitik baholash usullaridan foydalanildi. 3D raqamli model yaratish jarayoni ma’lumot yig‘ish, qayta ishlash, fazoviy qatlamlarni shakllantirish, 3D modelni hosil qilish, aniqlikni tekshirish va monitoring moduliga uzatish bosqichlari asosida olib borildi.

1-jadval.

Sanoat obyektlarini 3D modellashtirishda qo‘llaniladigan asosiy ma’lumotlar

Ma’lumot turi	Mazmuni	Amaliy vazifasi
Geodezik ma’lumotlar	GNSS, elektron taxeometr, reper va tayanch punktlar	Koordinata-balandlik asosini yaratish va topografik aniqlikni ta’minlash
Masofadan zondlash ma’lumotlari	UAV, aerofoto, ortofoto, fotogrammetriya natijalari	Hududning operativ tasvirini olish va 3D tiklash uchun manba yaratish
Lazerli skanerlash	Nuqtalar buluti, 3D skaner yozuvlari	Murakkab konstruksiyalar geometriyasini yuqori aniqlikda ifodalash
GIS/GAT qatlamlari	Kadastr chegaralari, kommunikatsiyalar, relyef, tematik qatlamlar	Fazoviy tahlil va ma’lumotlarni integratsiyalash
Atributiv ma’lumotlar	Texnik tavsiflar, monitoring ko‘rsatkichlari, resurslar	Analitik baholash va boshqaruv qarorlarini qo‘llab-quvvatlash



1-rasm. Sanoat obyektining 3D raqamli modelini yaratishning texnologik ketma-ketligi

Natijalar va ularning tahlili

1-rasmda sanoat obyektining 3D raqamli modelini yaratishning texnologik ketma-ketligi ko‘rsatilgan. Ushbu jarayon geodezik ma’lumotlarni yig‘ishdan boshlanib, UAV va aerofototahlil, fotogrammetrik qayta ishlash, GIS ma’lumotlar bazasini shakllantirish, raqamli relyef modeli va 3D sanoat modelini yaratish, aniqlikni baholash hamda monitoring va boshqaruvga ulash bosqichlari orqali yakunlanadi. Mazkur ketma-ketlik har bir ma’lumot turining o‘zaro bog‘liqligini va yakunda qaror qabul qilishga xizmat qiluvchi yaxlit modelni shakllantirishini ko‘rsatadi.

2-rasmda geodezik o‘lchash va geoaxborot texnologiyalarining integratsion platformasi ifodalangan. Unda geodezik blok, masofadan zondlash va fotogrammetriya bloki hamda GIS/GAT va modellashtirish bloki yagona geoaxborot bazasiga ulanadi. Mazkur platforma georeferensiyalash, ko‘p manbali ma’lumotlarni birlashtirish, fazoviy tahlil, model yaratish va doimiy yangilanish kabi funksiyalarni bajaradi. Natijada 3D raqamli model, analitik monitoring jadvallari va boshqaruv qarorlariga xizmat qiluvchi axborot bazasi shakllanadi.

Dissertatsiya materiallarida qayd etilganidek, ushbu integratsion yondashuv amalda o‘lchash aniqligini 3–5 sm gacha yaxshilash, muhandislik tizimlari holatini vizual tahlil qilish va sanoat obyektlari deformatsiyalarini monitoring qilish imkonini beradi. Bu esa nafaqat ijroiy hujjatlar sifatini oshiradi, balki rekonstruksiya va ekspluatatsiya jarayonlarida vaqt hamda resurs sarfini kamaytirishga xizmat qiladi.

2-jadval.

Zamonaviy geodezik va geoaxborot texnologiyalarining funksional vazifalari

Texnologiya	Asosiy mahsulot	Afzalligi	3D modeldagi o‘rni
GNSS	Koordinatalar va tayanch punktlar	Yuqori aniqlik, tezkorlik	Modelni davlat/milliy koordinata tizimiga bog‘laydi
Elektron taxeometr	Topografik nuqtalar va konturlar	Detallarning aniqligi yuqori	Obyekt geometriyasini plan-balandlik bo‘yicha aniqlashtiradi
Lazerli skaner	Nuqtalar buluti	Murakkab shakllarni to‘liq qamrab oladi	Konstruktiv elementlarning 3D sirtini yaratadi
UAV-fotogrammetriya	Aerofoto, ortofoto, 3D mesh	Katta hududni tez qamraydi	Hududiy model va umumiy joylashuvni tiklaydi
GIS/GAT	Tematik qatlamlar va analitika	Integratsiya va tahlil imkoniyati	3D modelni atributiv va fazoviy axborot bilan boyitadi



2-rasm. Geodezik o‘lchash va GIS ma’lumotlarini integratsiyalash modeli

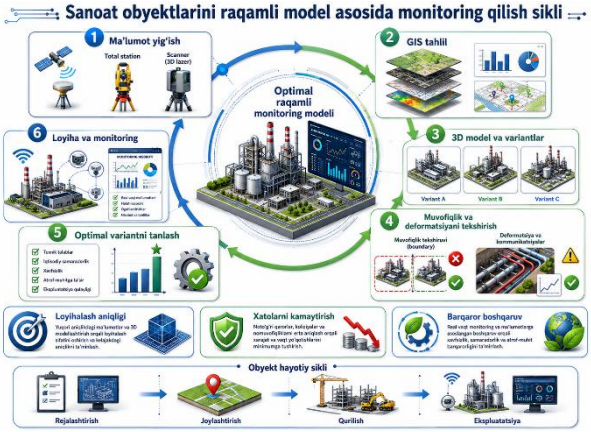
3-rasmda raqamli model asosida monitoring qilish sikli aks ettirilgan. Ushbu sikl ma’lumot yig‘ish, GIS tahlil, 3D model va variantlar yaratish, muvofiqlik hamda deformatsiyani tekshirish, optimal variantni tanlash va loyiha-monitoring bosqichlaridan iborat. Bunday yondashuv obyekt hayotiy siklining rejalashtirish, joylashtirish, qurilish va ekspluatatsiya bosqichlarida doimiy teskari aloqa mexanizmini ta’minlaydi.

Monitoring siklining joriy etilishi loyihalash aniqligini oshiradi, koliziya va nomuvofiqliklarni erta bosqichda aniqlaydi, xatolarni kamaytiradi hamda real vaqtga yaqin boshqaruvni yo‘lga qo‘yadi. Sanoat obyektlari kabi murakkab tizimlarda bunday integratsion raqamli model boshqaruv xavfsizligi, texnik nazorat va resurslar taqsimotini optimallashtirish uchun ayniqsa muhim hisoblanadi.

3-jadval.

3D raqamli model asosida monitoringning amaliy samaradorligi

Yo‘nalish	An’anaviy yondashuvdagi cheklov	Integratsiyalashgan yondashuv natijasi
Ma’lumot yig‘ish	Ma’lumotlar parchalanib, turli formatlarda saqlanadi	Ko‘p manbali ma’lumotlar yagona platformada jamlanadi
Loyihalash aniqligi	Koordinata va geometriya bo‘yicha xatolik xavfi yuqori	Georeferensiyalangan 3D model orqali aniqlik oshadi
Monitoring	Deformatsiya va og‘ishlar kech aniqlanadi	Real vaqtga yaqin monitoring va ogohlantirish tizimi yuzaga keladi
Boshqaruv	Qarorlar ko‘proq tajriba va alohida hujjatlarga tayanadi	Analitik jadvallar va vizual model asosida tezkor qaror qabul qilinadi
Iqtisodiy samaradorlik	Vaqt va resurs sarfi ko‘proq	Qayta ishlar va xatolar kamayib, samaradorlik ortadi



3-rasm. Sanoat obyektlarini raqamli model asosida monitoring qilish sikli

Xulosalar

1. Sanoat obyektlarining 3D raqamli modelini yaratishda GNSS, elektron taxeometr, lazerli skanerlash, UAV va GIS/GAT texnologiyalarini o‘zaro integratsiyalash fazoviy axborotning to‘liqligi va ishonchliligini ta’minlaydi.

2. Geodezik o‘lchovlar va masofadan zondlash ma’lumotlarini yagona geofazoviy bazaga kiritish sanoat obyektining real holatini aniq aks ettiruvchi koordinatali va vizual

modelni shakllantirish imkonini beradi.

3. Integratsiyalashgan 3D model aniqlikni baholash, deformatsion holatni kuzatish, muhandislik kommunikatsiyalarini tahlil qilish va monitoring natijalari asosida boshqaruv qarorlarini qabul qilishda samarali vosita hisoblanadi.

4. Taklif etilgan yondashuv sanoat obyektlarini qurish, rekonstruksiya qilish va ekspluatatsiya qilish bosqichlarida geodezik aniqlikni oshirish, vaqt va resurs sarfini kamaytirish hamda raqamli boshqaruv tizimini takomillashtirishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Abduraxmanov A.A. Zamonaviy geodezik o‘lchash va geoaxborot texnologiyalar yordamida sanoat ob’ektlar modellarini ishlab chiqish (Farg‘ona viloyati misolida): PhD dissertatsiyasi. – Samarqand, 2026.

2. Kuznetsov O.F. Inzhenernaya geodeziya. – Moskva: MGSU, 2013. – 363 s.

3. Jurkin I.G., Shaytura S.V. Geoinformatsionnye sistemy: uchebnoe posobie. – Moskva: KUDITS-PRESS, 2009. – 272 s.

4. Olzoev B.N., Danchenko O.V. Obrabotka geodezicheskikh dannykh izyskaniy s ispolzovaniem programm GIS-tekhnologiy // Vestnik IrGTU. – 2012. – №12(71). – S. 58–59.

5. Fontokina V.A., Savenko A.A., Samarskiy E.D. BIM texnologiyalaridan foydalanishning zamonaviy yo‘nalishlari // Vestnik Evraziyskoy nauki. – 2022. – T.14. – №1.

6. ShMQ 3.01.03-19. Qurilishda geodezik ishlar. Qoidalar to‘plami. – Toshkent, 2019.

7. Mirzaev N., Boboev X. Injenerlik geodeziyasi. – Toshkent: TIQXMMI, 2018.

8. Ghilani C.D. Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics. – Pearson, 2018.

9. Lillesand T., Kiefer R.W., Chipman J. Remote Sensing and Image Interpretation. – Wiley, 2015.

10. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook. – Wiley, 2018.

UDK 528.8:004.9(575.1)

MASOFADAN ZONDLASH MATERIALLARINI GEOFAZOVIY BOG'LASHDA ANIQLIK KO'RSATKICHLARINI BAHOLASH: O'RTA CHIRCHIQ TUMANI MISOLIDA

Nozima Boqiyeva- “ TIQXMMI” MTU *“Geodeziya va Geoinformatika” yo’nalishi 2-bosqich magistranti*

Zohid Mamatqulov– *“TIQXMMI” MTU, “Davlat kadastrlari” kafedrasi mudiri,PHD*

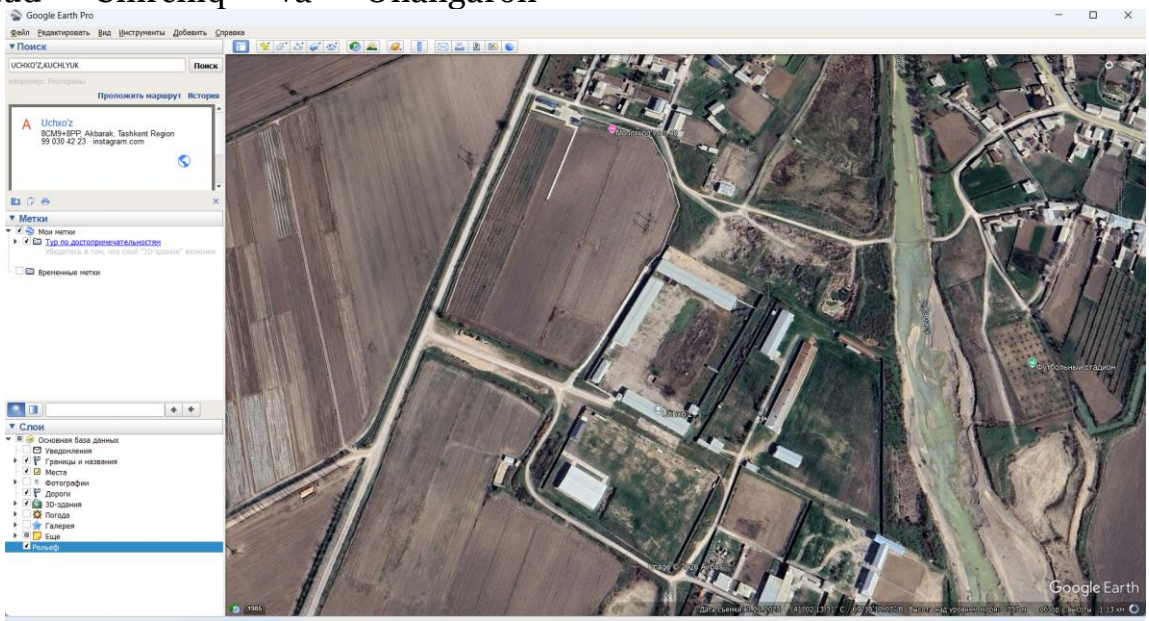
Jaxongir Rajabov -*Respublika Aerogeodeziya markazi 1-toifali muhandisi*

Annotatsiya*.Bu maqolada masofadan zondlash materiallarini geofazoviy bog'lash ya'ni georeferensiya jarayonida aniqlik ko'rsatkichlarini baholashning nazariy va amaliy tomonlari haqida gap boradi. Tadqiqot uchun Toshkent viloyatidagi O'rta Chirchiq tumani, ayniqsa Tog'zika massiviga kiradigan hududlar tanlangan. Sun'iy yo'ldosh tasvirlari va dron (UAV) orqali olingan aerofotosuratlar ArcGIS va Agisoft Metashape dasturlari yordamida qayta ishlangan va*

geofazoviy bog'lash jarayoni bosqichma-bosqich amalga oshirilgan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, geofazoviy bog'lashning aniqlik ko'rsatkichlari hudud kartografiyasi va GIS tahlillarini ishonchli tarzda bajarish uchun yaxshi asos bo'lib xizmat qiladi.Bu maqolada masofadan zondlash materiallarini geofazoviy bog‘lash jarayonida aniqlikni baholashning nazariy va amaliy tomonlari haqida gap boradi.

Kalit so'zlar: *masofadan zondlash, georeferensiya, GCP (tayanch nuqtalar), ArcGIS, Agisoft Metashape, ortofoto, raqamli relyef modeli (DEM), O'rta Chirchiq tumani.*

Kirish. Tadqiqot uchun Toshkent viloyatidagi O‘rta Chirchiq tumani, aniqrog‘i, Tog‘zika massiviga qarashli joylar tanlandi. O‘rta Chirchiq tumani 1926-yil 29-sentabr kuni tashkil topgan, umumiy maydoni qariyb 0,51 ming kvadrat kilometr. Bu hudud Chirchiq va Ohangaron daryolari, shuningdek Toshkent magistral kanali bilan bevosita bog‘liq. Relyefga kelsak, bu yer ikki asosiy fiziografik zonadan iborat: markaziy va shimoliy qismlarda allyuvial tekisliklar, janubiy va janubi-sharqda esa prolyuvial adirlar bor. Allyuvial tekisliklarning balandligi 400–500 metr atrofida, ularni asosan kvartarning allyuvial yotqiziqlari tashkil qiladi. Adir zonalari esa 600 metr balandlikkacha ko‘tarilib, ular pleystotsenga oid yotqiziqlardan tashkil topgan.Ma'lumotlar bazasini yaratishda sun’iy yo‘ldosh tasvirlari, ortofotoplanlar va dronlardan olingan yuqori sifatli aerofotosuratlar ishlatilgan. Umuman olganda, tadqiqot loyihasiga 625 ta aerofotosurat kiritilgan. Shu tasvirlarni qayta ishlash uchun ArcGIS va Agisoft Metashape Professional dasturlaridan foydalanilgan.[1]

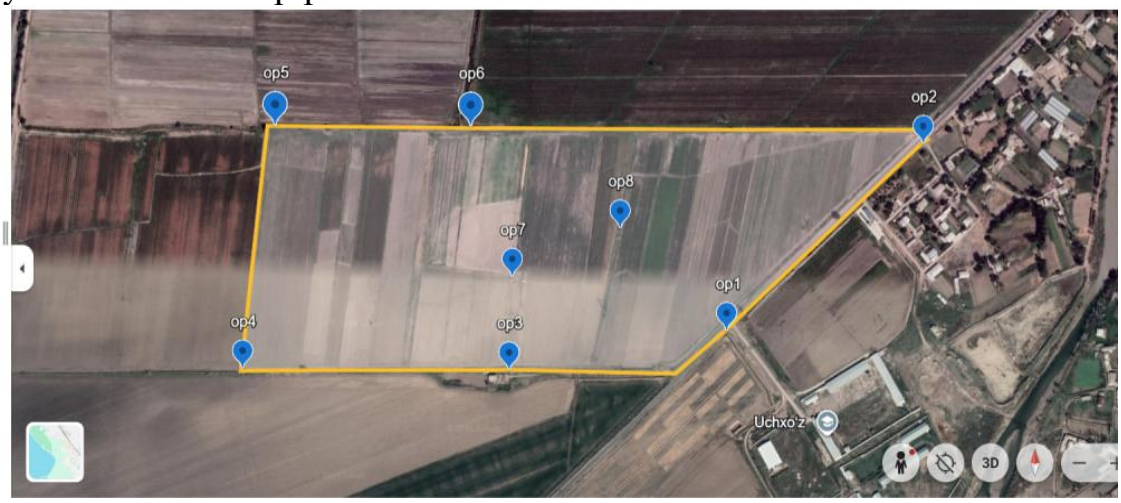


1.2 rasm. O’rta Chirchiq tumanining geografik joylashuvi va chegaralari (google earth pro asosida)

Tayanch nuqtalarini aniqlash

Geofazoviy bog‘lashning birinchi bosqichida tayanch nuqtalarni (GCP - Ground Control Points) dala sharoitida aniqladik. Tayanch nuqtalar sifatida yo‘l kesishmalari, bino burchaklari, kommunikatsiya obyektlari yoki boshqa o‘zgarmas geografik belgilarni tanlashga harakat qildik. Bu nuqtalarni tasvir bo‘ylab bir xil taqsimlab joylashtirdik. Bu

yondashuv aniqlikni sezilarli darajada oshirdi. Har bir nuqtaning geografik koordinatalarini GPS yordamida, aniq o‘lchab yozib oldik. Tadqiqot davomida ba’zi joylarda reper belgilari ham o‘rnatdik.[2]

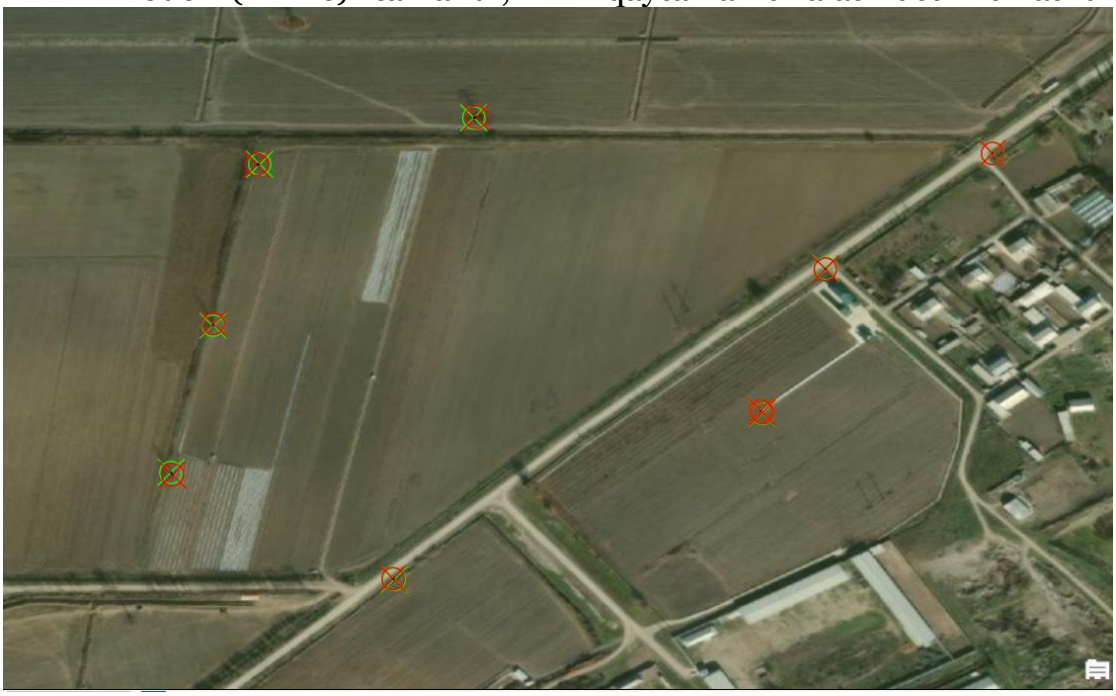


2.1. rasm tadqiqot hududini nuqtalar yordamida belgilab olish jarayoni

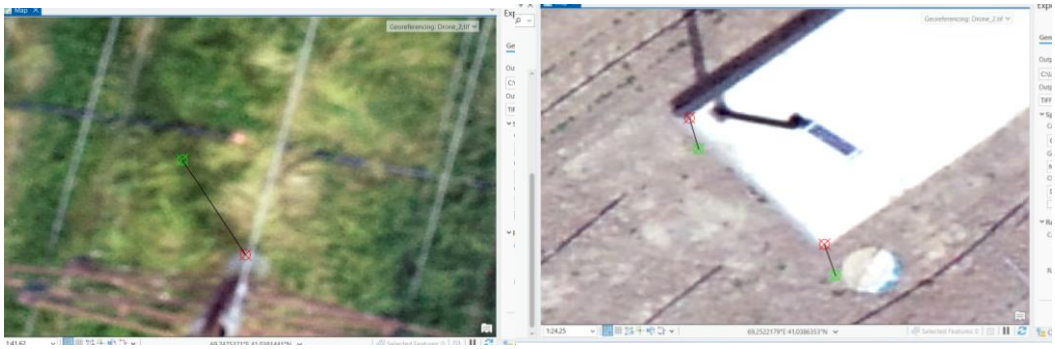
ArcGisda georefrensiyalash

ArcGIS’da sun’iy yo’ldosh tasvirlarini geofazoviy bog’lash oddiy tartibda amalga oshirildi. Dasturga tasvir yuklandi, so‘ng georeferencing vositasi ishga tushirildi. Tayanch nuqtalar ketma-ket kiritildi: har bir nuqta uchun tasvirdagi va haqiqiy koordinatalar tizimga qo‘shildi.

Affin model (Affine) tanlandi, chunki u tasvirni siljitish, aylantirish va masshtablashni oson qiladi, shuningdek, amaliy ishlar uchun yetarli aniqlikni ta’minlaydi. Transformatsiya tugagach, tasvir hisoblangan koordinatalarga moslashtirildi. Tasvir sifati pasayib ketmasligi uchun nearest neighbor qayta namunalash usuli ishlatildi.[3]



2.2. rasm ArcGIS dasturida georeferencing jarayoni: tayanch nuqtalarni kiritish



2.3. crasm. Affine transformatsiya natijasi: georeferenslangan tasvir va haqiqiy xarita mosligi

Agisoft Metashape da fotogrammetrik qayta ishlash

Dron yordamida olingan 625 ta aerofotosurat ustida Agisoft Metashape Professional dasturida aniq va bosqichma-bosqich ishlov berildi. Avvalo, "Tasvirlarni moslashtirish" bosqichida barcha suratlar dasturga yuklandi va ular orasida umumiy nuqtalar topildi. Natijada, kamera har bir suratda qayerda turgani va qanday yo'nalishda olingani aniqlab chiqildi. Hisoblash aniqligi o'rtacha (medium) darajada olib borildi — bu esa balansli tezlik va sifat beradi.Keyin, dastur ushbu umumiy nuqtalardan foydalanib, hududning fazoviy modelini qurishni boshlaydi. "Siyrak nuqtalar buluti" bosqichida 520 781 ta nuqta aniqlandi. Bu yerda har bir nuqta, hudud sirtining muhim belgilari hisoblanadi va keyingi bosqich uchun poydevor vazifasini o'taydi. Sadoda tuzilgan geomodelga chuqurlik va detallarning asosiy qismi mana shu bosqichda shakllanadi.

Shundan so'ng, “Zich nuqtalar buluti” hosil qilindi, ya’ni dastur siyrak nuqtalardan zaruriy chuqurlik xaritasini tuzib, har bir piksel uchun bazaviy koordinatalarni aniqladi. Natijada hudud sathining har bir nuqtasini 3D shaklda tasvirlash imkoniyati yaratildi.Raqamli relyef modeli esa, WGS 84 (EPSG:4326) global koordinata tizimida hosil qilindi. Interpolatsiya yordamida relyef bo'yicha nuqtalar orasidagi bo'shliq to'ldirildi va natijada hudud balandliklarining aniq raqamli xaritasi yuzaga chiqdi.[4]

Oxirgi bosqichda esa, “ORTOFOTO” yaratiladi, ya’ni barcha suratlar relyefga moslashtirilib, geometrik to'g'rilanadi va kerakli o'lchamlarda yagona qatlamli karta hosil qilinadi. Bu xaritada har bir detallar aniq va nomuvofiqliklar yo'q. Natijada, olgan dron suratlaringizdan foydalangan holda, haqiqiy va aniq fazoviy axborotga ega bo’lasiz.Jarayon davomida Metashape’ning avtomatlashtirilgan vositalari va parametrlarini moslab olish ham katta rol o’ynaydi. Masalan, ba’zi suratlarda soya yoki yoritilish farqlari, ayrim hollarda esa ortiqcha shovqinlar chiqishi mumkin. Bunday holatlarda, tasvirlarni dastur ichida qo'shimcha filtrlash va tozalash ishlari olib borildi.

Natijaviy ma’lumotlar ilmiy izlanishlar, yer yuzasining monitoringi, kartografiya yoki loyihalash loyihalari uchun mustahkam asos bo‘lib xizmat qiladi. Shu tarzda, dron yordamida olingan suratlarni raqamli relyef va kartografik ma’lumotga aylantirish mumkin bo'ladi.



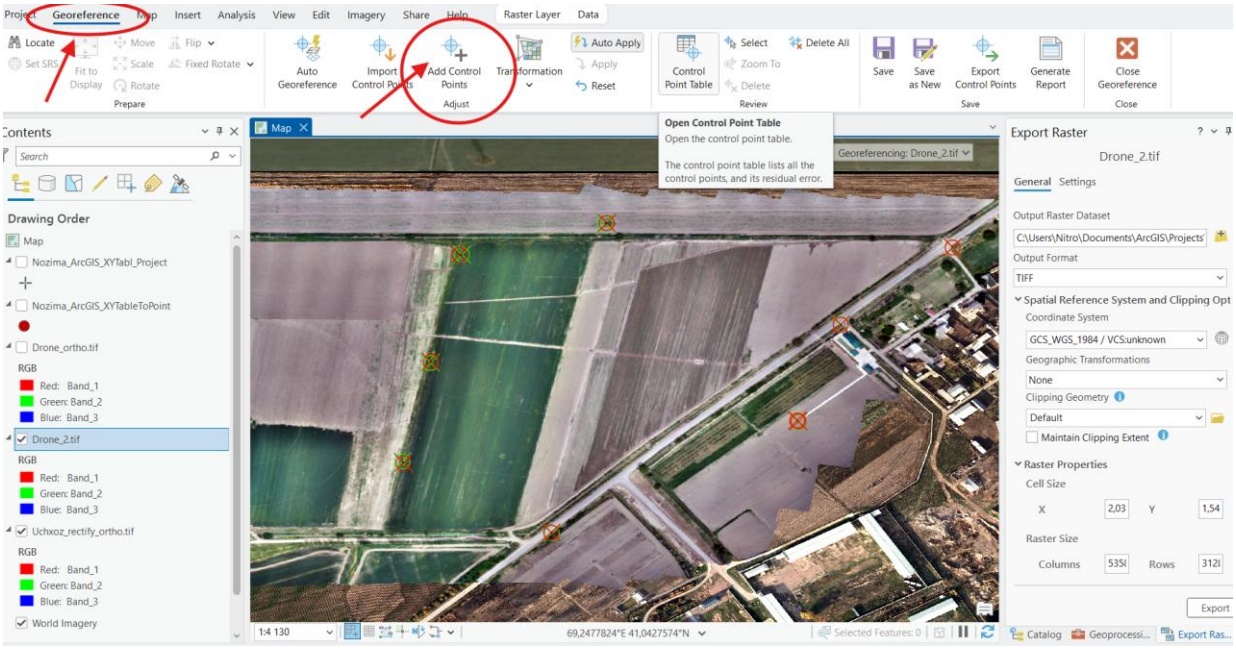
2.4. ***rasm Agisoftda yaratilgan ORTOFOTO***

Natijalar. Tadqiqot natijalari, ochig'i, bir narsani yaqqol ko'rsatdi: tayanch nuqtalarni to'g'ri tanlash va ularni bir tekis joylashtirish geofazoviy bog'lashda aniqlikni ancha oshiradi. ArcGIS dasturidagi affin transformatsiya modeli yordamida moslashtirilgan tasvirlar haqiqiy geografik joylashuv bilan deyarli bir xil chiqdi. Agisoft Metashape esa 520 781 ta bog'lovchi nuqtani hosil qilib, uch o'lchamli modelning ishonchliligini ta'minladi - bu raqam, bilasizmi, juda katta va natijada model anchayin real va ishonchli chiqdi.Tadqiqotni davom ettirsak, ortofoto yaratishning oxirgi bosqichida tasvirlarning noto'g'ri moslashuvi ba'zi mahalliy buzilishlarni (distorsiyalarni) keltirib chiqarganini ham ko'rdik. Aslida, bunga bir necha sabab bor: tayanch nuqtalar yetarli yoki to'g'ri joylanmagan, tasvirlar o'rtasida kesishuv ko'rsatkichi past bo'lgan, ba'zida esa dron uchish balandligi o'zgarib turgan. To'g'ri, bunday muammolarni hal qilish uchun tayanch nuqtalar sonini ko'paytirish va hududni kengroq qamrab olish kerak.

O'rta Chirchiq tumani relyefi allyuvial tekisliklardan iborat bo'lgani uchun geofazoviy bog'lash nisbatan oson bo'ldi. Bu yerda past-balandlik katta farq qilmaydi, shuning uchun tasvirlarni moslashtirishda muammo kam yuzaga keldi. Yo'llar, irrigatsiya kanallari, aholi punktlari va turli infratuzilma obyektlari nazorat nuqtalari sifatida juda qo'l kelgan – ularsiz modeli ishonchli qilishning iloji yo'q.[5]

Umuman olganda, bu jarayon amaliyotda ham katta ahamiyatga ega. Yangi bog'lovchi nuqtalarni kiritish va tasvirlarni kengroq qamrab olish, ayniqsa, murakkab relyefli hududlarda ham, natijada kartografik mahsulotlarning sifatini oshiradi. Yana bir fikr: dron uchish balandligining barqarorligini doim nazoratda tutish kerak. Agar balandlik ko'p o'zgaradigan bo'lsa, modelda distorsiyalar paydo bo'ladi – buni oldini olish uchun uchishni stabil amalga oshirish muhim. Agarda tayanch nuqtalar tanlashda manzil infratuzilmasidan foydalanishni davom ettirilsa, model sifatini yanada yaxshilash mumkin.

Tadqiqot, qisqasi, geofazoviy bog'lashda ham texnik, ham geografik omillarning muhimligini ko'rsatdi. Har bir bosqichda detalga e'tibor berilsa, natija yanada mukammal bo'ladi. Agar ilgari kamchilik bo'lgan joylarni to'g'irlashga ustuvor ahamiyat bersak, kelgusida yanada aniq va ishonchli kartografik ma'lumotlar ishlab chiqarish mumkin.



Xulosa. Mana, Bu tadqiqotdan quyidagilar aniq ko’rindi:1. Masofadan zondlash tasvirlarini geofazoviy bog'lashda tayanch nuqtalarning sifati va joylashuvi hammasini hal qiladi. Nuqtalar to'g'ri tanlansa, oxirgi natija ham aniq chiqadi.2. ArcGIS dasturida affin transformatsiya va nearest neighbor qayta namunalash usullari bitta ishlatilganda yetarli aniqlikni ta’minlaydi. Bu, amaliy ishlar uchun qulay yechim.3. Agisoft Metashape Professional’da bosqichma-bosqich fotogrammetrik qayta ishlash (alignment, sparse cloud, dense cloud, DEM, ortofoto) sifatli kartografik mahsulotlar olib keladi.4. O'rta Chirchiq tumanidagi relef allyuvial tekislikdan iborat bo‘lgani uchun geofazoviy bog‘lash nisbatan yuqori aniqlikda amalga oshirildi. Uzoq joylar va tog‘li hududlarda bu natija boshqacha chiqishi mumkin.5. Ish jarayonida olingan ortofoto va DEM mahsulotlari hududning yer resurslarini monitoring qilish, qishloq xo‘jaligini boshqarish, infratuzilma rejalashtirishda real amaliy yordam beradi. Bundan tashqari, tadqiqot davomida texnik va amaliy jihatdan ko‘plab muammolar, masalan, bulutlar yoki vegetatsiya ortiqcha xalaqit bermasligi uchun optimal vaqt tanlash zarurligi ko‘rinib turdi. Yangi texnologiyalar va usullar yordamida doimiy ravishda natijalarni yanada mukammallashtirish mumkin. Shu bilan, masofadan zondlash va kartografiya sohasida innovatsion yondashuvlar tavsiya qilinadi: har doim sifatli tayanch nuqtalar tanlang, yangi algoritmlar va dasturlarni sinab ko‘ring, natijalarni mustaqil tahlil qiling.Natijada, asosiy muammo sohadagi bilim va texnologiyani to‘g‘ri yo‘naltira olishda. Yaxshi tayyorlangan mutaxassis va zamonaviy dasturiy ta'minot har doim sifatli natija kafolati.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. E. Stott, R. D. Williams, и T. B. Hoey, «Ground Control Point Distribution for Accurate Kilometre-Scale Topographic Mapping Using an RTK-GNSS Unmanned Aerial Vehicle and SfM Photogrammetry», *Drones*, т. 4, вып. 3, с. 55, сен. 2020, doi: 10.3390/drones4030055.

2. X. Yang и Z. Liu, «Using satellite imagery and GIS for land-use and land-cover change mapping in an estuarine watershed», *International Journal of Remote Sensing*, т. 26, вып. 23, сс. 5275–5296, дек. 2005, doi: 10.1080/01431160500219224.

3. L. Lastilla, R. Ravanelli, и M. Crespi, «First Test of Agisoft Metashape Satellite Image Processing for DSM Generation: A Case Study in Trento with Pléiades Imagery», в *IGARSS 2020 - 2020 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Waikoloa, HI, USA: IEEE, сен. 2020, сс. 897–900. doi: 10.1109/IGARSS39084.2020.9323197.

4. S. Fornasaro, L. Ghezzi, N. Shukurov, M. Petrov, и R. Petrini, «Water quality and dissolved load in the Chirchik and Akhangaran river basins (Uzbekistan, Central Asia)», *Environ Monit Assess*, т. 196, вып. 9, с. 854, сен. 2024, doi: 10.1007/s10661-024-13014-1.

UDK: 528.8:712.25

GEOAXBOROT TEXNOLOGIYALARI VA GNSS ASOSIDA SHAHAR HUDUDLARI YASHILLIK DARAJASINING FAZOVIY TAHLILI VA MONITORINGI (“TIQXMMI” MTU HUDUDI MISOLIDA)

Jamshidbek Zarifov *– “TIQXMMI” MTU talabasi*
Sarvar Abduraxmonov *- “TIQXMMI” MTU, “Geodeziya va Geoinformatika” kafedrasi dotsenti (PhD)*

Annotatsiya. *Mazkur maqolada GNSS va GAT texnologiyalaridan foydalanib urban hududlar yashil infratuzilmasini monitoring qilish imkoniyatlari yoritilgan. Tadqiqot doirasida “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti hududidagi ko‘p yillik daraxtlar South G9 GNSS qurilmasi yordamida yuqori aniqlikda xatlov qilindi. Har bir daraxt uchun (2229 ta daraxt raqamlashtirildi) koordinatalari, turi, yoshi hamda daraxtlarga tegishli ma’lumotlar shakllantirilib, GATda qayta ishlanib, fazoviy ma’lumotlar bazasi shakllantirildi. Fazoviy ma’lumotlar asosida daraxtlar monitoringini tartibli yuritish maqsadida elektron platforma ishlab chiqish konsepsiyasi taklif etildi. Mazkur yondashuv daraxtlarning hudud bo‘yicha taqsimoti va zichligini samarali tahlil qilish orqali urban yashil hududlarni raqamli monitoring qilish imkoniyatlari oshishi isbotlandi. Bu esa hududlarda ekologik boshqaruvni takomillashtirish va hududiy rejalashtirish ishlarida dolzarb ahamiyat kasb etadi.*

Kalit so‘zlar: *GNSS, GAT, urban yashil hududlar, daraxtlar xatlovi, fazoviy ma’lumotlar bazasi, WGS 84, ArcGIS Pro, monitoring.*

Аннотация. *В данной статье освещены возможности мониторинга зелёной инфраструктуры урбанизированных территорий с использованием технологий GNSS и ГИС. В рамках исследования была проведена высокоточная инвентаризатsiя многолетних деревьев на территории Hatsiонального исследовательского университета «ТИИИМСХ» с применением GNSS-оборудования South G9. Для каждого дерева (всего было оцифровано 2229 деревьев) были сформированы данные о координатах, виде, возрасте и других характеристиках, после чего информатsiя была обработана в ГИС и создана пространственная база данных. На основе пространственных данных была предложена концепция разработки электронной платформы для систематизированного мониторинга деревьев. Доказано,*

что данный подход позволяет повысить эффективность цифрового мониторинга городских зелёных зон за счёт анализа пространственного распределения и плотности деревьев. Это, в свою очередь, имеет актуальное значение для совершенствования экологического управления и территориального планирования.

Ключевые слова: *GNSS, ГИС, городские зелёные территории, инвентаризатsiя деревьев, пространственная база данных, WGS 84, ArcGIS Pro, мониторинг.*

Abstract. *This article highlights the possibilities of monitoring urban green infrastructure using GNSS and GAT technologies. As part of the study, the long-standing trees on the grounds of TIQXMMI National Research University were surveyed with high accuracy using a South G9 GNSS device. For each tree (2,229 trees were digitized), its coordinates, species, age, and other related information were compiled, processed in GIS, and a spatial database was created. A concept for developing an electronic platform to systematically manage tree monitoring based on spatial data was proposed. This approach has demonstrated that digital monitoring of urban green spaces is enhanced by effectively analyzing the distribution and density of trees across the area. This, in turn, is of critical importance for improving ecological management in the regions and for regional planning efforts.*

Key words: *GNSS, GIS, urban green areas, tree inventory, spatial database, WGS 84, ArcGIS Pro, monitoring.*

Kirish. Urbanizatsiya jarayonlarining jadal rivojlanishi natijasida shahar hududlarida tabiiy landshaft komponentlari qisqarib, ekologik muvozanatning buzilishi, atmosfera ifloslanishining ortishi hamda mikroiqlim parametrlarining o‘zgarishi kabi muammolar keskinlashib bormoqda [1-2]. Shu nuqtai nazardan, urban yashil infratuzilma elementlarini, xususan ko‘p yillik daraxtlarni tizimli ravishda hisobga olish, ularning fazoviy joylashuvini aniqlash orqali monitoringini olib borish joylarda ekologik muhitni yaxshilaydi. Bunda zamonaviy geoinformatika va ekologik tadqiqotlar muhim ahamiyat kasb etadi [3].

Daraxtlar ekotizimning ajralmas qismi bo‘lib, ularning fazoviy taqsimotini ilmiy asosda o‘rganish va raqamli monitoringini yo‘lga qo‘yish barqaror urban rivojlanishning muhim shartlaridan biridir. An’anaviy inventarizatsiya usullari ko‘pincha vizual kuzatuv va subyektiv baholashga asoslanib, fazoviy aniqlik darajasi yetarli darajada yuqori emasligi bilan bir qatorda ma’lumotlarni tizimli qayta ishlash va ularni tahlil qilish imkonini bermaydi.

Uslub va manbalar. Tadqiqot tizimli geoinformatik yondashuv asosida amalga oshirilib, dala va kameral bosqichlarini o‘z ichiga oldi. Dala o‘lchovlari South G9 GNSS RTK qabul qilgichi yordamida bajarildi. RTK texnologiyasining qo‘llanilishi differensial tuzatishlar asosida o‘lchov aniqligini millimetr darajasigacha oshirish imkonini beradi [4]. Qurilmaning ko‘p tizimli (multi-GNSS) signal qabul qilish xususiyati esa urban muhitda signal yo‘qotilishi yoki interferensiya ta’sirini kamaytirib, o‘lchovlarning barqarorligini ta’minladi.

Tadqiqot davomida “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti hududida joylashgan 2229 ta ko‘p yillik daraxtning fazoviy koordinatalari

yuqori aniqlikda aniqlanib, ularning koordinatalari qayd etildi (1-jadval).

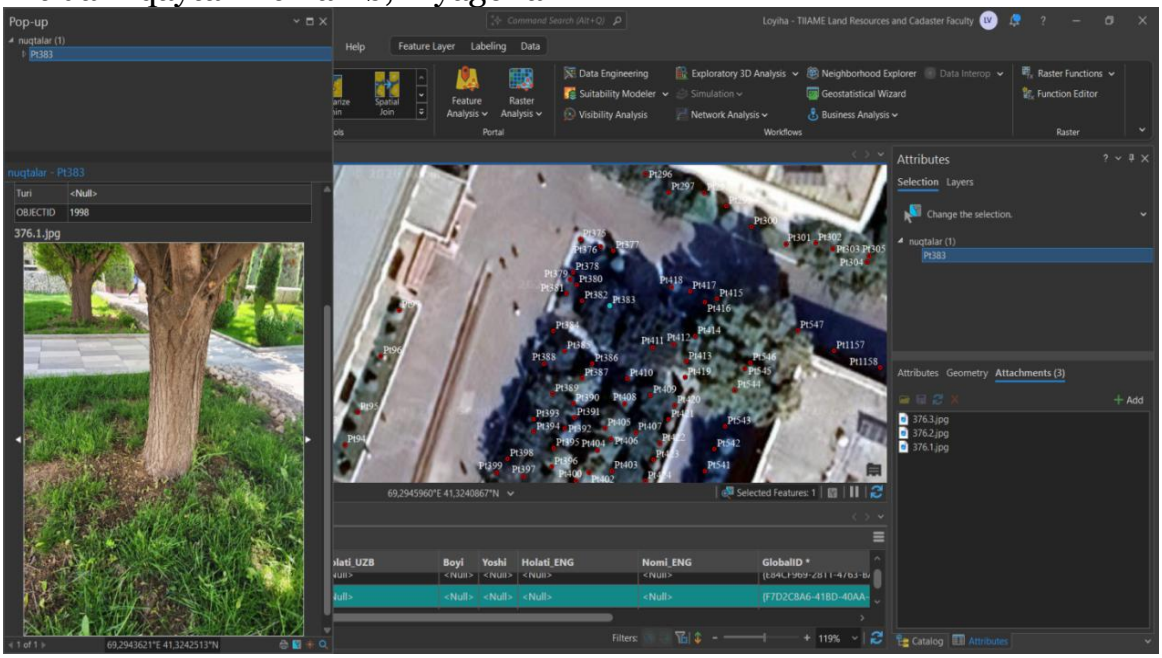
1-jadval

Daraxtlar fazoviy joylashuvining umumiy tavsifi

Ko‘rsatkich	Qiymat
Umumiy daraxtlar soni	2229 ta
Tadqiqot hududi	“TIQXMMI” MTU
Koordinata tizimi	WGS 84
O‘lchov usuli	GNSS RTK (South G9)
Ma’lumot turi	Nuqtaviy (Point)
Atributlar	turi, yoshi, balandligi, fotosurat

Har bir daraxt uchun atribut ma’lumotlar (botanik turi, yosh kategoriyasi, balandligi) hamda vizual ma’lumotlar (asos qismi, barg tuzilishi va umumiy ko‘rinishi) yig‘ildi. Ushbu ma’lumotlar GNSS qurilmasidan eksport qilinib, ArcGIS Pro dasturiy muhitida qayta ishlanib, yagona fazoviy ma’lumotlar bazasi shakllantirildi.

Fazoviy tahlilda daraxtlarning hudud bo‘yicha joylashuvi, funksional zonalarga taqsimoti va umumiy struktura xususiyatlari vizual tahlil asosida o‘rganildi.



1-rasm. ArcGIS Pro muhitida daraxt obyektining atribut ma’lumotlari va unga biriktirilgan vizual tasvirlar (attachments) ko‘rinishi

ArcGIS Pro dasturiy muhitida shakllantirilgan fazoviy ma’lumotlar bazasida har bir daraxt nuqtaviy obyekt sifatida ifodalanib, unga tegishli atribut va vizual ma’lumotlar biriktirildi. Har bir obyekt uchun identifikatsiya raqami (ID), koordinatalar hamda atribut maydonlari bilan bir qatorda uch

turdagi fotosuratlar (asos qismi, bargi va umumiy ko‘rinishi) attachments funksiyasi orqali integratsiyalandi. Ushbu yondashuv fazoviy va atribut ma’lumotlarning kompleks integratsiyasini ta’minlab, daraxtlarning holatini nafaqat sonli ko‘rsatkichlar, balki vizual tahlil asosida ham baholash imkonini beradi. Natijada yaratilgan geoma’lumotlar bazasi inventarizatsiya va monitoring jarayonlarining aniqligi hamda samaradorligini oshiradi. Shuningdek, mazkur tizimni web-GAT platformalariga integratsiyalash orqali real vaqt rejimida yangilanadigan masofaviy monitoring tizimini shakllantirish imkoniyati mavjud.

Natijalar

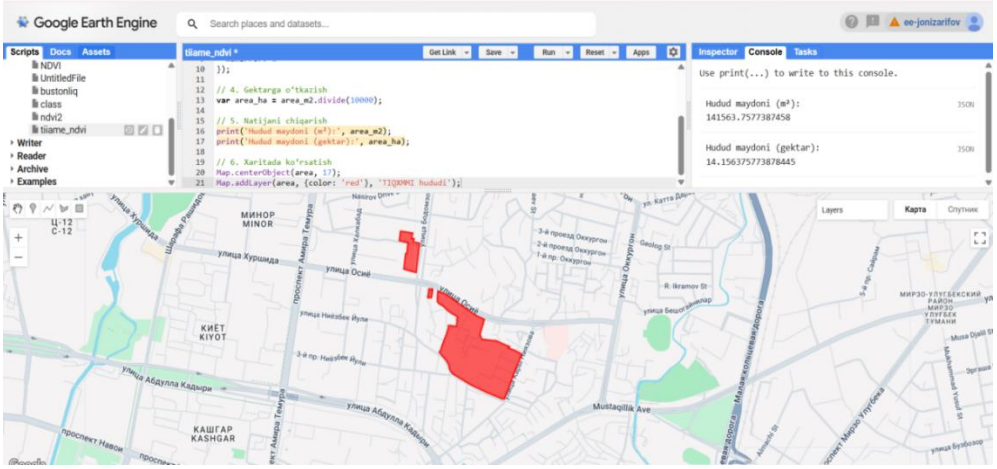
Natijalar. Tadqiqot natijasida universitet hududidagi 2229 ta daraxt uchun yuqori aniqlikdagi fazoviy ma’lumotlar bazasi yaratildi. GNSS asosida olingan koordinatalar daraxtlarning real joylashuvini yuqori aniqlikda aks ettirib, ularni geoinformatik tizimda to‘liq vizualizatsiya qilish imkonini berdi.

Fazoviy tahlil natijalari daraxtlarning hudud bo‘yicha notekis taqsimlanganini ko‘rsatdi. Kuzatuvlar shuni ko‘rsatdiki, daraxtlar asosan piyoda yo‘laklari, binolar atrofi va markaziy faol zonalarda to‘plangan bo‘lib, ayrim hududlarda ularning kamligi kuzatildi. Bu esa yashil infratuzilmaning hudud bo‘yicha teng taqsimlanmaganligini ko‘rsatadi. Shuningdek, daraxtlarning joylashuvi hududning funksional xususiyatlari bilan bog‘liqligi aniqlandi, ya’ni ko‘proq foydalaniladigan zonalarda yashil elementlar ko‘proq joylashgan. Bu holat urban landshaftni shakllantirishda antropogen omillarning muhim rol o‘ynashini ko‘rsatadi.

Google Earth Pro tasvirlari bilan taqqoslash natijasida GNSS asosida olingan ma’lumotlarning yuqori darajada mos kelishi kuzatildi, bu esa tadqiqot natijalarining ishonchliligi va aniqligini tasdiqlaydi.

Tadqiqot hududining umumiy maydoni Google Earth Engine (GEE) platformasida yuqori aniqlikda hisoblandi [6, 8].

Hisoblash natijalariga ko‘ra, “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti hududining umumiy maydoni 141 563.76 m² ni tashkil etib, bu 14.16 gektarga teng ekanligi aniqlandi. Maydonni aniqlashda fazoviy obyekt geometriyasi asosida hisoblash algoritmlaridan foydalanildi, bu esa natijaning yuqori aniqligini ta’minladi.



2-rasm. Tadqiqot hududining Google Earth Engine platformasida hisoblangan umumiy maydoni

Olingan natijalar keyingi fazoviy tahlillar, xususan daraxtlarning hudud bo‘yicha taqsimotini baholash hamda yashil infratuzilmaning holatini aniqlash uchun asos bo‘lib xizmat qildi. Mazkur maydon ko‘rsatkichi daraxtlarning fazoviy joylashuvi va ularning hudud bo‘yicha taqsimot qonuniyatlarini aniqlashda asosiy parametr sifatida qo‘llanildi hamda urban yashil infratuzilmaning rivojlanish darajasini baholash imkonini berdi.



3-rasm. Tadqiqot hududining asosiy ko‘rsatkichlari

Hisob-kitoblarga ko‘ra, tadqiqot hududida o‘rtacha daraxt zichligi 157 ta/ga ni tashkil etdi, bu esa yashil infratuzilmaning nisbatan yuqori darajada shakllanganligini ko‘rsatadi.

Daraxtlarning fazoviy taqsimotini chuqur tahlil qilish maqsadida Kernel Density (yadro zichlik) modeli asosida hosil qilingan raster qatlam bino konturlari bilan integratsiya qilinib, kompleks fazoviy tahlil amalga oshirildi (5-rasm). Ushbu yondashuv urban hududlarda yashil infratuzilmaning joylashuv xususiyatlarini aniqlash va qurilish obyektlari bilan o‘zaro munosabatini baholash imkonini beradi.



4-rasm. Daraxtlarning Kernel Density asosida aniqlangan zichlik zonalari va bino qatlamlari bilan fazoviy overlay tahlili

Tahlil natijalari daraxtlarning fazoviy kontsentratsiyasi hudud bo‘yicha notekis taqsimlanganligini ko‘rsatdi. Eng yuqori zichlik zonalari asosan o‘quv binolari, laboratoriya hududlari hamda ijtimoiy infratuzilma obyektlari atrofida shakllangan. Bu holat mazkur hududlarda mikroiqlimni yaxshilash, soyali hududlar yaratish va estetik muhitni shakllantirish maqsadida ko‘proq ko‘kalamzorlashtirish ishlari amalga oshirilganligini anglatadi. Aksincha, ayrim binolar joylashgan hududlarda daraxt zichligining past darajada ekani kuzatildi. Bu esa qurilish zichligi yuqori bo‘lgan zonalarda yashil infratuzilmaning yetarli darajada rivojlanmaganligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, yo‘l bo‘ylari va ochiq hududlarda daraxtlarning chiziqli va tarqoq tarzda joylashuvi aniqlanib, bu urban landshaftning funksional tashkil etilishi bilan bog‘liqligi kuzatildi.

Bino kesimida olib borilgan tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, rekreatsion va ijtimoiy ahamiyatga ega hududlar (sport zallari, o‘quv binolari va ochiq maydonlar) atrofida daraxtlar zichligi nisbatan yuqori bo‘lib, bu hududlarning ekologik jihatdan muhim zonalar sifatida shakllanganligini tasdiqlaydi.

Kernel Density modeli orqali olingan natijalar daraxtlarning fazoviy kontsentratsiya zonalarini aniqlash, yashil hududlarni optimallashtirish hamda urban ekologik muhitni yaxshilash bo‘yicha ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilishda muhim omil sifatida namoyon bo‘ladi [4, 9].

Muhokama. Olingan natijalar GNSS va GAT texnologiyalarining urban yashil hududlarni o‘rganish va monitoring qilishda yuqori samaradorlikka ega ekanini ko‘rsatadi [7]. RTK texnologiyasi asosida olingan aniqlik darajasi dala ma’lumotlarining ishonchliligini ta’minlab, fazoviy tahlil natijalarini ilmiy jihatdan asoslash imkonini beradi.

Fazoviy taqsimotning notekisligi urban hududlarda yashil infratuzilmani rejalashtirish jarayonida tizimli yondashuv yetishmasligini ko‘rsatadi. Bu esa kelgusida yashil hududlarni optimallashtirish va ekologik barqarorlikni ta’minlash uchun fazoviy tahlilga asoslangan boshqaruv tizimlarini joriy etish zarurligini bildiradi.

Geoinformatika tizimlari asosida yaratilgan fazoviy ma’lumotlar bazasi ekologik monitoring, hududiy rejalashtirish va yashil hududlarni boshqarishda muhim axborot manbai sifatida xizmat qiladi [5]. Ushbu yondashuv orqali urban hududlarda ekologik muammolarni aniqlash, yashil hududlarni rivojlantirish va barqaror muhitni shakllantirish mumkin.

Xulosa. Mazkur tadqiqot GNSS va geoinformatika texnologiyalarining urban yashil infratuzilmani fazoviy tahlil qilish va monitoring qilishda yuqori aniqlik va samaradorlikka ega ekanini ilmiy asoslab berdi. South G9 GNSS RTK qurilmasi yordamida yig‘ilgan aniqligi yuqori koordinata ma’lumotlari va ArcGIS Pro muhitida bajarilgan kameral ishlov natijasida daraxtlar bo‘yicha kompleks fazoviy ma’lumotlar bazasi shakllantirildi. Google Earth Engine platformasida hudud maydoni aniqlanib, ushbu ko‘rsatkich asosida daraxtlarning zichligi va fazoviy taqsimoti baholandi. Kernel Density va overlay tahlillari natijasida daraxtlarning kontsentratsiya zonalari hamda ularning qurilish obyektlari va funksional hududlar bilan bog‘liqligi aniqlandi.

Yaratilgan fazoviy ma’lumotlar bazasi daraxtlarning joylashuvi, atribut

va vizual xususiyatlarini integratsiyalash orqali monitoring va ekologik baholash jarayonlarini samarali tashkil etish imkonini beradi hamda boshqaruv qarorlarini qabul qilishda muhim vosita hisoblanadi.

Kelgusida tizimni web-GAT va sun'iy intellekt texnologiyalari bilan integratsiyalash orqali real vaqt rejimidagi monitoring va yashillik darajasini prognozlash imkoniyatlarini kengaytirish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

6. Aslanov I.A. Applying remote sensing techniques to monitor green areas in Tashkent, Uzbekistan // International Journal of Remote Sensing. – 2020.

7. Tursunov Sh.R. O‘zbekistonda urban hududlarning ekologik holatini baholashda GIS texnologiyalaridan foydalanish // Geografiya va tabiiy resurslar. – 2019.

8. I. Aslanov, S. Khasanov, Y. Khudaybergenov, M. Groll, Ch. Opp, F. Li, E. R. DelValle, E3S Web Conf., 227, 02005 (2021).

9. Kanevskiy M., Pozdnoukhov A., Timonin V. Machine Learning Algorithms for Geospatial Data. – Springer, 2009.

10. Zhu D., Liu Y., Wu L. Towards the Intelligent Era of Spatial Analysis and Modeling // 2022.

11. Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment, 202, 18–27 (2017).

12. O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish davlat qo‘mitasi. Shahar yashil hududlarini monitoring qilish bo‘yicha metodik qo‘llanma. – Toshkent, 2021.

13. Mutanga O., Kumar L. Google Earth Engine applications for remote sensing in environmental monitoring: A review. Remote Sensing, 11(5), 591 (2019).

14. Lei X. et al. GIS-based artificial intelligence approaches for landslide susceptibility // ISPRS, 2020.

UDK: 627.8:624.04:528.8

QISHLOQ XO‘JALIGI HUDUDLARIDAGI GIDROTEXNIK INSHOOTLARNING DEFORMATSIYA HOLATINI ZAMONAVIY GEODEZIK MONITORING VA GIS TEXNOLOGIYALARI YORDAMIDA BAHOLASH.

Jumanov Azamat Norbutaevich *- “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti, texnika fanlari falsafa doktori, PhD dotsent*,

Kozimov Izzatillo Baxtiyorjon o‘g‘li *- “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti, talaba*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada qishloq xo‘jaligi hududlarida joylashgan gidrotexnik inshootlarning (GTI) xavfsiz ekspluatatsiyasini ta’minlashda ularning deformatsiya holatini tizimli monitoring qilish masalalari tadqiq etilgan. Tadqiqot doirasida an’anaviy geodezik o‘lchash usullarining kamchiliklari tahlil qilinib, yuqori aniqlikdagi sun’iy yo‘ldosh texnologiyalari (GNSS) va Geografik axborot tizimlari (GIS) integratsiyasi asosida monitoring o‘tkazish metodologiyasi taklif etilgan. Inshootlarning fazoviy holatidagi o‘zgarishlarni (cho'kish, siljish va og'ish) erta aniqlash hamda olingan ma’lumotlarni raqamli xaritalash orqali vizuallashtirish algoritmlari ko‘rib chiqilgan. Natijalar suv xo‘jaligi ob’ektlarini monitoring qilishda va*

avariyaviy holatlarning oldini olishda ushbu kompleks yondashuvning iqtisodiy va texnik samaradorligini koʻrsatadi.

Kalit soʻzlar: *Gidrotexnik inshootlar (GTI), deformatsiya monitoringi, GNSS texnologiyalari, Geografik axborot tizimlari (GIS), raqamli monitoring, choʻkishni aniqlash, fazoviy maʼlumotlar, inshoot xavfsizligi, suv xoʻjaligi obʼektlari.*

Kirish. Bugungi kunda global iqlim oʻzgarishi va suv resurslarining cheklanganligi sharoitida qishloq xoʻjaligi hududlaridagi gidrotexnik inshootlarning (GTI) barqaror ishlashi oziq-ovqat xavfsizligini taʼminlashning strategik asosi hisoblanadi. Oʻzbekiston kabi agrar salohiyati yuqori boʻlgan mamlakatlarda irrigatsiya va melioratsiya tarmoqlari, toʻgʻonlar hamda suv taqsimlash inshootlarining texnik holati yerlarning unumdorligiga bevosita taʼsir koʻrsatadi **[1]**. Biroq, ushbu inshootlar uzoq muddatli ekspluatatsiya, gidrologik yuklamalar va murakkab muhandislik-geologik jarayonlar natijasida turli darajadagi deformatsiyalarga uchraydi **[7]**.

Gidrotexnik inshootlarda sodir boʻladigan vertikal va gorizontal siljishlarni erta aniqlash nafaqat iqtisodiy isrofning oldini oladi, balki yuzaga kelishi mumkin boʻlgan texnogen xavflarni minimallashtiradi **[11].** Anʼanaviy geodezik nazorat usullari (optik nivelirlash, teodolit sʼyomkalari) koʻp vaqt va mehnat talab qilishi, shuningdek, real vaqt rejimidagi oʻzgarishlarni toʻliq qamrab ololmasligi sababli, sohaga yuqori aniqlikdagi raqamli texnologiyalarni joriy etish dolzarb vazifaga aylandi.

Hozirgi vaqtda Global Navigatsiya Sunʼiy Yoʻldosh Tizimlari (GNSS) va Geografik Axborot Tizimlari (GIS) integratsiyasi inshootlar monitoringini yangi bosqichga olib chiqmoqda **[9]**. GIS texnologiyalari inshootlarning holati haqidagi katta hajmdagi fazoviy maʼlumotlarni yagona raqamli bazaga jamlash, ularni vizuallashtirish va kelajakdagi deformatsiya tendentsiyalarini modellashtirish imkonini beradi **[10]**. Ushbu tadqiqotning maqsadi – qishloq xoʻjaligi hududlaridagi GTI deformatsiyasini nazorat qilishda zamonaviy geodezik asboblar va dasturiy komplekslarning samaradorligini tahlil qilish hamda monitoring jarayonini avtomatlashtirish boʻyicha ilmiy-amaliy takliflar ishlab chiqishdan iborat.

Metodologiya. Tadqiqotning metodologik asosi sifatida qishloq xoʻjaligi hududlaridagi gidrotexnik inshootlarning (GTI) fazoviy holatini kompleks baholash uchun geodezik monitoring va geoinformatsion tahlil usullari tanlab olindi **[12]**. Tadqiqot jarayoni quyidagi ketma-ket bosqichlarni qamrab oladi :

1.Geodezik tayanch tarmogʻini yaratish va GNSS oʻlchovlari:

Inshoot deformatsiyasini aniqlash uchun obʼekt atrofida turgʻun va deformatsiyaga uchramaydigan tayanch punktlari (reperlar) tarmogʻi oʻrnatiladi **[3]**. Maʼlumotlarni yigʻishda yuqori aniqlikdagi differensial GNSS (Global Navigation Satellite System) texnologiyasidan foydalaniladi **[4]**. Oʻlchovlar statik usulda amalga oshirilib, har bir nuqtadagi koordinatalar (X, Y, H) millimetr aniqligida aniqlanadi. Bu bosqichda inshootning vertikal choʻkishi va gorizontal siljishi vaqt oraligʻidagi (intervalli) monitoring tsikllari orqali tahlil qilinadi **[9]**.

Gidrotexnik inshoot atrofida geodezik tayanch punktlarini toʻgʻri joylashtirish va monitoring jarayonini tashkil etish sxemasi quyidagi **1-rasmda** oʻz aksini topgan:



1-rasm. Gidrotexnik inshoot atrofida geodezik tayanch va ishchi punktlarining joylashuv sxemasi

2.GIS muhitida ma'lumotlar bazasini shakllantirish:

Dala sharoitida olingan geodezik ko'rsatkichlar ArcGIS yoki QGIS dasturiy ta'minotlari muhitiga integratsiya qilinadi **[10]**. Bunda har bir gidrotexnik inshoot uchun alohida

atributiv ma'lumotlar bazasi yaratiladi. Baza quyidagi qatlamlardan iborat bo'ladi:

- Inshootning raqamli modeli (Digital Twin);
- Geodezik punktlar va o'lchov nuqtalari;
- Vaqt o'tishi bilan sodir bo'lgan o'zgarishlar vektori.

3.Deformatsiyani matematik modellashtirish va tahlil qilish:

Monitoring natijalari asosida inshootning deformatsiya darajasi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$S = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 + (H_2 - H_1)^2} \qquad (1)$$

Bu yerda S – umumiy fazoviy siljish vektori. Olingan natijalar inshootning loyihaviy bardoshlik ko'rsatkichlari bilan solishtiriladi **[8]**.

4.Vizualizatsiya va prognozlash:

GIS texnologiyalari yordamida deformatsiya jarayonlarining tematik xaritalari va 3D modellarini yaratish orqali inshootning kelajakdagi holati prognoz qilinadi [5]. Bu usul inshootning qaysi qismida kuchlanish yuqori ekanligini vizual tarzda aniqlash va profilaktik choralarni belgilash imkonini beradi.

ASOSIY QISM: AMALIY YECHIMLAR VA MONITORING TIZIMI

Gidrotexnik inshootlarning (GTI) deformatsiya holatini baholashda amaliy yechimlar ma'lumotlarni yig'ishning avtomatlashtirilgan tizimini yaratish va ularni GIS muhitida tahlil qilishga tayanadi **[4]**. Ushbu jarayonni takomillashtirish uchun quyidagi amaliy model taklif etiladi:

1.GNSS asosidagi monitoring tarmog'ini optimallashtirish

Inshootdagi deformatsiyalarni millimetr aniqligida kuzatish uchun tayanch va ishchi geodezik punktlar tizimi shakllantiriladi **[3]**. Amaliy yechim sifatida inshootning konstruktiv xususiyatlaridan kelib chiqib, "statik relef" nuqtalari tanlanadi.

- **Amaliy yondashuv:** GNSS qabul qiluvchilari yordamida olingan ma'lumotlar RTK (Real Time Kinematic) rejimida emas,

balki keyingi ishlov berish (Post-processing) usulida tahlil qilinadi **[8]**. Bu usul gidrotexnik inshootlarning oylik va yillik cho‘kish ko‘rsatkichlarini yuqori aniqlikda solishtirish imkonini beradi.

2.GIS platformasida "Inshoot xavfsizligi" raqamli modulini yaratish

Monitoring natijalarini boshqarish uchun ArcGIS yoki QGIS dasturlari negizida maxsus monitoring moduli ishlab chiqiladi **[10]**. Ushbu modul quyidagi amaliy vazifalarni bajaradi:

- **Fazoviy ma’lumotlar integratsiyasi:** Har bir geodezik punktning koordinatalari vaqtlar kesimida (t1, t2, t3...) bazaga kiritiladi.
- **Gidrologik yuklama tahlili:** Inshootga tushayotgan suv bosimi va yer osti suvlari sathi bilan deformatsiya o‘rtasidagi korrelyatsiya bog‘liqligi o‘rganiladi **[7]**.
- **Avtomatik xabarnoma:** Agar inshootning siljish ko‘rsatkichi belgilangan kritik qiymatdan (S_{max}) oshsa, tizim avtomatik ravishda xavf haqida signal beradi **[2]**.

3.Monitoring tizimining texnik chizmasi va algoritmi

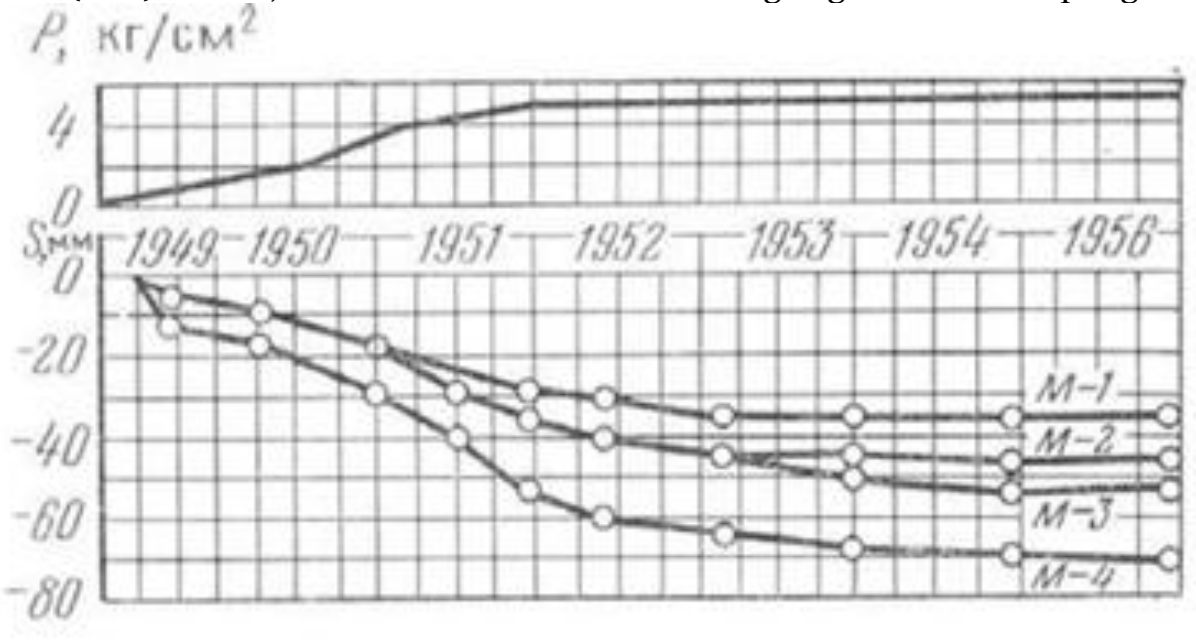
Tizimning ishlash algoritmi quyidagi zanjirni tashkil etadi:

Ob’ekt (GTI) -> GNSS sensorlari -> Ma’lumotlarni uzatish (Cloud/IoT) -> GIS tahlili -> Ekspert xulosasi [4].

4.Olingan natijalarning ilmiy-amaliy tahlili

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, qishloq xo‘jaligi hududlaridagi kanallar va kichik to‘g‘onlarda deformatsiyaning asosiy sababi tuproqning namlanishi va filtratsiya jarayonlaridir **[6]**. GIS yordamida yaratilgan "Deformatsiya xaritasi" (Heatmap) inshootning eng zaif nuqtalarini vizual ko‘rsatib beradi. Bu esa ekspluatatsiya xarajatlarini 20-25% gacha qisqartirish va ta’mirlash ishlarini manzilli amalga oshirish imkonini yaratadi **[11]**.

Inshoot deformatsiyasining uzoq yillik ekspluatatsiya davomidagi o‘zgarish dinamikasi va barqarorlashuv jarayoni quyidagi **2-rasmda** keltirilgan grafikda tahlil qilingan:



2-rasm. Inshoot deformatsiyasining vaqt davomidagi o‘zgarish grafigi.

Xulosa. Tadqiqot doirasida qishloq xo‘jaligi gidrotexnik inshootlarining (GTI) deformatsiya holatini zamonaviy geodezik asboblar va GIS texnologiyalari yordamida monitoring qilish metodikasi tahlil qilindi. Olingan natijalar asosida quyidagi xulosalar shakllantirildi:

1.Metodologik samaradorlik:

An’anaviy monitoring usullaridan yuqori aniqlikdagi GNSS texnologiyalariga o‘tish, inshootlardagi mikrodeformatsiyalarni (millimetr aniqligida) erta bosqichda aniqlash imkonini beradi. Bu esa yirik avariyaviy holatlarning oldini olishda asosiy omil hisoblanadi.

2.GIS integratsiyasi:

Geografik axborot tizimlarining qo‘llanilishi monitoring ma’lumotlarini shunchaki saqlash emas, balki ularni fazoviy tahlil qilish va vizuallashtirish imkonini berdi. Yaralgan raqamli modellar inshootning ekspluatatsiya davridagi o‘zgarishlar dinamikasini aniq bashorat qilishga xizmat qiladi.

3.Iqtisodiy va texnik natija:

Taklif etilayotgan raqamli monitoring tizimini joriy etish orqali inshootlarni texnik ko‘rikdan o‘tkazish vaqtini 30% gacha qisqartirish va monitoring jarayonini avtomatlashtirish hisobiga inson omili ta’sirini minimallashtirish mumkin.

Amaliy takliflar:

Suv xo‘jaligi ob’ektlarida GNSS va IoT sensorlaridan iborat **doimiy faoliyat ko‘rsatuvchi monitoring punktlarini** tashkil etish;

Monitoring natijalarini yagona **milliy GIS platformasiga** integratsiya qilish orqali inshootlar xavfsizligi bo‘yicha "elektron pasport" tizimini takomillashtirish;

Sohaga ixtisoslashgan mutaxassislarning zamonaviy geoinformatsion dasturlar (ArcGIS, QGIS, Civil 3D) bo‘yicha malakasini tizimli oshirib borish.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasining Qonuni. "Suv va suvdan foydalanish to‘g‘risida"gi Qonun (O‘RQ-637-son, 2020-yil 23-iyul).
2. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining Qarori. "Gidrotexnik inshootlarning xavfsizligini ta’minlash to‘g‘risida"gi 84-sonli qarori (2019-yil 1-fevral).
3. Aralov M.M., Qilichev Z.M. Yirik gidrotexnik inshootlar deformatsiyasini kuzatish // Me'morchilik va qurilish muammolari (ilmiy-texnik jurnal). – Samarqand, 2021. – №4 (2-qism). – 76-79-b.
4. Mirzayev J.O. Gidrotexnika inshootlarining deformatsiyasini geodezik usullar yordamida monitoring qilish va baholash // International Scientific Conference on Global Research Perspectives. – 2026. – 93-100-b.
5. Ibraimova U.A. Qishloq xo'jaligi yerlarini monitoring qilish qo'llanmasini GIS texnologiyalari asosida takomillashtirish // Ilmiy-amaliy tadqiqotlar jurnali. – 2025.
6. Zabidullaeva R.K., Daniyarov R.Sh. Qishloq xo‘jalik yerlarini monitoring qilish uslubiyati // Environmental Protection and Scientific Foundations of the "Green" Economy. – 2025. – 775-779-b.
7. Abdurahmonov A.A., G‘ulomov M.J. Gidrotexnik inshootlarning xavfsizligi va ekspluatatsiyasi. – Toshkent: TIIAME, 2023. – 280 b.
8. Qurbonov S.A. Muhandislik geodeziyasi. – Toshkent: "Fan va texnologiya", 2022. – 340 b.
9. Karimov B.I. Gidrotexnik inshootlarni geodezik nazorat qilishning zamonaviy yondashuvlari // O‘zbekiston suv xo‘jaligi jurnali. – 2024. – №2. – 45-50 b.
10. Yusupov X.T. Geografik axborot tizimlari (GIS) va ularni suv xo‘jaligida

qo‘llash asoslari. – Toshkent: "Iqtisod-Moliya", 2021. – 190 b.
11. Xamrayev Sh.R. (va boshq.) Suv xo‘jaligi ob’ektlarini ekspluatatsiya qilish. – Toshkent: TIIAME, 2021.
12. Jo‘rayev R.X. Ilmiy-tadqiqot ishlarini tashkil etish va metodologiyasi. – Toshkent: TIIAME, 2023.

UDK: 528.46:004:351.853

MADANIY MEROS OBYEKTLARI VERTUAL TURINI SHAKLLANTIRISHNING ILMIY-USLUBIY ASOSLARI

Sh.Y.Sattorov *- Buxoro davlat texnika universiteti “Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari” kafedrasi dotsenti, t.f.f.d., (PhD).*
M.Y.Bekmurodova *- Buxoro davlat texnika universiteti “Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari” kafedrasi tayanch doktoronti.*
M.B.Ro’ziyeva *- Buxoro davlat texnika universiteti magistranti.*
F.F.Jo‘raqulov *- Buxoro davlat texnika universiteti talabasi.*
shsattorov1993@mail.ru

Annotatsiya: *Madaniy meros obyektlari virtual turini shakllantirishning ilmiy-uslubiy asoslari tahlil qilingan. Tadqiqotda tarixiy va madaniy obyektlarni raqamli muhitda aks ettirish, ularning virtual modellarini yaratish hamda interaktiv platformalarda namoyish etish masalalari yoritilgan. Shuningdek, virtual tur yaratishda geoaxborot tizimlari (GIS), 3D modellashtirish, fotogrammetriya, masofadan zondlash va multimedia texnologiyalaridan foydalanishning ahamiyati ochib berilgan. Maqolada virtual tur orqali madaniy meros obyektlarini keng jamoatchilikka tanishtirish, turizm salohiyatini oshirish hamda obyektlarni saqlash va ilmiy tadqiq etish imkoniyatlarini kengaytirish masalalari ko‘rib chiqilgan. Bundan tashqari, virtual turlarni yaratishning bosqichlari, ma’lumotlarni yig‘ish va qayta ishlash usullari hamda zamonaviy dasturiy vositalardan foydalanishning ilmiy-uslubiy jihatlari asoslab berilgan.*

Kalit so‘zlar: madaniy meros obyektlari, virtual tur, 3D modellashtirish, geoaxborot tizimi, GIS texnologiyalari, fotogrammetriya, masofadan zondlash, multimedia texnologiyalari, raqamlashtirish, interaktiv xarita, virtual rekonstruksiya, turizm, elektron model, fazoviy ma’lumotlar.

Kirish. Bugungi kunda axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi tarixiy va madaniy meros obyektlarini raqamlashtirish hamda ularni keng jamoatchilikka zamonaviy usullarda taqdim etish imkoniyatlarini kengaytirmoqda. Dunyo miqyosida madaniy meros obyektlarini virtual muhitda aks ettirish, ularning elektron modellarini yaratish va virtual turlar tashkil etish dolzarb ilmiy-amaliy yo‘nalishlardan biriga aylangan. Ayniqsa, tarixiy obidalar va me’moriy yodgorliklarning virtual ko‘rinishini shakllantirish ularni saqlash, ilmiy tadqiq etish va turizm sohasini rivojlantirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Madaniy meros obyektlari virtual turi tarixiy va madaniy obyektlarni raqamli texnologiyalar asosida uch o‘lchamli hamda interaktiv shaklda namoyish etishga xizmat qiladi. Virtual tur yordamida foydalanuvchilar obyektlarni masofadan turib ko‘rish, ularning ichki va tashqi ko‘rinishini o‘rganish hamda tarixiy ma’lumotlar bilan tanishish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Bu esa madaniy meros obyektlarini

ommalashtirish, yosh avlodning tarixiy qadriyatlarga bo‘lgan qiziqishini oshirish va turizm salohiyatini rivojlantirishga xizmat qiladi.

Virtual turlarni yaratishda geoaxborot tizimlari (GIS), 3D modellashtirish, fotogrammetriya, lazerli skanerlash, masofadan zondlash va multimedia texnologiyalaridan keng foydalaniladi. Ushbu texnologiyalar yordamida obyektlarning fazoviy o‘lchamlari, me’moriy elementlari va tarixiy xususiyatlari yuqori aniqlikda raqamlashtiriladi. Natijada madaniy meros obyektlarining real ko‘rinishga yaqin virtual modeli yaratiladi.

Shuningdek, virtual turlar madaniy meros obyektlarini saqlash va monitoring qilishda ham muhim vosita hisoblanadi. Raqamli modellar yordamida obyektlarning texnik holatini kuzatish, vaqt davomida yuz berayotgan o‘zgarishlarni tahlil qilish hamda restavratsiya ishlarini ilmiy asosda rejalashtirish imkoniyati yaratiladi. Ayniqsa, tabiiy ofatlar yoki antropogen omillar ta’sirida zarar ko‘rishi mumkin bo‘lgan obyektlarni virtual shaklda saqlash kelajak avlodlar uchun muhim tarixiy manba bo‘lib xizmat qiladi.

Mazkur maqolaning мақсади madaniy meros obyektlari virtual turini shakllantirishning ilmiy-uslubiy asoslarini tahlil qilish, zamonaviy raqamli texnologiyalarning imkoniyatlarini yoritish hamda virtual turlar yaratishning samarali usullarini ishlab chiqishdan iborat.

Material va metodlar: Mazkur tadqiqotda madaniy meros obyektlari virtual turini shakllantirishning ilmiy-uslubiy asoslarini ishlab chiqish maqsadida turli xil fazoviy, grafik va tarixiy ma’lumotlardan foydalanildi. Tadqiqot materiallari sifatida madaniy meros obyektlariga oid arxiv hujjatlari, topografik xaritalar, foto materiallar, aerokosmik suratlar, sun’iy yo‘ldosh tasvirlari hamda dala kuzatuvlari natijalari qo‘llanildi. Shuningdek, tarixiy-me’moriy obyektlarning geometrik o‘lchamlari, texnik holati va me’moriy elementlari haqidagi ma’lumotlar yig‘ildi.

Tadqiqotning asosiy metodlaridan biri fotogrammetriya usuli hisoblanadi. Ushbu metod yordamida obyektlarning yuqori aniqlikdagi suratlari olinib, ular asosida uch o‘lchamli modellar yaratildi. Fotogrammetrik ishlov berish jarayonida obyektlarning geometrik parametrlari aniqlashtirildi va real ko‘rinishga yaqin virtual model hosil qilindi.

Geoaxborot tizimlari (GIS) tadqiqotning muhim metodologik vositasi sifatida qo‘llanildi. GIS texnologiyalari yordamida madaniy meros obyektlarining fazoviy ma’lumotlari qayta ishlanib, elektron xaritalar yaratildi. Fazoviy tahlil usullari orqali obyektlarning hududiy joylashuvi, muhofaza zonalari va atrof-muhit bilan bog‘liq xususiyatlari o‘rganildi. ArcGIS va QGIS dasturlari yordamida geoaxborot ma’lumotlari integratsiyalashdi hamda virtual tur uchun asosiy fazoviy baza shakllantirildi.

Tadqiqot davomida 3D modellashtirish metodlaridan ham keng foydalanildi. Blender, SketchUp, AutoCAD va 3ds Max kabi dasturiy vositalar yordamida madaniy meros obyektlarining uch o‘lchamli virtual modellari yaratildi. Modellashtirish jarayonida obyektlarning me’moriy elementlari, bezaklari va tarixiy ko‘rinishi maksimal darajada real aks ettirildi.

Masofadan zondlash texnologiyalari yordamida tadqiqot obyektlarining hududiy holati va tashqi muhit omillari tahlil qilindi. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va dron orqali

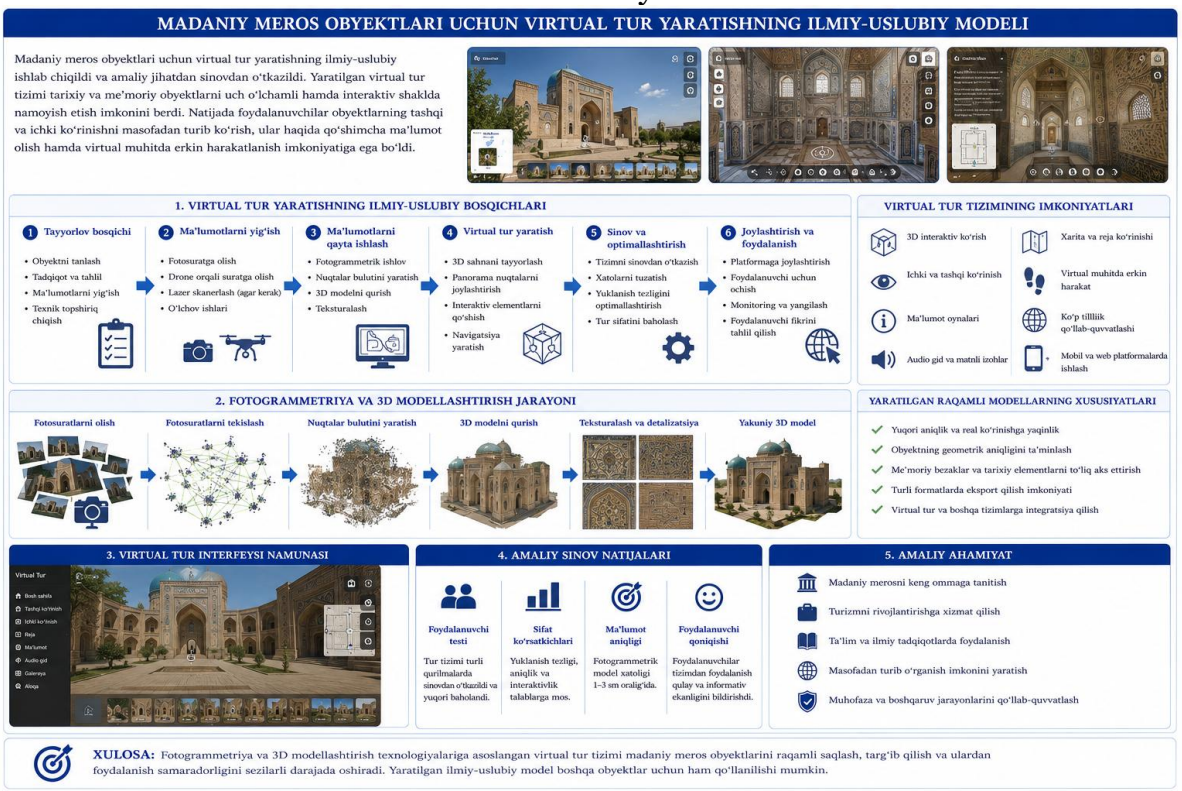
olingan aerofotosuratlar asosida obyektlarning umumiy joylashuvi, landshaft xususiyatlari hamda infratuzilma elementlari o‘rganildi. Bu ma’lumotlar virtual tur yaratishda muhim manba bo‘lib xizmat qildi.

Shuningdek, dala tadqiqotlari va geodezik o‘lchov ishlari amalga oshirildi. GPS va GNSS qurilmalari yordamida obyektlarning aniq koordinatalari belgilandi, lazerli o‘lchov vositalari orqali obyektlarning geometrik parametrlari aniqlashtirildi. Olingan natijalar virtual modelning aniqligini oshirishda foydalanildi.

Tadqiqotning ilmiy-uslubiy asosini tizimli tahlil, fazoviy modellashtirish, vizualizatsiya va multimedia integratsiyasi usullari tashkil etdi. Ushbu metodlar yordamida madaniy meros obyektlari uchun interaktiv va real ko‘rinishga yaqin virtual tur modeli ishlab chiqildi.

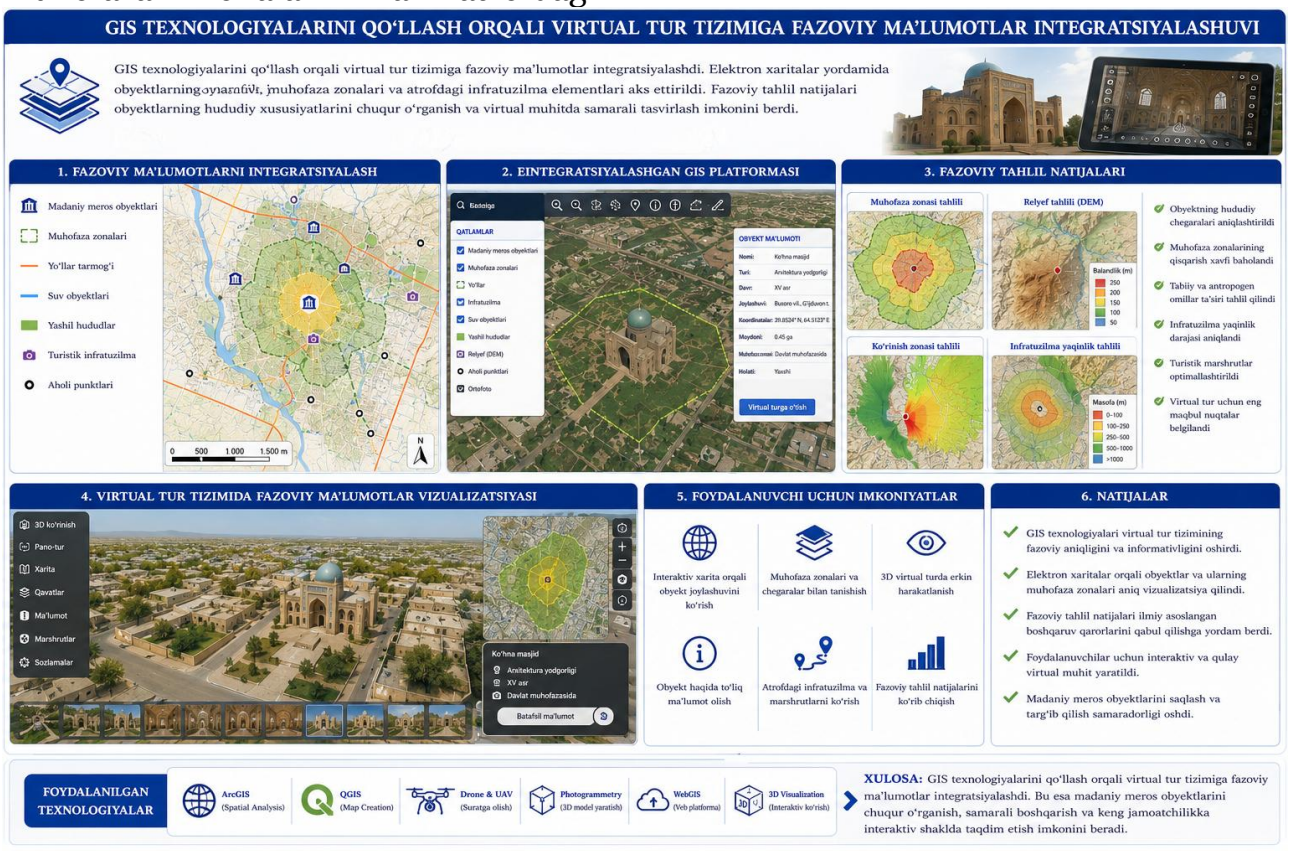
Natijalar va ularning tahlili: Tadqiqot natijasida madaniy meros obyektlari uchun virtual tur yaratishning ilmiy-uslubiy modeli ishlab chiqildi va amaliy jihatdan sinovdan o‘tkazildi. Yaratilgan virtual tur tizimi tarixiy va me’moriy obyektlarni uch o‘lchamli hamda interaktiv shaklda namoyish etish imkonini berdi. Natijada foydalanuvchilar obyektlarning tashqi va ichki ko‘rinishini masofadan turib ko‘rish, ular haqida qo‘shimcha ma’lumot olish hamda virtual muhitda erkin harakatlanish imkoniyatiga ega bo‘ldi.

Fotogrammetriya va 3D modellashtirish texnologiyalaridan foydalanish natijasida madaniy meros obyektlarining yuqori aniqlikdagi raqamli modellari yaratildi. Obyektlarning geometrik parametrlari, me’moriy bezaklari va tarixiy elementlari real ko‘rinishga maksimal darajada yaqin holda aks ettirildi. Bu esa virtual tur sifatini oshirib, foydalanuvchilarda obyekt haqida to‘liq tasavvur hosil qilish imkonini yaratdi.



1-rasm. Madaniy meros obyektlari uchun virtual tur yaratishning ilmiy-uslubiy modeli

GIS texnologiyalarini qo‘llash orqali virtual tur tizimiga fazoviy ma’lumotlar integratsiyalashdi. Elektron xaritalar yordamida obyektlarning geografik joylashuvi, muhofaza zonalari va atrofdagi infratuzilma elementlari aks ettirildi. Fazoviy tahlil natijalari obyektlarning hududiy xususiyatlarini chuqur o‘rganish va virtual muhitda samarali tasvirlash imkonini berdi.



2-rasm. GIS texnologiyalarini qo‘llash orqali virtual tur tizimiga fazoviy ma’lumotlar integratsiyalash tartibi

Masofadan zondlash texnologiyalari yordamida olingan sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va dron suratlari virtual modellarni yanada aniqlashtirishga xizmat qildi. Tadqiqot davomida ayrim obyektlarning tashqi muhit ta’sirida yemirilish holatlari va hududiy o‘zgarishlari aniqlanib, ular virtual modelda aks ettirildi. Bu esa virtual turlar nafaqat turistik, balki monitoring va ilmiy tadqiqot vositasi sifatida ham muhim ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi.

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, virtual tur texnologiyalari madaniy meros obyektlarini ommalashtirish va turizm salohiyatini oshirishda samarali vosita hisoblanadi. Interaktiv virtual sayohatlar foydalanuvchilarning tarixiy obyektlarga bo‘lgan qiziqishini oshirib, ularni keng jamoatchilikka tanishtirish imkonini beradi. Ayniqsa, chekka hududlarda joylashgan yoki jismoniy tashrif cheklangan obyektlarni virtual shaklda ko‘rsatish turizm rivojiga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi.

Shuningdek, tadqiqot natijalari virtual turlarni yaratishda multimedia texnologiyalaridan foydalanish muhimligini ko‘rsatdi. Audio ma’lumotlar, matnli tavsiflar, animatsiyalar va video materiallar virtual muhitga integratsiyalashgani foydalanuvchilarning obyekt haqidagi ma’lumotlarni yanada chuqurroq o‘zlashtirishiga yordam berdi.

Rivojlangan davlatlar tajribasi tahlili shuni ko‘rsatdiki, madaniy meros obyektlarini virtual rekonstruksiya qilish va metaverse texnologiyalariga integratsiyalash zamonaviy rivojlanish tendensiyalaridan biri hisoblanadi. Sun’iy intellekt, virtual reallik (VR) va kengaytirilgan reallik (AR) texnologiyalarini qo‘llash virtual turlar samaradorligini yanada oshirish imkoniyatini yaratmoqda.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari madaniy meros obyektlari virtual turini shakllantirishda GIS, 3D modellashtirish, fotogrammetriya va multimedia texnologiyalarini kompleks qo‘llash yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatdi. Ushbu texnologiyalar madaniy meros obyektlarini saqlash, monitoring qilish, ilmiy tadqiq etish va ommalashtirishning zamonaviy vositasi sifatida muhim ahamiyat kasb etadi.

XULOSA madaniy meros obyektlari virtual turini shakllantirish zamonaviy raqamli texnologiyalar asosida tarixiy va madaniy boyliklarni saqlash, o‘rganish hamda keng jamoatchilikka taqdim etishning samarali usullaridan biri hisoblanadi. Tadqiqot natijalari GIS texnologiyalari, 3D modellashtirish, fotogrammetriya, masofadan zondlash va multimedia vositalaridan kompleks foydalanish virtual turlar yaratish sifatini sezilarli darajada oshirishini ko‘rsatdi.

Yaratilgan virtual modellar va interaktiv turlar madaniy meros obyektlarini real ko‘rinishga yaqin tarzda aks ettirish imkonini berdi. Bu esa foydalanuvchilarga obyektlarni masofadan turib o‘rganish, ularning tarixiy va me’moriy xususiyatlari bilan yaqindan tanishish imkoniyatini yaratadi. Ayniqsa, jismoniy tashrif cheklangan yoki uzoq hududlarda joylashgan obyektlarni virtual muhitda namoyish etish turizm va ilmiy tadqiqotlar uchun muhim ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqot davomida virtual tur texnologiyalarining nafaqat turistik, balki monitoring va muhofaza qilish vositasi sifatida ham samarali ekanligi aniqlandi. Raqamli modellar yordamida obyektlarning texnik holatini kuzatish, vaqt davomida yuz berayotgan o‘zgarishlarni tahlil qilish hamda restavratsiya ishlarini ilmiy asosda rejalashtirish imkoniyati kengaydi.

Shuningdek, virtual turlarni yaratishda sun’iy intellekt, virtual reallik (VR) va kengaytirilgan reallik (AR) texnologiyalaridan foydalanish istiqbolli yo‘nalishlardan biri ekanligi belgilandi. Ushbu texnologiyalar virtual sayohatlarning interaktivligini va foydalanuvchilar uchun qulayligini yanada oshirish imkonini beradi.

Umuman olganda, madaniy meros obyektlari virtual turini shakllantirishning ilmiy-uslubiy asoslarini takomillashtirish tarixiy-madaniy boyliklarni raqamli muhitda saqlash, ularni ommalashtirish hamda kelajak avlodlarga yetkazishning muhim omili hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021 yil 19 iyundagi PQ-5150-sonli “Moddiy madaniy meros obyektlarini muhofaza qilish sohasidagi faoliyatni tubdan takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qarori.
2. S Abdurakhmonov, M Khamidova, Y Romanyuk, Sh Sattorov, Sh Adizov, E Karimov and M Bozorov, Conventional and current approaches of urban mapping and geodetic base formulation for establishing demographic processes database: E3S Web Conf., 497 (2024) 02028

3. Inamov A., Sattorov Sh., Dadabayev A. and Narziyev A. ‘Geoportal visualization of state cadastre objects’, In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 1068, p. 012016, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1068/1/012016.

4. J. Gerts, S. Khasanov, E. Karimov, and N. Teshaev, ‘Importance of Big Data variables in Agriculture: A comprehensive literature review with a particular focus on variables’, E3S Web Conf., vol. 563, p. 03010, 2024, doi: 10.1051/e3sconf/202456303010.

5. M. Khamidov, A. Inamov, U. Islomov, and Z. Mamatkulov, E3S Web of Conferences 365, 01008 (2023)

UDK: 528.48:004.9:624.04:711.4

BINO VA INSHOOTLARNI LOYIHALASHDA RELYEF, GEODEZIK ASOS VA GIS MA’LUMOTLARIDAN FOYDALANISH METODIKASI

Xakimova Kamola Raximjonovna*-Farg‘ona Davlat Texnika Universiteti*

Abdukadirova Muxarram Arabbayevna*-Farg‘ona Davlat Texnika Universiteti*

Ergasheva Mumtozbegim Mashrabali qizi*-Farg‘ona Davlat Texnika Universiteti talabasi*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada bino va inshootlarni loyihalash jarayonida relyef, geodezik asos va GIS ma’lumotlaridan foydalanish metodikasi ilmiy-amaliy jihatdan yoritilgan. Tadqiqotda topografik-geodezik o‘lchovlar, geodezik tayanch punktlari, raqamli relyef modeli, qiyalik, ekspozitsiya, suv oqimi, kadastr chegaralari, muhandislik-kommunikatsiya tarmoqlari va mavjud infratuzilma qatlamlarini yagona geofazoviy muhitda integratsiyalash masalalari tahlil qilindi. Relyef tahlili bino joylashuvi, bosh reja, vertikal rejalashtirish, drenaj, poydevor yechimi va muhandislik tarmoqlarini loyihalashda muhim axborot manbai ekanligi asoslandi. GIS ma’lumotlari bilan geodezik asosni uyg‘unlashtirish loyiha qarorlarining aniqligi, xavfsizligi va iqtisodiy samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Maqolada ma’lumotlarni yig‘ish, qayta ishlash, tahlil qilish, loyihaga integratsiyalash va monitoringga ulash bosqichlaridan iborat metodik yondashuv taklif etildi.*

Kalit so‘zlar: *relyef, geodezik asos, GIS, raqamli relyef modeli, qiyalik, ekspozitsiya, kadastr, vertikal rejalashtirish, bosh reja, muhandislik tarmoqlari.*

В статье научно и практически рассмотрена методология использования данных ГИС. Проанализированы вопросы интеграции топографических и геодезических измерений, геодезических опорных точек, цифровой модели рельефа, уклона, экспозиции, водотока, кадастровых границ, инженерных и коммуникационных сетей, а также слоев существующей инфраструктуры в единую геопространственную среду. Обосновано, что анализ рельефа является важным источником информации при проектировании расположения зданий, генеральных планов, вертикального планирования, дренажа, фундаментных решений и

инженерных сетей. Сочетание геодезических данных с данными ГИС способствует повышению точности, безопасности и экономической эффективности проектных решений. Предложен методологический подход, включающий этапы сбора, обработки, анализа данных, их интеграции в проект и подключения к мониторингу.

***Ключевые слова**: рельеф, геодезическая база, ГИС, цифровая модель рельефа, уклон, экспозиция, кадастр, вертикальное планирование, генеральный план, инженерные сети.*

The methodology for using GIS data is scientifically and practically covered. The study analyzed the issues of integrating topographic and geodetic measurements, geodetic reference points, digital relief model, slope, exposure, water flow, cadastral boundaries, engineering and communication networks and existing infrastructure layers into a single geospatial environment. It was substantiated that relief analysis is an important source of information in the design of building locations, master plans, vertical planning, drainage, foundation solutions and engineering networks. Combining geodetic data with GIS data helps to increase the accuracy, safety and economic efficiency of project decisions. The article proposed a methodological approach consisting of the stages of data collection, processing, analysis, integration into the project and connection to monitoring.

***Keywords: relief**, geodetic basis, GIS, digital relief model, slope, exposure, cadastre, vertical planning, master plan, engineering networks.*

Kirish

Bino va inshootlarni loyihalashda hududning tabiiy-relyef sharoitlari, geodezik koordinata-balandlik asosi va GIS ma’lumotlari loyiha sifatini belgilovchi asosiy omillardan hisoblanadi. Qurilish maydonini tanlash, bino joylashuvini asoslash, vertikal rejalashtirish, drenaj yo‘nalishlarini belgilash, muhandislik tarmoqlarini joylashtirish hamda konstruktiv yechimlarni moslashtirish uchun hudud haqida aniq fazoviy axborot zarur.

An’anaviy loyihalash amaliyotida relyef, kadastr, geologik, transport va kommunikatsiya ma’lumotlari ko‘pincha alohida-alohida ko‘rib chiqiladi. Bunday yondashuv fazoviy nomuvofiqliklar, qo‘shimcha yer ishlari, drenaj muammolari yoki qurilish jarayonidagi xatoliklarga sabab bo‘lishi mumkin. GIS texnologiyalari esa ushbu ma’lumotlarni yagona koordinata tizimida birlashtirib, kompleks tahlil qilish imkonini beradi.

Mazkur maqolaning maqsadi bino va inshootlarni loyihalashda relyef, geodezik asos va GIS ma’lumotlaridan foydalanishning metodik bosqichlarini ishlab chiqish, ularning loyiha qarorlariga ta’sirini tahlil qilish va geofazoviy axborotdan samarali foydalanish yo‘llarini asoslashdan iborat.

Material va metodlar

Tadqiqot metodikasi geodezik ma’lumotlarni yig‘ish, raqamli relyef modelini yaratish, GIS qatlamlarini shakllantirish, relyef omillarini tahlil qilish va natijalarni loyiha yechimlariga integratsiyalash bosqichlariga asoslandi. Geodezik asos sifatida GNSS o‘lchovlari, elektron taxeometr yordamidagi topografik s’yomka, reperlar va tayanch punktlar koordinatalari ko‘rib chiqildi.

Relyef ma’lumotlari raqamli relyef modeli (DEM), qiyalik xaritasi, ekspozitsiya xaritasi, balandlik farqlari, suv oqimi yo‘nalishlari va drenaj

tarmoqlari ko‘rinishida shakllantirildi. GIS ma’lumotlari tarkibiga kadastr chegaralari, yo‘l tarmoqlari, muhandislik kommunikatsiyalari, mavjud bino-inshootlar, funksional zonalash va cheklov hududlari kiritildi. Barcha qatlamlar yagona koordinata tizimiga keltirilib, fazoviy tahlil qilindi.

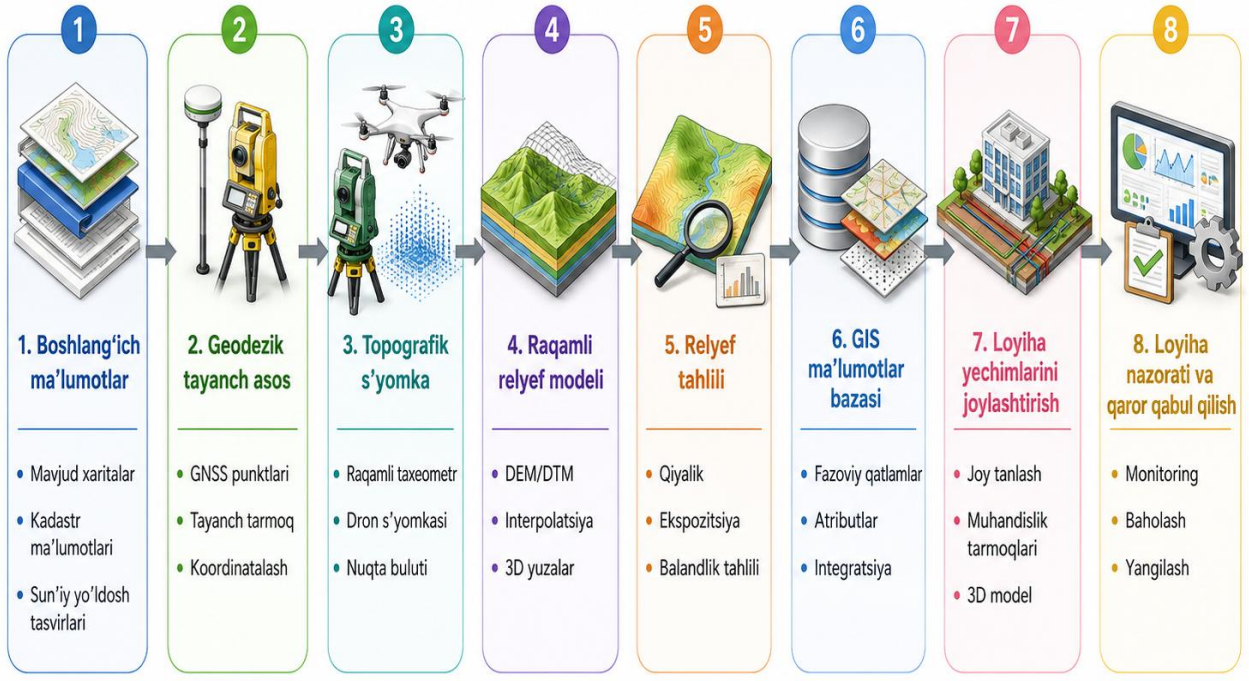
Baholash jarayonida qiyalik darajasi, balandlik farqi, suv oqimi yo‘nalishi, kadastr chegaralari bilan moslik, transport kirish imkoniyati va kommunikatsiya tarmoqlariga ulanish sharoitlari asosiy mezon sifatida tanlandi. Ushbu mezonlar asosida loyihalash hududining mosligi, vertikal rejalashtirish talablari va muhandislik yechimlari aniqlashtirildi.

1-jadval.

Bino va inshootlarni loyihalashda qo‘llaniladigan relyef, geodezik va GIS ma’lumotlari

Ma’lumot turi	Mazmuni	Loyihalashdagi vazifasi
Geodezik asos	GNSS punktlari, reperlar, elektron taxeometr o‘lchovlari	Bino va inshootlarni aniq koordinata-balandlik tizimiga bog‘lash
Relyef ma’lumotlari	DEM, qiyalik, ekspozitsiya, balandlik farqi	Vertikal rejalashtirish, drenaj va yer ishlari hajmini aniqlash
Topografik s’yomka	Mavjud obyektlar, yo‘llar, konturlar, balandlik nuqtalari	Hududning real holatini loyihaga kiritish
GIS qatlamlari	Kadastr, yo‘l, kommunikatsiya, zonalash, cheklovlar	Fazoviy tahlil va loyiha variantlarini solishtirish
Monitoring ma’lumotlari	Ijroiy s’yomka, nazorat nuqtalari, o‘zgarishlar	Qurilish va ekspluatatsiya bosqichida nazoratni ta’minlash

1-rasm. Bino va inshootlarni loyihalashda relyef, geodezik asos va GIS ma’lumotlaridan foydalanishning texnologik ketma-ketligi



Natijalar va ularning tahlili

1-rasmda bino va inshootlarni loyihalashda relyef, geodezik asos va GIS ma’lumotlaridan foydalanishning texnologik ketma-ketligi keltirilgan. Ushbu ketma-ketlik boshlang‘ich hudud ma’lumotlarini yig‘ishdan boshlab, geodezik tayanch asos yaratish, topografik s’yomka, raqamli relyef modeli, relyef tahlili, GIS ma’lumotlar bazasi, loyiha yechimlarini joylashtirish va nazorat bosqichlarini qamrab oladi.

Geodezik asos loyiha hududidagi barcha obyektlarni yagona koordinata tizimiga bog‘laydi. Relyef tahlili esa bino joylashuvi, poydevor chuqurligi, yer ishlari hajmi, drenaj yo‘nalishi va kommunikatsiya tarmoqlarining optimal trassasini tanlashga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. GIS muhitida ushbu ma’lumotlarning integratsiyalashuvi loyiha variantlarini tezkor solishtirish va muammoli zonalarni oldindan aniqlash imkonini beradi.

2-rasmda relyef, geodezik asos va GIS ma’lumotlarini integratsiyalash modeli ifodalangan. Modelda relyef bloki, geodezik asos bloki va GIS bloki yagona geofazoviy loyiha bazasiga birlashtiriladi. Ushbu baza bosh reja sxemasi, vertikal rejalashtirish, muhandislik-drenaj yechimlari va loyiha monitoringi uchun axborot asosi bo‘lib xizmat qiladi.

2-jadval.

Relyef omillari va ularning loyiha qarorlariga ta’siri

Relyef omili	Baholash usuli	Loyihaga ta’siri	Amaliy natija
Qiyalik	DEM asosida slope tahlili	Bino joylashuvi va yo‘l tarmoqlari yo‘nalishini belgilaydi	Yer ishlari kamaytiriladi
Ekspozitsiya	Aspect tahlili	Quyosh nurlanishi va shamol yo‘nalishini hisobga oladi	Energiya samarador yechim tanlanadi
Suv oqimi	Flow direction va accumulation	Drenaj, yomg‘ir suvi oqimi va sel xavfini aniqlaydi	Suv chiqarish tizimi asoslanadi
Balandlik farqi	Profil va kesmalar	Poydevor, kesma va to‘ldirma ishlariga ta’sir qiladi	Vertikal reja aniqlashtiriladi
Kadastr-relyef mosligi	Kontur va DEM overlay tahlili	Yer uchastkasi chegarasi bilan loyiha mosligini tekshiradi	Huquqiy-fazoviy xatoliklar kamayadi

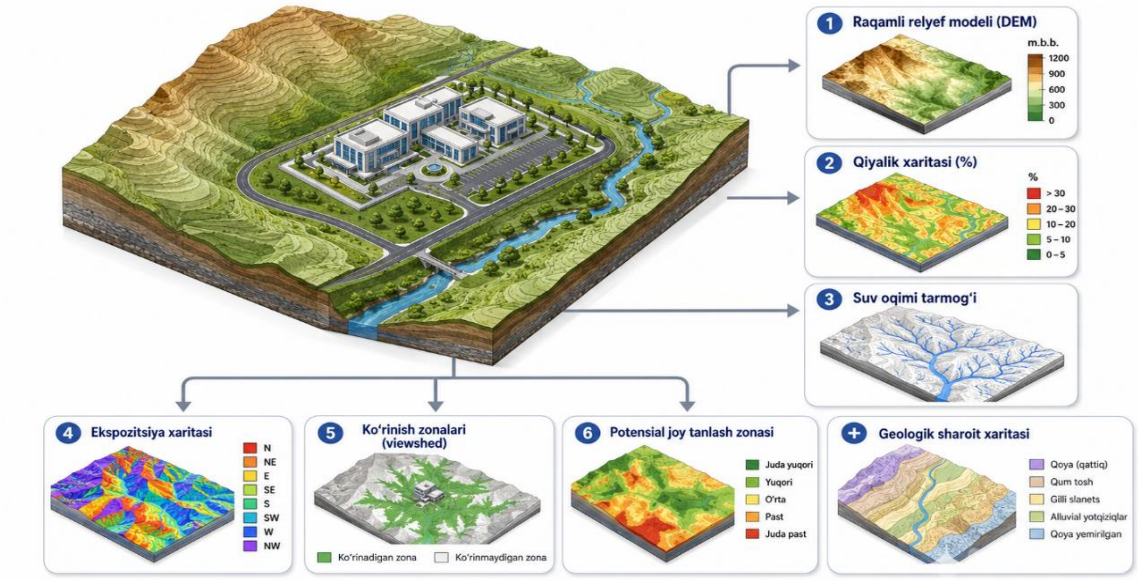


2-rasm. Loyihalashda qo‘llaniladigan ma’lumotlar manbalari va ularning o’zaro integratsiyasi

3-rasmda bino va inshootlarni loyihalash bo‘yicha geofazoviy qaror qabul qilish sikli ko‘rsatilgan. Qaror qabul qilish sikli geodezik ma’lumot yig‘ish, relyef va qiyalik tahlili, GIS qatlamlarini solishtirish, loyiha variantlarini baholash, optimal yechimni tanlash hamda ijroiy nazorat va monitoring bosqichlaridan iborat.

Metodik yondashuvning asosiy afzalligi shundaki, loyiha qarorlari faqat chizma yoki alohida o‘lchovlarga emas, balki ko‘p qatlamli fazoviy ma’lumotlar bazasiga tayanadi. Natijada loyiha aniqligi oshadi, nomuvofiqliklar erta aniqlanadi, yer ishlari va qurilish xarajatlari kamayadi, obyektning qurilishdan keyingi monitoringi uchun ham tayyor axborot muhiti shakllanadi.

3-rasm. Relyef va GIS ma’lumotlari asosida loyihaning 3D modeli va fazoviy tahlillarning ko‘rinishi



3-jadval.

Integratsiyalashgan geoma’lumotlar asosida loyihalash samaradorligi

Yo‘nalish	An’anaviy yondashuvdagi muammo	Integratsiyalashgan GIS-geodezik yondashuv natijasi
Loyiha aniqligi	Koordinata va balandlik ma’lumotlari tarqoq bo‘lishi mumkin	Barcha obyektlar yagona geodezik asosga bog‘lanadi
Vertikal rejalashtirish	Qiyalik va suv oqimi yetarli hisobga olinmaydi	DEM asosida optimal balandlik va drenaj yechimi tanlanadi
Muhandislik tarmoqlari	Kommunikatsiyalar bilan to‘qnashuv xavfi mavjud	GIS qatlamlari orqali nomuvofiqliklar oldindan aniqlanadi
Qurilish nazorati	Ijroiy s’yomka va loyiha ma’lumotlari alohida yuritiladi	Monitoring va ijroiy nazorat yagona bazaga ulanadi
Iqtisodiy samaradorlik	Yer ishlari va qayta loyihalash xarajatlari ortadi	Resurslar, vaqt va qurilish xarajatlari optimallashtiriladi

Xulosalar

1. Bino va inshootlarni loyihalashda relyef, geodezik asos va GIS ma'lumotlaridan birgalikda foydalanish loyiha qarorlarining fazoviy aniqligi va ishonchliligini oshiradi.
2. Raqamli relyef modeli, qiyalik, ekspozitsiya va suv oqimi tahlillari bosh reja, vertikal rejalashtirish, drenaj va poydevor yechimlarini ilmiy asoslash imkonini beradi.
3. Geodezik tayanch asos obyektlarni yagona koordinata-balandlik tizimiga bog'lab, qurilish jarayonidagi geometriya va ijroiy nazorat aniqligini ta'minlaydi.
4. GIS qatlamlari kadastr, kommunikatsiya, yo'l va mavjud inshootlar haqidagi ma'lumotlarni birlashtirib, loyiha variantlarini kompleks baholash imkonini yaratadi.
5. Taklif etilgan metodika loyihalash, qurilish va ekspluatatsiya bosqichlarida xatolarni kamaytirish, resurslarni tejash va barqaror boshqaruvni ta'minlashda amaliy ahamiyatga ega.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Ghilani C.D. Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics. – Pearson, 2018.
2. Wolf P.R., Ghilani C.D. Adjustment Computations: Spatial Data Analysis. – Wiley, 2015.
3. Burrough P.A., McDonnell R.A., Lloyd C.D. Principles of Geographical Information Systems. – Oxford University Press, 2015.
4. Longley P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J., Rhind D.W. Geographic Information Science and Systems. – Wiley, 2015.
5. Heywood I., Cornelius S., Carver S. An Introduction to Geographical Information Systems. – Pearson, 2011.
6. Lillesand T., Kiefer R.W., Chipman J. Remote Sensing and Image Interpretation. – Wiley, 2015.
7. Mirzaev N., Boboev X. Injenerlik geodeziyasi. – Toshkent: TIQXMMI, 2018.
8. ShMQ 3.01.03-19. Qurilishda geodezik ishlar. Qoidalar to'plami. – Toshkent, 2019.
9. O'zbekiston Respublikasi shaharsozlik va arxitektura faoliyatiga oid me'yoriy hujjatlar. – Toshkent, 2023.
10. Qurilish maydonlarini geodezik ta'minlash bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar. – Toshkent, 2022.

UDK: 528.9:332.3

STUDYING THE ISSUES OF CREATING A WEB MAP OF LAND USE AND LAND MONITORING USING GIS TECHNOLOGIES.

Bunyod Tojiboyev *– "TIQXMMI" MTU magistranti*

Abstract: *The study of land usage and land monitoring has undergone a revolutionary change with the introduction of Geographic Information System (GIS) technologies. This article provides a thorough analysis of the difficulties and approaches associated with using GIS technologies to create web maps for land use and monitoring applications. This study intends to shed light on the complexities of web map construction, highlighting the problems encountered and possible solutions, through a rigorous assessment of the current literature and actual implementation of GIS technologies. Data collecting, preprocessing, geographical analysis, and the creation of web maps using open-source GIS software are among the techniques used. The findings*

highlight a number of technical issues, including those related to user interface design, spatial accuracy, data interoperability, and visualization methods. The discussion section explores the ramifications of these discoveries and suggests solutions to the problems found. In the end, this study emphasizes how crucial it is to use GIS technologies properly in order to support improved land use management and monitoring procedures

Keywords: *soil erosion, impact, remote sensing*

Introduction: Land use and monitoring methods have been increasingly integrating Geographic Information System (GIS) technologies in recent years[1,2]. A strong foundation for evaluating geographical data and obtaining insightful knowledge for land management decision-making is offered by GIS[3,4]. The construction of online maps, which provide interactive platforms for viewing and sharing geospatial information with stakeholders, is one of the primary uses of GIS in this field. Using GIS technologies to create web maps for land use and monitoring applications comes with a number of concerns and obstacles. Data collection, preprocessing, geographic analysis, visualization methods, and user interface design are a few of these [5–7]. It is imperative to tackle these obstacles in order to guarantee the precision, dependability, and usability of web maps in land management decision-making procedures.The purpose of this study is to examine the challenges associated with using GIS technologies to create web maps for land use and monitoring. This study aims to identify the main obstacles and suggest possible ways to overcome them by means of a review of the literature and real-world experiments [8–10]. The methodology for data collecting, preprocessing, spatial analysis, and creating online maps with open-source GIS software is described in the techniques section. The study's conclusions are presented in the results section, which also highlights the technological difficulties that were experienced. The discussion section examines the ramifications of these discoveries and offers suggestions for resolving the problems found [11,12].

Sustainable development, environmental preservation, and resource planning all depend on effective land use management and monitoring. Technologies related to Geographic Information Systems (GIS) provide strong instruments for modeling land use patterns, analyzing spatial data, and producing interactive online maps for use in making decisions. Stakeholders may conveniently visualize, evaluate, and interpret complicated geographic information with the use of web mapping technologies [13–15]. However, there are a number of obstacles to overcome in order to create efficient web maps for land use monitoring, including issues with data accuracy, user interface design, spatial analysis, and data integration. The present research delves into these concerns and suggests strategies to tackle them, thereby augmenting the usefulness and efficiency of GIS-driven online maps for land administration and observation [16,17].

Methods: Data collection is the initial stage in the creation of online maps for land use and monitoring. This entails obtaining a variety of geographic data sets, such as socioeconomic information, aerial photos, maps of land cover, and satellite imaging. The study's precise goals and its geographic area will choose which data sources to use.

Preprocessing is done on the data after it is gathered to make sure it is compatible and consistent. This could entail data conversion, image correction, georeferencing, and quality evaluation. In order to combine various datasets into a coherent framework for geographical analysis, preprocessing is necessary[18,19]. Understanding the relationships and patterns in geospatial data requires the use of spatial analysis.



Fig. 1. Spatial Interpolation [Insert spatial interpolation formula used in the analysis]

Land use patterns, changes over time, and environmental implications are frequently analyzed using techniques including overlay analysis, proximity analysis, and spatial interpolation (fig.1). Web map development, the last phase of the process, entails the transmission and visualization of spatial data via online platforms. Web map development frequently makes use of open-source GIS programs like QGIS, GeoServer, and Leaflet. Several layers, including vegetation indices, land use, land cover, and socioeconomic indicators, may be included in the online maps [20,21].

Results: The study's findings highlight a number of difficulties that arise when building online maps for land use and monitoring with GIS technologies. These difficulties can be roughly divided into two categories: technical and usability problems.

Technical Difficulties:

Data compatibility: Due to variations in geographic resolution, projection, and data formats, integrating heterogeneous datasets from many sources can be difficult. Spatial Accuracy: Careful evaluation of elements such georeferencing errors, satellite imagery positional accuracy, and ground truth validation is necessary to ensure the spatial accuracy of the web maps. Visualization Techniques: For spatial patterns and trends to be communicated successfully, the right visualization techniques must be chosen. However, choosing the appropriate color schemes, classification techniques, and symbols might be arbitrary and affect how something is understood.

Performance Optimization: Ensuring a seamless user experience requires optimizing the performance of

online maps. To reduce latency and boost responsiveness, this entails optimizing data storage, tile caching, and server setup.

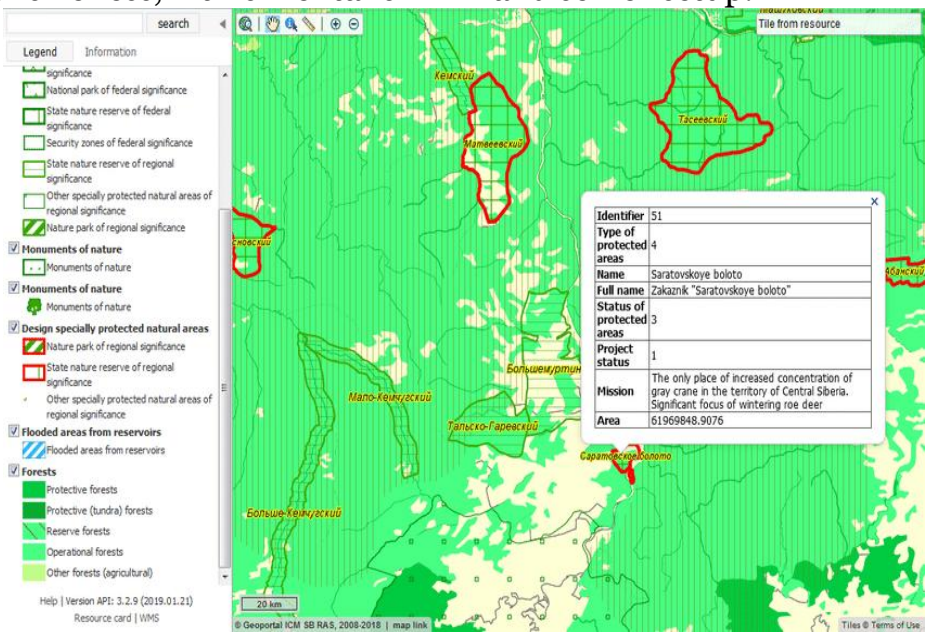


Fig 2. Web Map Interface supporting evidence-based decision-making in land management and monitoring

User Interface Design: Improving the usability of web maps requires creating an interface that is both simple and easy to use. Finding the right mix between capability and simplicity can be difficult, though, particularly when accommodating different user preferences and needs (fig.2).

Conclusion: To summarize up, this research offers insightful information about the difficulties and approaches associated with building web maps for land use and monitoring with GIS technologies. The findings draw attention to the technical difficulties pertaining to spatial accuracy, data compatibility, visualization methods, and performance optimization, in addition to the usability problems with accessibility and user interface design. Innovation and interdisciplinary cooperation are crucial to addressing these issues. For land use and monitoring applications, researchers and practitioners may create more precise, dependable, and user-friendly web maps by utilizing advances in GIS technologies, remote sensing, and spatial analytic algorithms. In order to enhance the efficacy and usability of

web maps in assisting with decision-making processes linked to land management and environmental conservation, future research should concentrate on creating standardized data formats, interoperability protocols, and user-centered design principles.

References

1. Q. Zhou, International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology 1 (2017)

2. A Jumanov, S Khasanov, A Tabayev, G Goziev, U Uzbekov, and E Malikov. 2020. Land suitability assessment for grapevines via laser level in water-scarce regions of Uzbekistan (in the case of Kashkadarya province).// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 614 (1), 012150 https:/doi.org/10./IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/614/1/01215

3. Z. Mamatkulov, E. Safarov, R. Oymatov, I. Abdurahmanov, and M.

Rajapbaev, E3S Web of Conferences 227, 03001 (2021)
4. Ruzikulova, in (2023). Aslanov, I. Jumaniyazov, N. Embergenov, K. Allanazarov, G. Khodjaeva, A. Joldasov, and S. Alimova, in XV International Scientific Conference “INTERAGROMASH 2022,” edited by A. Beskopylny, M. Shamtsyan, and V. Artiukh (Springer International Publishing, Cham, 2023), pp. 1899–1907
5. S. Goibberdiev, G. Ikromkhodjaev, Z. Tajekeev, T. Ismailov, U. Mukhtorov, and I. Aslanov, E3S Web of Conf. 443, 06013 (2023)
6. I. Aslanov, N. Teshaev, K. Khayitov, U. Mukhtorov, J. Khaitbaeva, and D. Murodova, E3S Web of Conf. 443, 06015 (2023)
7. S. Islomov, I. Aslanov, G. Shamuratova, A. Jumanov, K. Allanazarov, Q. Daljanov, M. Tursinov, and Q. Karimbaev, in XV International Scientific Conference “INTERAGROMASH 2022,” edited by A. Beskopylny, M. Shamtsyan, and V. Artiukh (Springer International Publishing, Cham, 2023), pp. 1908–1914
8. M. Juliev, A. Pulatov, S. Fuchs, and J. Hübl, Pol. J. Environ. Stud. 28, 3235 (2019)
9. D. R. Oetter, W. B. Cohen, M. Berterretche, T. K. Maiersperger, and R. E. Kennedy, Remote Sensing of Environment 76, 139 (2001)
10. N. Kobayashi, H. Tani, X. Wang, and R. Sonobe, Journal of Information and Telecommunication 4, 67 (2020)
11. Cârlan, D. Haase, A. Große-Stoltenberg, and I. Sandric, Urban Ecosystems 23, 363 (2020)
12. B. Alikhanov, M. Juliev, S. Alikhanova, and I. Mondal, Groundwater for Sustainable Development 12, 100548 (2021)
13. B.Sultanov, A.Jumanov. N.Abdurazakova, O.Shermatov, O.Fayziev, N.Dekhkanova. // The economic feasibility of cultivating intensive orchards E3S Web of Conferences 284, 03006 (2021). TPACEE-2021 https:// doi.org /10. 1051 /e3sconf/202128403006
14. U. Mukhtorov, S. Gapparov, Z. Djumaev, A. Utaev, S. Olloniyozov, and E. Karimov, E3S Web of Conf. 401, 02002 (2023)
15. R. Oymatov, N. Teshaev, R. Makhsudov, and F. Safarov, E3S Web of Conf. 401, 02004 (2023)
16. M. Lehoczky and Z. Abdurakhmonov, E3S Web of Conferences 227, 04001 (2021)
17. A. Jumanov, M. Khudayberganova, G. Mirazimova, Y. Radjabov, N. Umarov, and G. Samatova, "Monitoring dynamics of green spaces in Surkhandarya region based on remote sensing data of climate change," E3S Web of Conferences 401, 02012 (2023) CONMECHYDRO – 2023 https://doi.org/10.1051 /e3sconf/ 202340102012
18. S. Talukdar, P. Singha, S. Mahato, Shahfahad, S. Pal, Y.-A. Liou, and A. Rahman, Remote Sensing 12, 1135 (2020)
19. T. D. T. Uehara, T. Sehn Körting, A. dos R. Soares, and R. P. Quevedo, Journal of Applied Remote Sensing 16, 1 (2022)
20. Aslanov, I., Kholdorov, S., Ochilov, S., Jumanov, A., Jabbarov, Z., Jumaniyazov, I., Namozov, N.: Evaluation of soil salinity level through using Landsat-8 OLI in Central Fergana valley Uzbekistan. E3S Web Conf. 258, 03012 (2021).
21. K. Amankulova, N. Farmonov, U. Mukhtorov, and L. Mucsi, Geocarto International 38, 2197509 (2023)

UDK: 528.88:004.9:332.3

KO‘P YILLIK DARAXTZORLAR MONITORINGI NATIJALARINI YER KADASTRI MA’LUMOTLARI BILAN INTEGRATSIYALASHNING GEOAXBOROT YONDASHUVI

Yokubov Sherzodbek Shavkat o‘g‘li *- Farg‘ona Davlat Texnika Universiteti. E-mail: sherzodbekyokubov95@gmail.com*

Annotatsiya: *Ushbu maqolada ko‘p yillik daraxtzorlar monitoringi natijalarini yer kadastri ma’lumotlari bilan integratsiyalashning geoaxborot yondashuvi yoritilgan. Tadqiqot Farg‘ona viloyati Quva tumani misolida olib borilib, Landsat sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida shakllantiriladigan NDVI va NDMI indeks qatlamlarini kadastr konturlari, yer uchastkalari atributlari va yer turlari haqidagi ma’lumotlar bilan bog‘lash metodikasi taklif etilgan. Mazkur yondashuvda masofadan zondlash natijalari oddiy raster xarita ko‘rinishida emas, balki kontur kesimidagi statistik ko‘rsatkich, holat sinfi, monitoring xulosasi va dala tekshiruvi belgisi sifatida yagona geoaxborot bazasiga kiritiladi. Natijada ko‘p yillik daraxtzorlar holatini hududiy baholash, kadastr ma’lumotlarini aniqlashtirish, muammoli maydonlarni ajratish va boshqaruv qarorlarini asoslash imkoniyati ortadi.*

Kalit so‘zlar: *ko‘p yillik daraxtzorlar, yer kadastri, geoaxborot tizimlari, masofadan zondlash, NDVI, NDMI*

Аннотация: В данной статье рассматривается геоинформационный подход к интеграции результатов мониторинга многолетних древесных насаждений с данными земельного кадастра. Исследование проведено на примере Кувского района Ферганской области и предлагает методологию связывания слоев индексов NDVI и NDMI, сформированных на основе спутниковых снимков Landsat, с информацией о кадастровых контурах, характеристиках земельных участков и типах земель. В этом подходе результаты дистанционного зондирования вводятся в единую геоинформационную базу данных не в виде простой растровой карты, а в виде статистического показателя в разрезе контуров, классе состояния, сводке мониторинга и отметке полевого осмотра. В результате повышается возможность региональной оценки состояния многолетних древесных насаждений, уточнения кадастровых данных, выделения проблемных зон и обоснования управленческих решений.

Ключевые слова: *многолетние древесные насаждения, земельный кадастр, геоинформационные системы, дистанционное зондирование, NDVI, NDMI*

Abstract: *This article discusses a geoinformation approach to integrating the results of monitoring perennial tree stands with land cadastre data. The study is conducted on the example of the Kuva district of Fergana region and proposes a methodology for linking NDVI and NDMI index layers formed on the basis of Landsat satellite images with information on cadastral contours,*

land plot attributes, and land types. In this approach, remote sensing results are entered into a single geoinformation database not in the form of a simple raster map, but as a statistical indicator in the contour section, condition class, monitoring summary, and field inspection mark. As a result, the possibility of regional assessment of the condition of perennial tree stands, clarification of cadastral data, separation of problem areas, and substantiation of management decisions increases.

Keywords: *perennial tree stands, land cadastre, geoinformation systems, remote sensing, NDVI, NDMI*

Kirish

Yer resurslaridan oqilona foydalanish, qishloq xo‘jaligi yerlarining haqiqiy holatini aniqlash va kadastr ma’lumotlarini muntazam yangilab borish zamonaviy yer boshqaruvi tizimining asosiy vazifalaridan biridir. Ayniqsa ko‘p yillik daraxtzorlar joylashgan hududlarda yer uchastkalarining amaldagi foydalanish holati, daraxtzorlarning vegetatsion faolligi, namlik bilan ta’minlanganlik darajasi va degradatsiya xavfini kadastr axboroti bilan bog‘liq holda baholash muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

An’anaviy kadastr hisobi ko‘pincha yer uchastkasi chegarasi, yer turi, maydon, huquqiy maqom va foydalanuvchi haqidagi ma’lumotlar bilan cheklanadi. Biroq bunday yondashuv yer resurslarining real ekologik-agrobiologik holatini to‘liq aks ettira olmaydi. Masofadan zondlash ma’lumotlari esa katta hududlarda o‘simlik qoplami holatini tezkor aniqlash imkonini beradi, lekin ular kadastr konturlari bilan bog‘lanmagan holatda boshqaruv qarorlariga bevosita xizmat qilishi qiyinlashadi.

Shu sababli ko‘p yillik daraxtzorlar monitoringi natijalarini yer kadastri ma’lumotlari bilan integratsiyalash masalasi dolzarb hisoblanadi. Bunda sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida olingan NDVI va NDMI ko‘rsatkichlari yer uchastkasi yoki kadastr konturi kesimida umumlashtiriladi, natijalar atribut jadvaliga kiritiladi va har bir kontur uchun monitoring xulosasi shakllantiriladi. Ushbu yondashuv kadastr tizimini nafaqat huquqiy-hisobga olish vositasi, balki fazoviy-analitik monitoring platformasi sifatida rivojlantirishga xizmat qiladi.

Tadqiqotning maqsadi - Quva tumani ko‘p yillik daraxtzorlarini masofadan zondlash natijalari asosida baholash hamda ushbu natijalarni yer kadastri ma’lumotlari bilan integratsiyalashning geoaxborot metodikasini ishlab chiqishdan iborat.

Material va metodlar

Tadqiqot obyekti sifatida Farg‘ona viloyati Quva tumani hududidagi ko‘p yillik daraxtzorlar tanlandi. Tadqiqotda Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI/TIRS va Landsat 9 OLI-2/TIRS-2 sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari, ma’muriy chegara qatlamlari, kadastr konturlari, yer uchastkalari atributlari va geoaxborot dasturiy muhitidan foydalanildi. Landsat Collection 2 Level-2 ma’lumotlari atmosferik tuzatishdan o‘tgan surface reflectance mahsuloti sifatida qabul qilindi [4; 1-3-b.].

Metodik jarayon to‘rt asosiy bosqichdan iborat: birinchi bosqichda sun’iy yo‘ldosh tasvirlari tanlanadi va bulut, soya hamda sifatsiz piksellar chiqarib tashlanadi; ikkinchi bosqichda NDVI va NDMI indekslari hisoblanadi; uchinchi bosqichda indeks xaritalari kadastr konturlari bilan fazoviy birlashtiriladi; to‘rtinchi bosqichda har bir kontur bo‘yicha zonal

statistika, holat sinfi va monitoring xulosasi shakllantiriladi.

NDVI indeksi o‘simlik qoplamining fotosintetik faolligi va vegetatsion zichligini aniqlashda qo‘llanildi. U quyidagi formula asosida hisoblandi: NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red). Bu yerda NIR - yaqin infraqizil kanal, Red - qizil spektral kanal. NDMI indeksi esa o‘simlik qoplami va tuproq yuzasidagi namlik holatini baholash uchun hisoblandi: NDMI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR).

Kadastr integratsiyasi bosqichida raster indeks qatlamlari vektor kadastr konturlari bilan ustma-ust qo‘yildi. Har bir kontur uchun o‘rtacha, minimal, maksimal va standart og‘ish ko‘rsatkichlari hisoblandi. Shundan so‘ng indeks qiymatlari asosida konturlar “barqaror”, “monitoring talab qilinadi” va “xavfli holat” kabi shartli sinflarga ajratildi.



1-rasm. Ko‘p yillik daraxtzorlar monitoringi natijalarini kadastr tizimiga integratsiyalash metodik modeli

1-jadval.

Tadqiqotda foydalaniladigan asosiy ma’lumotlar va ularning vazifasi

Ma’lumot turi	Mazmuni	Tahlildagi vazifasi
Landsat tasvirlari	2010-2025-yillar uchun multispektral sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari	NDVI va NDMI indekslarini hisoblash
Kadastr konturlari	Yer uchastkalari yoki yer turlari chegaralari	Indeks natijalarini kontur kesimida umumlashtirish
Atribut ma’lumotlar	Kontur raqami, maydon, yer turi, foydalanish holati	Monitoring natijalarini kadastr jadvali bilan bog‘lash
GIS muhiti	ArcGIS/QGIS tipidagi geoaxborot dasturiy platformasi	Xaritalash, zonal statistika va geoma’lumotlar bazasini yuritish
Dala tekshiruvi	Tanlangan konturlar bo‘yicha nazorat kuzatuvlari	Masofadan zondlash natijalarini aniqlashtirish



2-rasm. Monitoring natijalarini yer kadastri ma’lumotlari bilan integratsiyalash modeli

Natijalar va muhokama

Tadqiqot natijasida ko‘p yillik daraxtzorlar monitoringi natijalarini yer kadastri ma’lumotlari bilan bog‘lashga qaratilgan geoaxborot yondashuvi ishlab chiqildi. Ushbu yondashuvning asosiy afzalligi shundaki, sun’iy yo‘ldosh indekslari alohida raster qatlam sifatida emas, balki har bir kadastr konturi bo‘yicha miqdoriy va sifat ko‘rsatkichlari shaklida talqin qilinadi. Natijada monitoring ma’lumotlari kadastr tizimida amaliy foydalanish mumkin bo‘lgan atribut ko‘rsatkichga aylanadi.

Masalan, oddiy NDVI xaritasi daraxtzorlarning umumiy vegetatsion holatini ko‘rsatsa, kadastr konturi kesimidagi NDVI o‘rtacha qiymati aynan qaysi yer uchastkasida vegetatsion faollik past yoki yuqori ekanligini aniqlash imkonini beradi. NDMI ko‘rsatkichining kontur bo‘yicha tahlili esa namlik stressi mavjud bo‘lishi mumkin bo‘lgan maydonlarni ajratishga xizmat qiladi. NDVI va NDMI natijalarini birgalikda tahlil qilish orqali daraxtzorlarning tashqi yashillik darajasi va namlik bilan ta’minlanganlik holati kompleks baholanadi.

Taklif etilgan integratsion modelda har bir kadastr konturi uchun maxsus monitoring atributlari shakllantiriladi. Ushbu atributlar kadastr bazasining mavjud maydon, yer turi va foydalanuvchi haqidagi ma’lumotlarini masofadan zondlashdan olingan indikatorlar bilan boyitadi. Natijada yer uchastkasi haqidagi axborot statik tavsifdan dinamik monitoring tavsifiga o‘tadi.

2-jadval. Kadastr konturi kesimida shakllantiriladigan monitoring atributlari

Atribut nomi	Tavsifi	Amaliy ahamiyati
Contour_ID	Kadastr konturi yoki yer uchastkasining identifikatori	Monitoring natijasini aniq kontur bilan bog‘lash
Land_type	Yer turi yoki foydalanish yo‘nalishi	Ko‘p yillik daraxtzor va boshqa yer turlarini farqlash
NDVI_mean	Kontur bo‘yicha o‘rtacha vegetatsion indeks	Daraxtzorlarning umumiy yashillik darajasini baholash
NDMI_mean	Kontur bo‘yicha o‘rtacha namlik indeksi	Namlik stressi ehtimolini aniqlash
Status_class	Barqaror, monitoring talab qilinadi yoki xavfli holat sinfi	Boshqaruv qarorlari uchun ustuvorlik belgilash
Field_check	Dala tekshiruvi zarurligi belgisi	Aniqlashtirish talab qilinadigan maydonlarni ajratish

Geoaxborot bazasida shakllantirilgan bunday atributlar yer monitoringi jarayonining tezkorligini oshiradi. Chunki mas’ul mutaxassis alohida raster xaritalarni qayta tahlil qilmasdan, kadastr konturi atribut jadvali orqali muammoli uchastkalarni saralashi, filtr qilishi va xaritada ko‘rsatishi mumkin bo‘ladi. Bu esa dala tekshiruvlarini rejalashtirish, agrotexnik chora-tadbirlarni hududiy yo‘naltirish va kadastr ma’lumotlarini aniqlashtirishda muhim ahamiyatga ega.

Tahlil shuni ko‘rsatadiki, kadastr ma’lumotlari va masofadan zondlash indikatorlari o‘rtasidagi integratsiya uch turdagi nomuvofiqliklarni aniqlashga yordam beradi. Birinchisi - kadastrda ko‘p yillik daraxtzor sifatida ko‘rsatilgan, ammo indeks qiymatlari past bo‘lgan konturlar. Ikkinchisi - kadastrda boshqa yer turi sifatida qayd etilgan, biroq spektral belgilariga ko‘ra daraxtzor qoplamiga ega maydonlar. Uchinchisi - vegetatsion holati barqaror bo‘lsa-da, NDMI qiymati past bo‘lgan, ya’ni namlik stressi xavfi mavjud konturlar. Mazkur nomuvofiqliklar kadastr yangilanishi va yer monitoringi uchun ustuvor tekshiruv obyektlari sifatida qabul qilinishi mumkin.

Shunday qilib, taklif etilayotgan geoaxborot yondashuvi kadastr va monitoring tizimlari o‘rtasida funksional bog‘liqlik yaratadi. Bunda masofadan zondlash natijalari ilmiy tahlil mahsuloti sifatida qolib ketmay, balki yer resurslarini boshqarish, kadastr ma’lumotlarini yangilash va ekologik-agrotexnik nazoratni kuchaytirish uchun amaliy vositaga aylanadi.



3-rasm. Kadastr konturlari kesimida monitoring natijalari asosida qaror qabul qilish sikli

3-jadval.

Integratsiyalashgan monitoring natijalaridan foydalanish yo‘nalishlari

Yo‘nalish	Qo‘llanish mazmuni	Kutiladigan natija
Yer kadastri	Yer turi va amaldagi foydalanish holatini aniqlashtirish	Kadastr atributlarining ishonchliligi oshadi
Yer monitoringi	Vegetatsion va namlik holati bo‘yicha muammoli konturlarni ajratish	Monitoring tezkorligi va manzilliligi kuchayadi
Agrotexnik boshqaruv	Sug‘orish va parvarish talab qilinadigan daraxtzorlarni belgilash	Resurslardan maqsadli foydalanish imkoniyati kengayadi
Dala tekshiruvi	Tekshiruv obyektlarini indeks qiymatlari asosida tanlash	Vaqt va mehnat sarfi kamayadi
Kartografik ta’minot	Tematik monitoring xaritalarini ishlab chiqish	Qaror qabul qilish uchun vizual-analitik asos yaratiladi

Xulosalar

1. Ko‘p yillik daraxtzorlar monitoringi natijalarini yer kadastri ma’lumotlari bilan integratsiyalash yer resurslarini boshqarishning zamonaviy geoaxborot yondashuvi sifatida katta amaliy ahamiyatga ega.

2. NDVI va NDMI indekslari kadastr konturlari kesimida umumlashtirilganda, har bir yer uchastkasi bo‘yicha vegetatsion faollik, namlik holati va monitoring xulosasini atribut jadvalida ifodalash imkoniyati yuzaga keladi.

3. Taklif etilgan metodika kadastr ma’lumotlarining faqat huquqiy-hisobga olish funksiyasini emas, balki ularning fazoviy-analitik monitoring imkoniyatlarini ham kengaytiradi.

4. Masofadan zondlash natijalari va kadastr konturlari o‘rtasidagi integratsiya amaldagi foydalanish

holati bilan rasmiy kadastr ma’lumotlari o‘rtasidagi nomuvofiqliklarni aniqlashga yordam beradi.

5. Mazkur yondashuv Quva tumani misolida ko‘p yillik daraxtzorlar holatini baholash, kadastr ma’lumotlarini aniqlashtirish, muammoli maydonlarni ajratish va boshqaruv qarorlarini asoslashda qo‘llanishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS // Third Earth Resources Technology Satellite Symposium. NASA SP-351. - Washington, 1974. - P. 309-317.

2. Tucker C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation // Remote Sensing of Environment. - 1979. - Vol. 8. - P. 127-150.

3. Gao B.C. NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space // Remote Sensing of Environment. - 1996. - Vol. 58. - P. 257-266.

4. U.S. Geological Survey. Landsat Collection 2 Level-2 Science Products. - USGS Landsat Missions, 2024.

5. U.S. Geological Survey. Landsat Collection 2 Surface Reflectance. - USGS Landsat Missions, 2024.

6. Lillesand T., Kiefer R.W., Chipman J. Remote Sensing and Image Interpretation. - 7th ed. - Wiley, 2015.

7. Jensen J.R. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. - 2nd ed. - Pearson, 2007.

8. Burrough P.A., McDonnell R.A., Lloyd C.D. Principles of Geographical Information Systems. - Oxford University Press, 2015.

9. Congalton R.G., Green K. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. - 3rd ed. - CRC Press, 2019.

10. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Yashil makon” umummilliy loyihasi doirasidagi ekologik barqarorlikni ta’minlashga oid me’yoriy-huquqiy hujjatlari. - Toshkent, 2023.

UDK: 528.8:712.41:504.06

GAT VA MASOFADAN ZONDLASH TEXNOLOGIYALARI YORDAMIDA DARAXTLAR MONITORINGINI YURITISH (TOSHKENT SHAHRI YUNUSOBOD TUMANI MISOLIDA)

Nurbek Xurramov *– "TIQXMMI" MTU, "Magistratura" fakulteti talabasi*

Shaxzod Iskandarov *– "TIQXMMI" MTU, "Magistratura" fakulteti talabasi*

Zafar Gafurov *– "IWMI" Geografiya fanlari bo'yicha falsafa doktori, PhD*

Annotatsiya *Ushbu maqola Toshkent shahrining Yunusobod tumanida daraxtlar monitoringini geografik axborot tizimlari (GAT) va masofadan zondlash texnologiyalari yordamida amalga oshirishga bag'ishlangan. Tadqiqotda daraxtlarning ekologik ahamiyati, huquqiy asoslari va mahalliy sharoitlar tahlil qilingan. Zamonaviy usullar, shu jumladan sun'iy yo'ldosh tasvirlari, dronlar va chuqur o'rganish modellari qo'llanilgan. Natijalar shahar yashil hududlarini boshqarishda monitoringning samaradorligini ko'rsatdi. Takliflar texnologiyalarni kengaytirish va integratsiyaga qaratilgan.*

Kalit so'zlar: *GAT, masofadan zondlash, daraxtlar monitoringi, Yunusobod tumani, yashil hududlar, chuqur o'rganish, sun'iy yo'ldosh tasvirlari.*

Аннотация. *Эта статья посвящена мониторингу деревьев в Юнусабадском районе города Ташкента с использованием географических информационных систем (ГИС) и технологий дистанционного зондирования. В исследовании проанализированы экологическая значимость деревьев, правовые основы и местные условия. Применены современные методы, включая спутниковые изображения, дроны и модели глубокого обучения. Результаты демонстрируют эффективность мониторинга в управлении городскими зелёными зонами. Предложения направлены на расширение технологий и интеграцию.*

Ключевые слова*: ГИС, дистанционное зондирование, мониторинг деревьев, Юнусабадский район, зеленые зоны, глубокое изучение, спутниковые снимки.*

Abstract.*This article focuses on tree monitoring in the Yunusobod district of Tashkent using Geographic Information Systems (GIS) and remote sensing technologies. The study analyzes the ecological importance of trees, legal frameworks, and local conditions. Modern methods, including satellite imagery, drones, and deep learning models, were applied. The results demonstrate the effectiveness of monitoring in managing urban green spaces. Recommendations aim at expanding technologies and integration.*

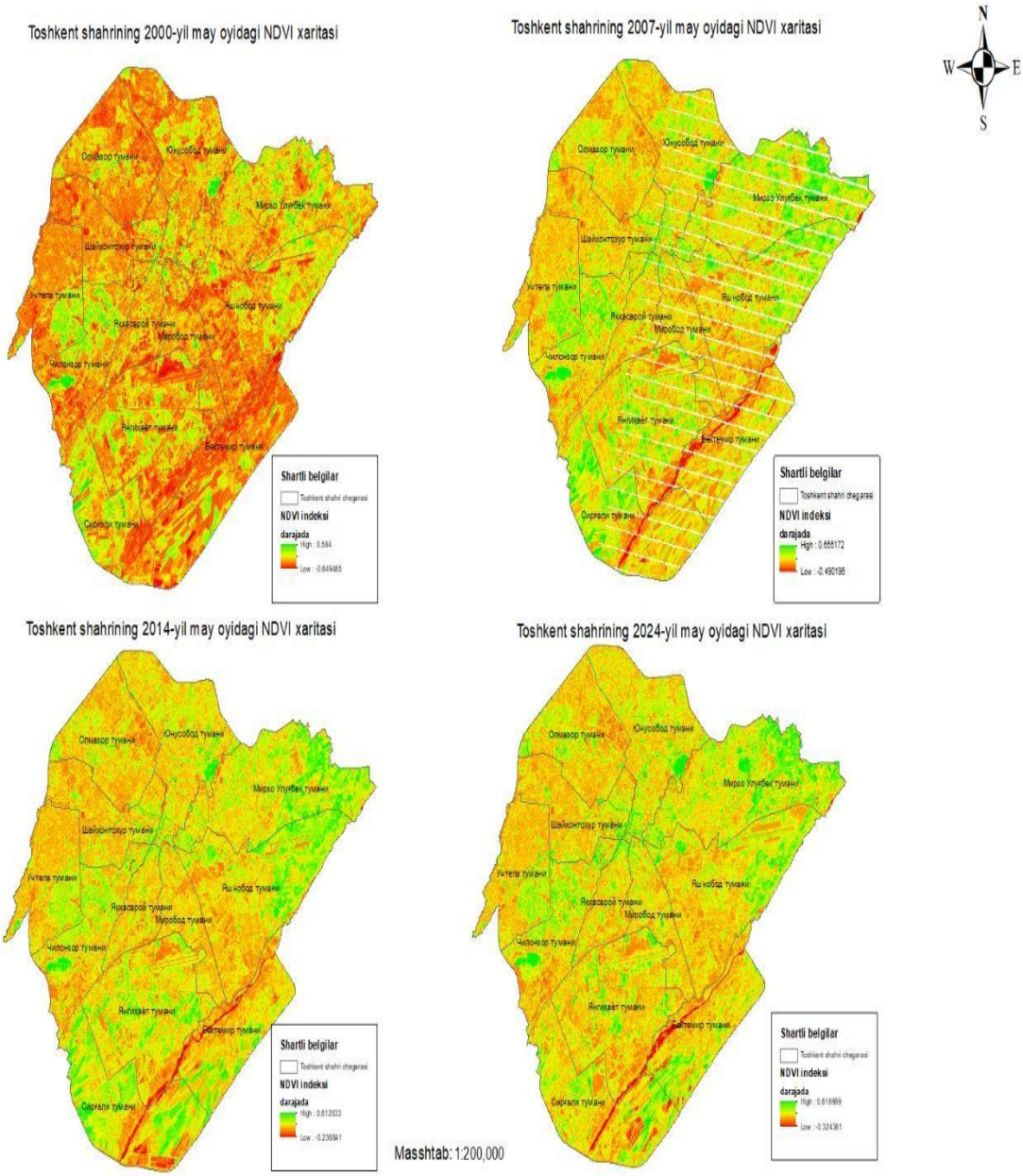
Keywords: *GIS, remote sensing, tree monitoring, Yunusabad district, green areas, deep study, satellite imagery.*

Kirish. Hozirgi davrda ekologik muvozanatning barqarorligini ta'minlash masalasi global muammolardan biri bo'lib qolmoqda. Urbanizatsiya jarayonlarining jadallashishi, aholining ortib borishi, infratuzilmalarning kengayishi

natijasida yashil hududlarning qisqarishi ekologik muhitga salbiy ta‘sir ko‘rsatmoqda. Xususan, yirik shaharlarda, jumladan Toshkent shahrida ham bu jarayonlar tobora kuchayib bormoqda. Bunday sharoitda vegetatsiya holatini baholash, daraxtzor va yashil zonalarning dinamikasini tahlil qilish dolzarb ahamiyat kasb etadi. Bugungi kunda axborot texnologiyalarining taraqqiy etishi, masofaviy zondlash va geografik axborot tizimlari sohalaridagi yutuqlar ushbu jarayonlarni yangi bosqichga olib chiqmoqda [9].

Masofaviy zondlash vositalari yordamida turli vaqt kesimlarida yer yuzasining tasvirlarini olish, ularni raqamli shaklda qayta ishlash orqali muayyan obyektlar, jumladan vegetatsiya zonalarining sifat va miqdor jihatidan holatini o‘rganish imkoniyati yaratiladi. GAT esa bu ma’lumotlarni fazoviy tahlil qilish, xaritalar yaratish va ulardan samarali foydalanishni ta’minlaydi. Ushbu bitiruv malakaviy ishning asosiy maqsadi – Yunusobod tumani misolida daraxtlarning rivojlanishi va ularning monitoringini GAT dasturlari yordamida yuritish ishlarini olib borish va tahlil qilishdan iborat, chunki daraxtlar tabiatning muhim tarkibiy qismi sifatida ekologik barqarorlikni ta’minlash, iqtisodiy daromad keltirish va jamiyat farovonligini ko‘tarishda katta ahamiyatga ega. Ular atmosfera sifatini yaxshilash, iqlim o‘zgarishlariga qarshi kurashda uglerod gazini yutish va biologik xilma-xillikni saqlash kabi ekologik vazifalarni ado etadi. Iqtisodiy jihatdan, daraxtlar yog‘och, meva va boshqa mahsulotlar bilan ta’minlaydi, shu bilan birga turizm va dam olish sohalarida ham foyda keltiradi. Shahar hududlarida esa ular ko‘chalarni obodonlashtirib, aholiga soyali maskanlar va estetik muhit yaratadi [10].

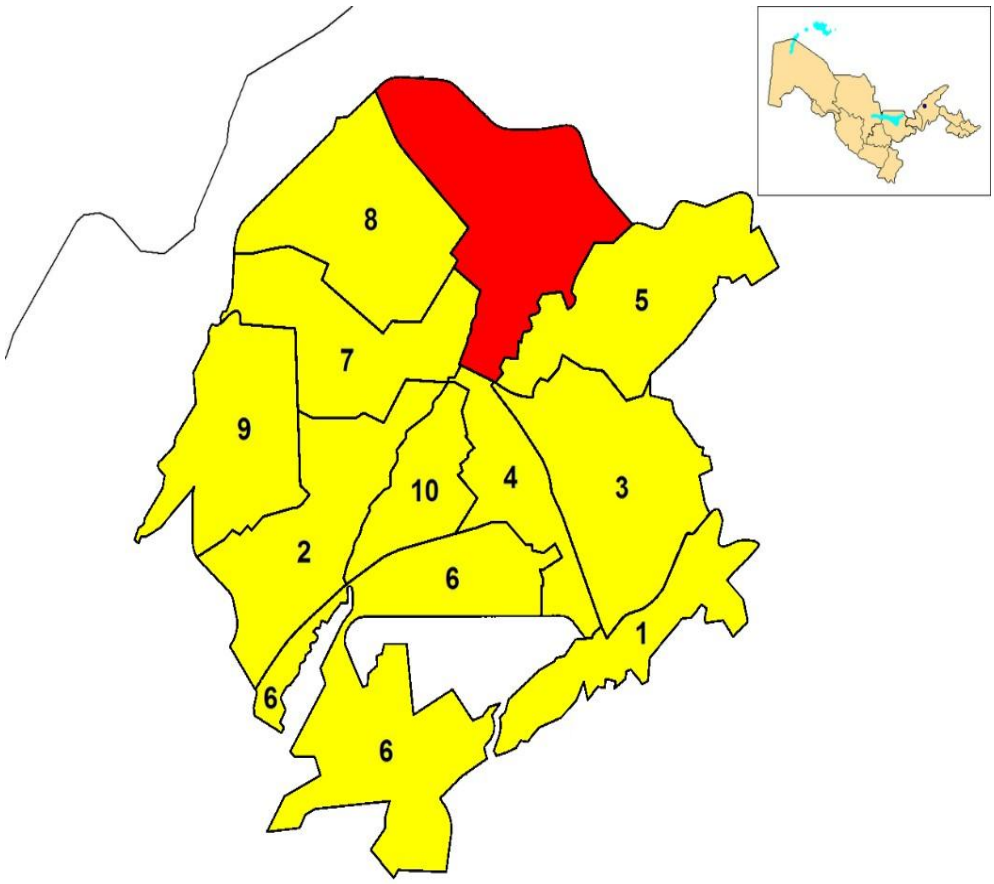
Tahlil va natijalar Tabiiy resurslarni, xususan, daraxtlar va o‘rmon ekotizimlarini samarali boshqarish zamonaviy ekologik siyosatning muhim yo‘nalishi sifatida global miqyosda e’tirof etilmoqda. Daraxtlar monitoringi nafaqat atrof-muhitni muhofaza qilish, balki iqlim o‘zgarishi, biologik xilma-xillikni saqlash va barqaror rivojlanish maqsadlariga erishishda strategik ahamiyatga ega. Ushbu jarayonning muvaffaqiyati, avvalo, mustahkam huquqiy asoslarga tayanadi, chunki normativ-huquqiy hujjatlar monitoring tizimining samaradorligini ta’minlashda asosiy yo‘l-yo‘riq bo‘lib xizmat qiladi [9].
O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 30-dekabrdagi PF-46-son Farmoni: “Respublikada ko‘kalamzorlashtirish ishlarini jadallashtirish, daraxtlar muhofazasini yanada samarali tashkil etish chora-tadbirlari to‘g‘risida”[9].



Rasm 1. Toshkent shahri 2000-2024-yillardagi NDVI xaritasi.

Toshkent shahrida o‘tkazilgan tahlillar natijasida, so‘nggi 24 yil ichida (2000-2024 yillar) NDVI qiymatlari oshgani kuzatildi, bu daraxtlar soni va yashil hududlarning kengayganidan dalolat beradi. Masalan, 2000 yilda NDVI o‘rtacha qiymati past bo‘lib, shahar hududida qizil va sariq ranglar ustunlik qilgan bo‘lsa, 2024 yilga kelib yashil ranglarning ko‘payishi shahar ko‘kalamzorlashtirish dasturlarining samarasini ko‘rsatmoqda.

Yunusobod tumani — Toshkent shahrining shimoliy qismida joylashgan ma’muriyhududiy birlik bo‘lib, 1936-yilda Kirov tumani nomi bilan tashkil etilgan. 1992-yil may oyidan boshlab Yunusobod tumani deb ataladi. Tuman shaharning Amir Temur maydonidan Toshkent halqa yo‘ligacha bo‘lgan hududni egallaydi. Yunusobod tumani Toshkent shahrining shimoliy qismida, 41°21′31″ shimoliy kenglik va 69°17′21″ sharqiy uzunlik koordinatalarida joylashgan. Tuman hududi 41,01 km² (4 101 gektar) maydonni egallaydi va dengiz sathidan 473 metr balandlikda joylashgan [11].



Rasm2.Yunusobod tumani geografik xaritasi

Daraxtlar monitoringi atrof-muhitni muhofaza qilish, biologik xilma-xillikni saqlash va iqlim o‘zgarishiga qarshi kurashda muhim ahamiyatga ega bo‘lib, ushbu sohada olib borilayotgan ilmiy izlanishlar tabiiy resurslarni samarali boshqarish uchun muhim asos bo‘lib xizmat qiladi. O‘zbekiston Respublikasida daraxtlar monitoringi “Yashil makon” umummilliy loyihasi doirasida faol rivojlanmoqda, bu esa mahalliy va xalqaro tajribalarni o‘rganishni talab qiladi [9].



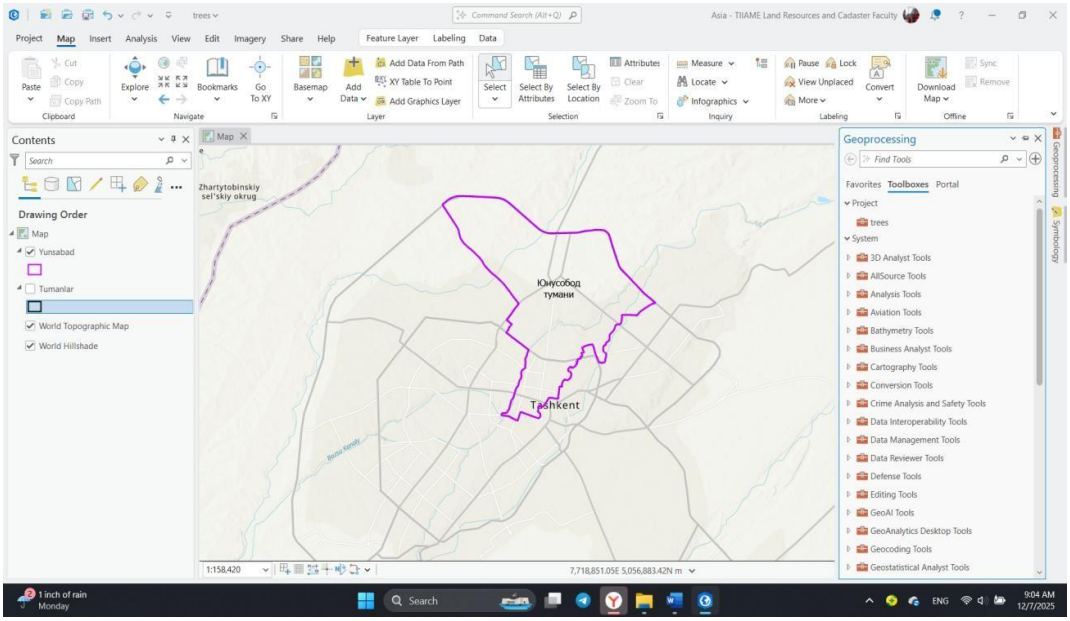
Rasm 3. Daraxtlarning birlamchi xususiy ma’lumotlari ro‘yxati.

Daraxtlar monitoringi va ularga oid amaliy tahlillarni muvaffaqiyatli amalga oshirish uchun dastlabki ma’lumotlarni jamlash jarayoni asosiy o‘rin tutadi. Ushbu jarayon daraxtlarning turli xususiyatlarini, joylashuvini va atrof-muhit sharoitlarini tizimli ravishda yig‘ishni o‘z ichiga oladi. O‘zbekiston Respublikasida “Yashil makon” loyihasi doirasida ushbu jarayon mamlakatning ekologik va iqlimiy xususiyatlariga moslashtirilgan holda amalga oshirilmoqda [7].

1-jadval:

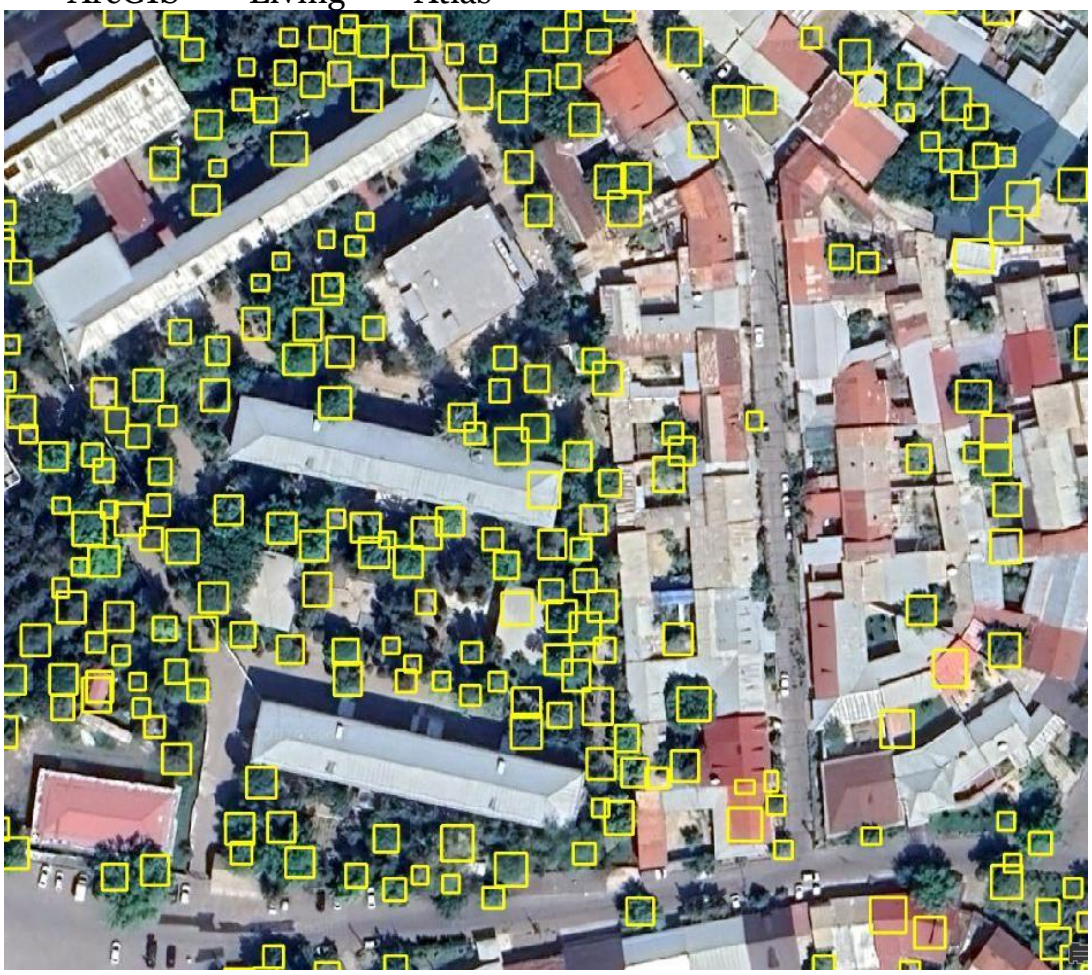
Daraxtlar monitoringida qo'llaniladigan dasturiy ta'minotlar

Dastur nomi	Asosiy funksiyalari	Afzalliklari	O‘zbekistonda qo‘llanilishi misoli
ArcGIS	Fazoviy tahlil, NDVI hisoblash, xaritalash, GPS integratsiyasi	Yuqori aniqlikdagi xaritalar, katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash	Toshkentda daraxt zichligini xaritalash, shahar yashil zonalarini aniqlash
ArcGIS Pro	2D/3D xaritalar, real vaqtli tahlil, Python asosida avtomatlashtirish, 3D vegetatsiya modeli	Kuchli vizualizatsiya, tezkor interfeys, ko‘p qatlamli tahlil, Esri tizimlari bilan integratsiya	Daraxtlarning 3D modeli yaratish, “Yashil Makon” loyihasi ma’lumotlarini qatlamli boshqarish
QGIS	Ochiq kodli xaritalash, Sentinel tasvirlarini tahlil qilish, plaginlar orqali vegetatsiya tahlili	Bepul, ochiq manbali, talabalarga qulay, ko‘p modulli	Qizilqumda saksovul plantatsiyasini Sentinel-2 orqali monitoring qilish
Kopernik Open Access Hub	Sentinel-2/3 tasvirlari, NDVI, erdan foydalanish o‘zgarishlari, vaqt seriyasini tahlil qilish	Global qamrov, bepul yuqori aniqlikdagi ma’lumotlar	Farg‘onada daraxt sog‘lig‘i monitoringi, noqonuniy kesish joylarini aniqlash
Google Earth Engine	Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari bilan ishlash, vegetatsiya dinamikasi, o‘rmon kesish tahlili	Katta ma’lumotlar bilan ishlash, dasturlash asosli, real vaqtda tahlil	Qoraqalpog‘istonda ekilgan daraxtlarning o‘sishini real vaqt rejimida kuzatish
Yashil Makon platformasi	GPS asosida daraxtlarni ro‘yxatga olish, ID belgisi, planshetlar orqali monitoring	Mahalliylashtirilgan, real vaqtli nazorat, shaffoflik	254 mln daraxt qayd etilgan, noqonuniy kesish 20%ga kamaygan



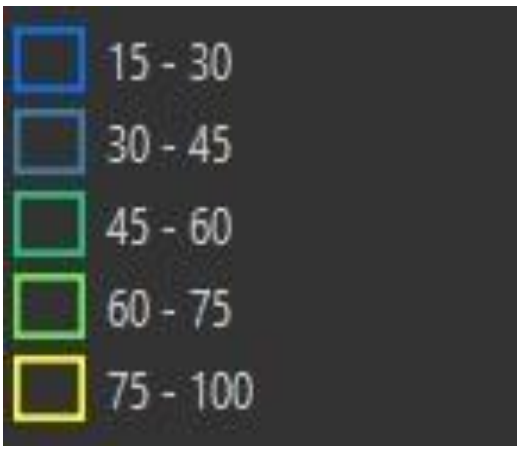
Rasm 4: Daraxtlar monitoringi uchun dasturiy ta'minot interfeysi

Daraxtlar monitoringini GAT va masofadan zondlash texnologiyalari yordamida yuritish jarayonida chuqur o'rganish modellari qo'llanilgan. Model ArcGIS Living Atlas platformasidan yuklab olingan va DeepForest asosida ishlab chiqilgan [5]. Natijada Yunusobod tumanida 150 mingdan ziyod daraxt aniqlangan.

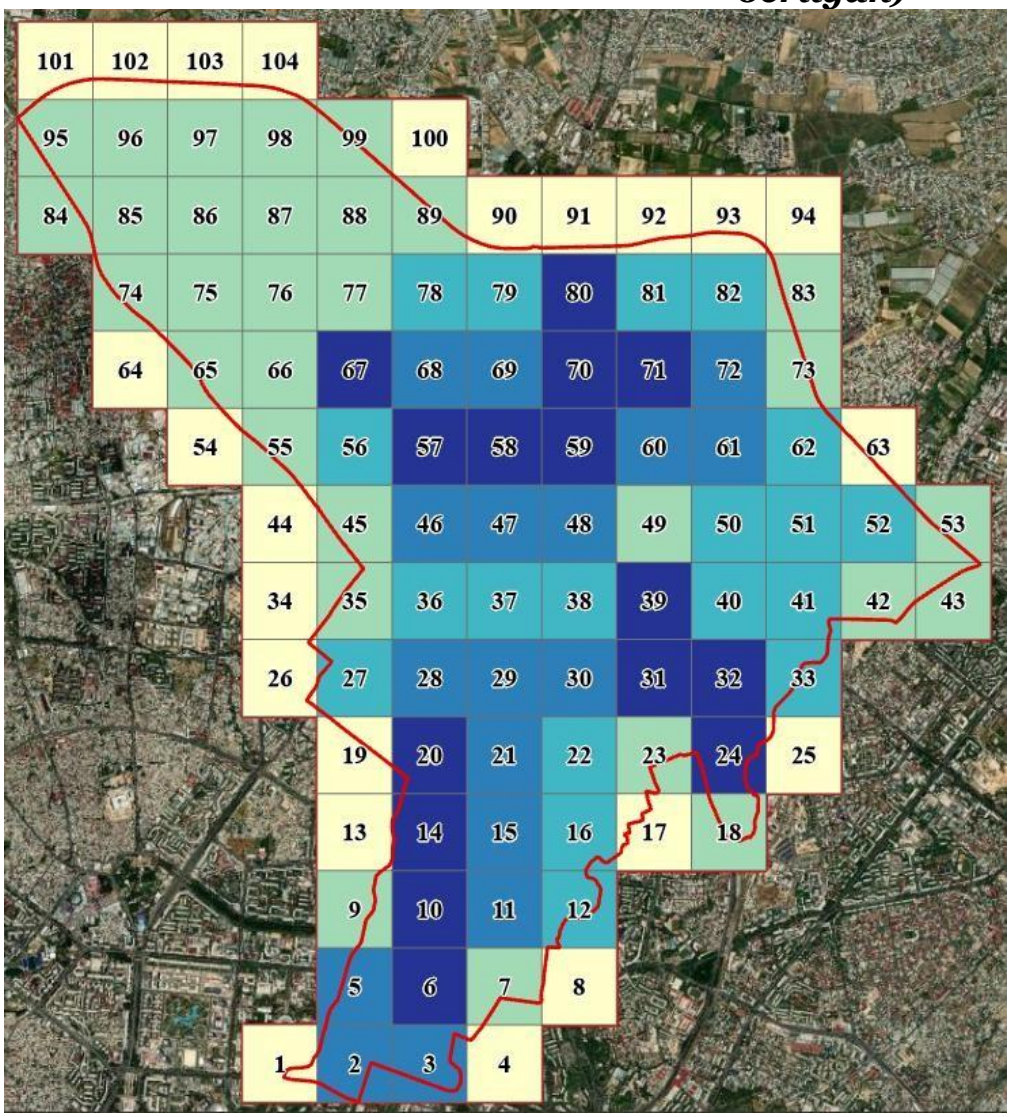


Rasm 5. Daraxtlarni masofadan zondlashning chuqur o‘rganish usuli orqali yaratish natijalari(7 711 767,84E 5 065 141,41N m)

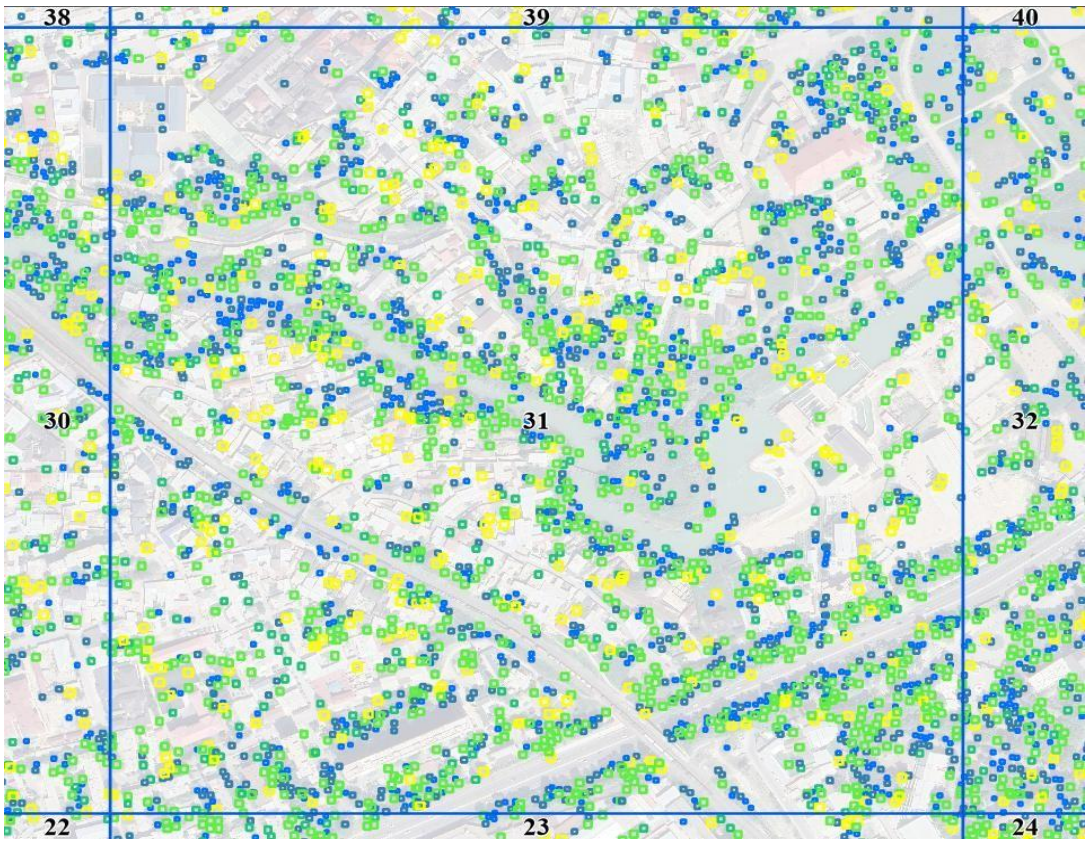
An'anaviy va masofadan zondlash usullarining solishtirmasi quyidagi jadvalda keltirilgan: Yunusobod tumani bo‘ylab chuqur tahlil natijalari hosil qilingan. Ularni vizuallashtirishda noodatiy usullarga murojaat etilgan. Usulning noodatiyligi uning daraxt o‘lchamlariga mos ravishda ranglarga ajratilishida bo‘ldi.



Rasm 6. Daraxtlarning yiriklik darajasi bo‘yicha sinflarga ajratilichi va shartli belgilar(qiymatlar metr² da berilgan)

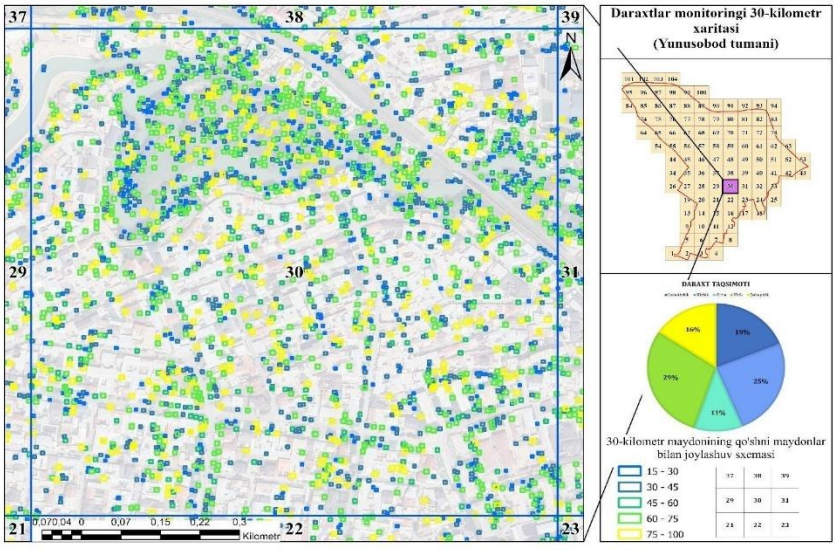


Rasm 7: Identifikatsiya raqami va daraxtlar soni shkalasida tasvirlangan kataklar sxemasi. Monitoring xaritalarini ishlab chiqishda kataklar usuli qo'llanilgan, bu hududni 1 km² maydonlarga bo'lib, daraxtlar sonini aniqlashga yordam berdi [3].



Rasm 8. Monitoring xaritasining tuzilmasi.

Monitoring xaritalarini tuzish jarayoni kataklar kesimida shakllantirilganda undagi daraxtlar soni, kattalik darajasi va masofaviy zondlash orqali olish mumkin bo‘lgan ma’lumotlar yaqqol ko‘rina boshlaydi. Yo‘l chetlari va xonadonlarni ichki hovlisidagi daraxtlarni ham ajratish imkoniyati yuzaga keladi. Monitoring xaritalariga yana bir nechta mikroelementlar qo‘shish asnosida maksimal axborot bilan ta’minlangan xaritani shakllantirish mumkin. Bunda, sxematik xarita, shartli belgilar asosiy o‘rin tutadi.



9-rasm. Daraxtlar monitoringi

Xulosa va takliflar Ushbu tadqiqot Toshkent shahri Yunusobod tumani misolida daraxtlar monitoringini Geografik Axborot Tizimlari (GAT) va masofadan zondlash texnologiyalari asosida tashkil etishning nazariy va amaliy jihatlarini o‘rganishga bag‘ishlandi. Tadqiqot jarayonida daraxtlar monitoringining ekologik barqarorlik, biologik xilma-xillikni saqlash va shahar infratuzilmasini rivojlantirishdagi ahamiyati aniqlandi. O‘zbekiston Respublikasining “Yashil makon” loyihasi doirasida qabul qilingan huquqiy asoslar, xususan, Prezident farmonlari va Vazirlar Mahkamasi qarorlari daraxtlar monitoringini tizimli va shaffof yuritishga mustahkam poydevor yaratdi. Shu bilan birga, mahalliy va xalqaro tadqiqotlar tahlili zamonaviy texnologiyalar, masalan, sun’iy yo‘ldosh tasvirlari, dronlar, LiDAR va sun’iy intellekt asosidagi yondashuvlarning monitoring jarayonida samaradorligini ko‘rsatdi [1, 2, 3, 4, 5].

Yunusobod tumanining geografik-ekologik sharoitlari, zich qurilish va cheklangan yashil hududlar tufayli daraxtlar monitoringini avtomatlashtirilgan va raqamli tizimlarga asoslangan holda olib borish zarurligini ta’kidladi. GIS platformalari (ArcGIS Pro), masofadan zondlash vositalari (Landsat) va “Yashil makon” platformasi kabi dasturiy ta’minotlar daraxtlarning joylashuvi, turi, holati va o‘sish dinamikasini aniq kuzatish imkonini berdi.

Takliflar:

• Zamonaviy texnologiyalarni joriy etish: LiDAR va sun’iy intellekt asosidagi algoritmlarni kengroq qo‘llash orqali daraxtlarning morfologiyasi va sog‘ligini aniqroq baholash [4].

• Dronlardan foydalanishni kengaytirish: Shahar bog‘lari va yashil zonalarda dronlar orqali yuqori aniqlikdagi tasvirlarni olish va 3D modellar yaratishni kengaytirish [5].

• Ma’lumotlar integratsiyasi: Copernicus, USGS Earth Explorer va Google Earth Engine kabi xalqaro platformalardan olingan ma’lumotlarni mahalliy GIS tizimlariga integratsiya qilish [10].

Ushbu takliflar Yunusobod tumani va umuman O‘zbekiston miqyosida daraxtlar monitoringini yanada samarali va ilmiy asosda olib borishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Asner, G. P., Martin, R. E., Knapp, D. E., et al. (2016). “Airborne Laser-Guided Imaging Spectroscopy to Map Forest Trait Diversity and Guide Conservation.” Science Advances, 2(1), e1500936.
2. Geografiya va Tabiiy Resurslar (O‘zbekiston).
3. Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., et al. (2013). “High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change.” Science Journal, 342(6160), 850– 853.
4. Journal of Environmental Management.
5. Koh, L. P., & Wich, S. A. (2012). “Dawn of Drone Ecology: Low-Cost Autonomous Aerial Vehicles for Conservation.” Tropical Conservation Science, 5(2), 121–132.
6. Lex.uz. 7. Nowak, D. J., et al. (2013). “Carbon Storage and Sequestration by Urban Trees in the USA.”
8. O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligi rasmiy sayti. https://eco.gov.uz.
9. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 30-dekabrdagi PF-46-sonli Farmoni, “Yashil makon”

umummilliy loyihasini amalga oshirish to‘g‘risida.
10. https://earthexplorer.usgs.gov/ - Earthexplorer sayti.
11. https://uz.wikipedia.org/ - Yunusobod tumani haqida olingan ma’lumotlar bo‘limi.

UDK: 528.8:332.3:004.9

GIS VA MASOFADAN ZONDLASH TEXNOLOGIYALARIGA ASOSLANGAN RAQAMLI MONITORING MODELINI TAKOMILLASHTIRISH(JONDOR TUMANI MISOLIDA)

Q.M.Muxamadov-*Buxoro davlat texnika universiteti “Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari” kafedrasi o’qituvchisi. qmuxamadov@gmail.com*

F.Sh.Xudoyberdiyev *-Buxoro davlat texnika universiteti “Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari” kafedrasi professori, t.f.f.d., (PhD).*

I.Nazarov - *Buxoro davlat texnika universiteti talabasi*

Annotatsiya*: Maqolada yer resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirishda GIS, masofadan zondlash va GeoDB texnologiyalariga asoslangan raqamli monitoring modelini takomillashtirish masalalari Jondor tumani misolida yoritilgan. Tadqiqotda yer uchastkalarining fazoviy holati, tuproq boniteti, meliorativ sharoiti, sizot suvlari, sho‘rlanish xavfi, infratuzilma bilan ta’minlanganlik va qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarish ko‘rsatkichlarini yagona raqamli axborot muhitida birlashtirish zarurligi asoslangan. Jondor tumani sug‘oriladigan qishloq xo‘jaligi yerlari suv resurslariga bog‘liqligi, sho‘rlanishga moyilligi va meliorativ holatdagi tafovutlar bilan ajralib turadi. Shu sababli mavjud kadastr, bonitet va masofadan zondlash ma’lumotlarini GIS qatlamlari asosida integratsiyalash yer resurslarini boshqarishda aniq, tezkor va ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilish imkonini beradi.*

Kalit so‘zlar: *yer resurslari, GIS, masofadan zondlash, raqamli monitoring, GeoDB, NDVI, kadastr, bonitet balli, meliorativ holat, Jondor tumani.*

Аннотация*: В статье рассматриваются вопросы совершенствования модели цифрового мониторинга, основанной на технологиях GIS, дистанционного зондирования и GeoDB, в целях повышения эффективности использования земельных ресурсов на примере Жондорского района. Обоснована необходимость интеграции пространственного состояния земельных участков, бонитета почв, мелиоративного состояния, уровня грунтовых вод, риска засоления, инфраструктурной обеспеченности и показателей сельскохозяйственного производства в единой цифровой информационной среде. Предложенная модель позволяет повысить оперативность мониторинга, выявлять проблемные земельные участки и принимать научно обоснованные управленческие решения.*

Ключевые слова: *земельные ресурсы, ГИС, дистанционное зондирование, цифровой*

мониторинг, GeoDB, NDVI, кадастр, бонитет почв, мелиоративное состояние, Жондорский район.

***Abstract**:The article examines the improvement of a digital monitoring model based on GIS, remote sensing and GeoDB technologies to increase the efficiency of land resource use using the example of Jondor district. The study substantiates the need to integrate spatial land parcel data, soil bonitet scores, reclamation conditions, groundwater levels, salinity risks, infrastructure provision and agricultural productivity indicators into a unified digital information environment. The proposed model enables timely monitoring, identification of problematic land plots and scientifically grounded land management decisions.*

***Keywords**: land resources, GIS, remote sensing, digital monitoring, GeoDB, NDVI, cadastre, soil bonitet, land reclamation, Jondor district.*

Kirish. Yer resurslari har qanday hududning iqtisodiy, ekologik va ijtimoiy rivojlanishida strategik ahamiyatga ega bo‘lgan cheklangan tabiiy resurs hisoblanadi. O‘zbekiston Respublikasining Yer kodeksida yer umummilliy boylik sifatida e’tirof etilib, undan oqilona foydalanish, tuproq unumdorligini saqlash va oshirish, yerga bo‘lgan huquqlarni himoya qilish yer munosabatlarini tartibga solishning asosiy vazifalaridan biri sifatida belgilangan [1]. Davlat kadastrlari to‘g‘risidagi qonunchilik esa kadastr axborotini shakllantirish, saqlash va undan foydalanishning huquqiy asoslarini belgilaydi [2]. Mazkur normativ asoslar yer resurslarini boshqarishda an’anaviy hisob yuritishdan raqamli, integratsiyalashgan va monitoringga asoslangan yondashuvga o‘tishni talab etadi.So‘nggi yillarda mamlakatda raqamli transformatsiya jarayonlari davlat boshqaruvi, iqtisodiyot, kadastr va hududiy rejalashtirish tizimlariga keng kirib bormoqda. “Raqamli O‘zbekiston - 2030” strategiyasida davlat va xo‘jalik boshqaruvida raqamli infratuzilmani rivojlantirish, elektron hukumat va axborot tizimlarini takomillashtirish masalalari belgilangan [3]. “O‘zbekiston - 2030” strategiyasida esa barqaror iqtisodiy o‘sish, hududiy rivojlanish va boshqaruv samaradorligini oshirish ustuvor yo‘nalishlar sifatida ko‘rsatilgan [4]. Bunday sharoitda yer resurslarini raqamli monitoring qilish tizimini takomillashtirish nafaqat kadastr aniqligini oshiradi, balki qishloq xo‘jaligi, investitsiya va ekologik boshqaruv uchun ham muhim axborot asosini yaratadi.

Jondor tumani Buxoro viloyatining agrar yo‘nalishdagi hududlaridan biri bo‘lib, tuman yer fondining katta qismi qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishi bilan bog‘liq.Jondor tumanining umumiy yer maydoni 517100 gektar, qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlar 86100 gektar, sug‘oriladigan yerlar esa 28057 gektar ekanligi ko‘rsatilgan [13]. Tumanda 17 ta massiv mavjud bo‘lib, yerlarning bonitet ballari, meliorativ holati va foydalanish samaradorligi hududlar kesimida farqlanadi [13]. Shu sababli mazkur hududda GIS va masofadan zondlash texnologiyalariga asoslangan raqamli monitoring modelini ishlab chiqish va takomillashtirish dolzarb ilmiy-amaliy masala hisoblanadi.

Jondor tumani misolida GIS, masofadan zondlash va GeoDB texnologiyalariga asoslangan raqamli monitoring modelini takomillashtirish, yer resurslaridan foydalanish samaradorligini baholash indikatorlarini belgilash hamda boshqaruv qarorlarini ilmiy asoslashga

xizmat qiluvchi amaliy mexanizmni ishlab chiqishdan iborat.

Xalqaro tajribada yer resurslarini boshqarish tobora ko‘proq raqamli kadastr, geoma’lumotlar bazasi, masofadan zondlash va fazoviy tahlil vositalariga tayanmoqda. FAO tomonidan ishlab chiqilgan yer egaligi va foydalanish huquqlarini mas’uliyatli boshqarish bo‘yicha ko‘rsatmalarda yer axborotining aniqligi, ochiqligi va huquqiy ishonchliligi barqaror boshqaruvning muhim sharti sifatida talqin etiladi [5]. Jahon bankining Land Governance Assessment Framework yondashuvida esa yer boshqaruvi sifati huquqiy aniqlik, reyestrlarning ishonchliligi, foydalanish huquqlari va institutsional muvofiqlik bilan baholanadi [6].

GIS va kadastr integratsiyasida ISO 19152 LADM standarti muhim metodologik asos hisoblanadi. Ushbu standart yer ma’muriyatchiligida huquqlar, cheklovlar, majburiyatlar, fazoviy birliklar va ro‘yxatga olish obyektlarini yagona konseptual modelda ifodalashga xizmat qiladi [7]. OGC API – Features standarti esa geofazoviy obyektlarni veb muhitida izlash, olish va ulashish uchun zamonaviy ochiq interfeyslar asosini belgilaydi [8].

Masofadan zondlash texnologiyalarida NDVI vegetatsiya indeksi qishloq xo‘jaligi ekinlarining rivojlanish holatini baholash, stress omillarini aniqlash va hosildorlik salohiyatini kuzatishda keng qo‘llaniladi. NASA Earthdata manbalarida NDVI o‘simliklarning yashillik darajasini baholash, qishloq xo‘jaligi, tabiiy ofatlar va iqlim o‘zgarishi tadqiqotlarida foydalanilishi qayd etiladi [9]. Sentinel-2 missiyasi yuqori fazoviy aniqlikka ega multispektral tasvirlar orqali yer qoplami, o‘simlik, tuproq va suv qoplamidagi o‘zgarishlarni kuzatish imkonini beradi [10].

O‘zbekiston sharoitida yer resurslarini boshqarishda raqamli texnologiyalarni qo‘llash masalasi kadastr ma’lumotlarining aniqligi, idoralararo axborot almashinuvi, meliorativ holat monitoringi va hududiy rejalashtirish sifatini oshirish bilan bevosita bog‘liq. Jondor tumani misolida bu yondashuv sug‘oriladigan yerlar, sho‘rlanish, sizot suvlari, bonitet ballari va fermer xo‘jaliklari samaradorligini yagona raqamli modelda baholash zaruratini yuzaga keltiradi.

Tadqiqot materiallari va metodlari Tadqiqot obyekti sifatida Buxoro viloyati Jondor tumani qishloq xo‘jaligi yer resurslari tanlandi. Tadqiqot predmeti esa mazkur hududda yer resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirishda GIS, masofadan zondlash va GeoDB texnologiyalariga asoslangan raqamli monitoring modelini takomillashtirish jarayonidan iborat.

Tadqiqotda tizimli tahlil, GIS-tahlil, masofadan zondlash, qiyosiy baholash va integral baholash usullaridan foydalanildi. Tizimli tahlil orqali yer resurslarini boshqarishdagi huquqiy, fazoviy, ekologik va iqtisodiy omillar o‘zaro bog‘liqlikda ko‘rib chiqildi. GIS-tahlil usulida yer toifalari, massivlar, bonitet ballari, meliorativ holat, infratuzilma va ekologik cheklovlar qatlamlar ko‘rinishida umumlashtirildi.

Masofadan zondlash usuli Sentinel-2 va Landsat turkumidagi sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida vegetatsiya, namlik va sho‘rlanish xavfi indikatorlarini aniqlash imkoniyatlarini baholashga qaratildi. Qiyosiy tahlil usuli yordamida mavjud boshqaruv tizimi va taklif etilayotgan raqamli monitoring modeli samaradorlik mezonlari bo‘yicha

solishtirildi. Integral baholash usuli esa turli ko‘rsatkichlarni yagona monitoring indeksiga keltirish orqali yer maydonlarini samaradorlik darajasiga ko‘ra guruhlash imkonini berdi.

Masofadan zondlash asosida vegetatsiya holatini aniqlash uchun NDVI indeksidan foydalanish maqsadga muvofiq:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (1)$$

Bu yerda

NIR - yaqin infraqizil diapazondagi qaytish qiymati,

RED - qizil diapazondagi qaytish qiymati.

NDVI qiymati yuqori bo‘lgan maydonlar ekinlarning vegetatsiya holati yaxshi ekanini, past qiymatlar esa namlik yetishmovchiligi, sho‘rlanish, kasallanish yoki agrotexnik muammolar mavjudligini ko‘rsatishi mumkin [9].

Natijalar va muhokama

Jondor tumani yer resurslarining hududiy tahlili shuni ko‘rsatadiki, tumanda qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishi asosan sug‘oriladigan yerlar, fermer xo‘jaliklari va dehqon xo‘jaliklari faoliyati bilan bog‘liq. Fermer xo‘jaliklari tarkibida dehqonchilik yo‘nalishi 66 foiz, chorvachilik 17 foiz, bog‘dorchilik 16 foiz va sabzavotchilik 1 foiz ulushga ega [13]. Bu holat tumanda yer resurslaridan foydalanish samaradorligini baholashda dehqonchilik va sug‘oriladigan maydonlar monitoringiga alohida e’tibor qaratish zarurligini ko‘rsatadi.

Jondor tumani sharoitida yer resurslarini boshqarishdagi asosiy muammolar sifatida yer uchastkalari haqidagi ma’lumotlarning to‘liq shakllanmaganligi, fazoviy ma’lumotlarning idoralar kesimida tarqoqligi, yer monitoringining tizimli yo‘lga qo‘yilmaganligi, yer ajratish jarayonlarida ortiqcha vaqt va byurokratik bosqichlarning mavjudligi hamda degradatsiyaga uchragan yerlarning aniqlanishi va hisobga olinishi sustligi ko‘rsatildi [13]. Ushbu muammolar raqamli monitoring modelini takomillashtirish zaruratini kuchaytiradi.

GIS, masofadan zondlash va GeoDB texnologiyalarini yagona modelda birlashtirish yer fondining real holatini fazoviy, meliorativ, iqtisodiy va huquqiy ko‘rsatkichlar bo‘yicha baholash imkonini beradi. Natijada yer uchastkalarining faqat maydoni va chegarasi emas, balki undan foydalanish darajasi, hosildorlik salohiyati, ekologik xavfi va investitsiyaviy qulayligi ham aniqlanadi.

1-jadval

Jondor tumani yer resurslarini raqamli monitoring qilish uchun asosiy indikatorlar tizimi

Indikator guruhi	Asosiy ko‘rsatkichlar	Ma’lumot manbasi	Monitoring natijasi
Fazoviy-kadastr indikatorlari	Yer uchastkasi chegarasi, maydoni, koordinatasi, foydalanish turi	Kadastr ma’lumotlari, GIS xarita	Yer uchastkasining aniq fazoviy holati aniqlanadi
Tuproq-bonitet indikatorlari	Bonitet balli, tuproq mexanik tarkibi, unumdorlik darajasi	Tuproq xaritalari, bonitirovka materiallari	Hosildorlik salohiyati baholanadi
Meliorativ indikatorlar	Sizot suvlari sathi, sho‘rlanish, zovur-drenaj holati	Meliorativ kuzatuvlar, dala ma’lumotlari	Muammoli yerlar ajratiladi

Masofadan zondlash indikatorlari	NDVI, namlik, yer qoplami o‘zgarishi	Sentinel-2, Landsat, dron tasvirlari	Vegetatsiya va stress zonalari aniqlanadi
Infratuzilmaviy indikatorlar	Yo‘l, sug‘orish tarmog‘i, elektr va logistika yaqinligi	GIS qatlamlari, mahalliy ma’lumotlar	Investitsiya va ishlab chiqarish qulayligi baholanadi
Iqtisodiy indikatorlar	Hosildorlik, xarajat, sof daromad, rentabellik	Fermer xo‘jaliklari va statistika ma’lumotlari	Yer samaradorligi aniqlanadi

Taklif etilayotgan modelning asosiy ilmiy jihati shundaki, unda yer resurslari faqat kadastr hisoboti obyekti sifatida emas, balki doimiy kuzatiladigan, baholanadigan va boshqaruv qarorlariga bog‘lanadigan raqamli-geofazoviy tizim sifatida qaraladi. Modelning texnologik asosi GeoDB, GIS qatlamlari, masofadan zondlash ma’lumotlari, kadastr reyestri, bonitet va meliorativ ko‘rsatkichlarning integratsiyasidan iborat.

Raqamli monitoring modeli to‘rt asosiy bosqichda amalga oshiriladi. Birinchi bosqichda yer uchastkalari chegaralari, kadastr raqamlari, massivlar, bonitet ballari, ekin turlari, meliorativ holat, sho‘rlanish darajasi, sizot suvlari sathi va infratuzilma obyektlari bo‘yicha ma’lumotlar to‘planadi. Ikkinchi bosqichda yer toifalari, foydalanish shakllari, tuproq boniteti, meliorativ holat, sug‘orish tarmoqlari, zovur-drenaj tizimi, yo‘l tarmoqlari va ekologik cheklovlar GIS qatlamlari shaklida tuziladi.

Uchinchi bosqichda sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida ekinlarning vegetatsiya holati, yer qoplami o‘zgarishi, foydalanilmayotgan maydonlar, namlik yetishmovchiligi va degradatsiya xavfi aniqlanadi. To‘rtinchi bosqichda esa GIS va masofadan zondlash natijalari asosida yerlar yuqori samarali, o‘rtacha samarali va muammoli guruhlarga ajratiladi. Har bir guruh uchun meliorativ, agrotexnik, iqtisodiy va tashkiliy boshqaruv choralari ishlab chiqiladi.

Modelning umumiy mantiqiy tuzilmasi quyidagicha ifodalanadi:

$$K_{rm} = W1_{Fk} + W2_{Bt} + W3_{Mh} + W4_{Rs} + W5_{Iq}$$

Bu yerda

K_{rm} - raqamli monitoring asosidagi umumiy yer samaradorligi ko‘rsatkichi;

Fk - fazoviy-kadastr aniqligi;

Bt - tuproq boniteti va unumdorlik salohiyati;

Mh - meliorativ holat ko‘rsatkichi;

Rs - masofadan zondlash asosidagi vegetatsiya va yer qoplami indikatori;

Iq - infratuzilmaviy va iqtisodiy qulaylik ko‘rsatkichi;

W1–W5 - har bir indikatorning vazn koeffitsienti.

Mazkur formula yer uchastkasining umumiy holatini kompleks baholashga xizmat qiladi. Modelda har bir indikator 0 dan 1 gacha normallashtiriladi. Qiymat 1 ga yaqinlashgan sari yer uchastkasining foydalanish samaradorligi yuqori, 0 ga yaqinlashgan sari esa muammoli holat kuchli ekanini bildiradi.

2-jadval

Yer samaradorligini baholash bo‘yicha taklif etilayotgan tasnif

Raqamli monitoring asosidagi umumiy yer samaradorligi ko‘rsatkichi	Baholash darajasi	Boshqaruv qarori
0,75–1,00	Yuqori samarali yerlar	Investitsiya, intensiv dehqonchilik va yuqori rentabelli ekinlar uchun tavsiya etiladi
0,50–0,74	O‘rtacha samarali yerlar	Agrotexnik va meliorativ tadbirlar bilan samaradorlikni oshirish mumkin
0,25–0,49	Muammoli yerlar	Sho‘rlanish, sizot suvlari yoki infratuzilma muammolari bo‘yicha manzilli chora talab etiladi
0,00–0,24	Past samarali yerlar	Qayta tiklash, rekultivatsiya yoki foydalanish turini o‘zgartirish tavsiya etiladi

Takomillashtirilgan raqamli monitoring modeli amaliyotga joriy etilganda, avvalo, mavjud kadastr ma’lumotlari va dala kuzatuvlari GeoDB bazasiga kiritiladi. Keyingi bosqichda har bir yer uchastkasi bo‘yicha fazoviy identifikator, maydon, foydalanish turi, bonitet balli, meliorativ holat, ekin turi va infratuzilma yaqinligi kabi atributlar shakllantiriladi. Bu jarayon yer uchastkalari bo‘yicha yagona raqamli pasport yaratish imkonini beradi.

Monitoring jarayonida masofadan zondlash ma’lumotlari davriy ravishda yangilanib boriladi. Vegetatsiya mavsumida NDVI, namlik va yer qoplami o‘zgarishlari kuzatiladi. Ushbu indikatorlar kadastr va meliorativ ma’lumotlar bilan solishtirilib, me’yordan chetga chiqish holatlari aniqlanadi. Masalan, bonitet balli nisbatan yuqori bo‘lgan, ammo NDVI ko‘rsatkichi past bo‘lgan maydonlarda suv ta’minoti, sho‘rlanish yoki agrotexnik muammo mavjud bo‘lishi mumkin.

Modelning boshqaruvdagi asosiy vazifasi yer uchastkalarini manzilli tahlil qilish va qarorlarni aniq hududga bog‘lashdan iborat. Bunda yuqori samarali yerlar intensiv foydalanish uchun, o‘rtacha samarali yerlar meliorativ yaxshilash tadbirlari uchun, muammoli yerlar esa rekultivatsiya, drenaj tizimini tiklash yoki ekin turini o‘zgartirish uchun ajratiladi.

3-jadval

Raqamli monitoring modelining amaliy joriy etish bosqichlari

Bosqich	Mazmuni	Kutiladigan natija
1-bosqich	Kadastr, bonitet, meliorativ va dala ma’lumotlarini yig‘ish	Yagona boshlang‘ich axborot bazasi shakllanadi
2-bosqich	GeoDB bazasini yaratish va GIS qatlamlarini tuzish	Yer uchastkalari fazoviy va atributiv jihatdan bog‘lanadi
3-bosqich	Sentinel-2, Landsat yoki dron tasvirlari asosida monitoring yuritish	Vegetatsiya, namlik va muammoli zonalar aniqlanadi
4-bosqich	Integral Krm ko‘rsatkichi asosida baholash	Yerlar samaradorlik darajasiga ko‘ra tasniflanadi
5-bosqich	Boshqaruv qarorlari va meliorativ tadbirlarni manzilli belgilash	Yer resurslaridan foydalanish samaradorligi oshadi

Taklif etilayotgan raqamli monitoring modelining ilmiy ahamiyati shundan iboratki, unda yer resurslaridan foydalanish samaradorligini baholash jarayoni fazoviy-kadastr, tuproq-bonitet, meliorativ, masofadan zondlash va iqtisodiy indikatorlar integratsiyasi asosida tashkil etiladi. Bu yondashuv an'anaviy hisob yuritish modelidan farqli ravishda yer uchastkasining real holatini dinamik tahlil qilish imkonini beradi.

Modelning amaliy ahamiyati Jondor tumani sharoitida foydalanilmayotgan yoki past samarali yerlarni aniqlash, meliorativ tadbirlarni aniq hududlarga yo'naltirish, qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishida resurslardan oqilona foydalanish va investitsiyaviy qarorlarni asoslash bilan belgilanadi. Shuningdek, GeoDB va GIS qatlamlari asosida kadastr, qishloq xo'jaligi, melioratsiya, ekologiya va mahalliy boshqaruv organlari o'rtasida axborot almashinuvi tezlashadi.

Raqamli monitoring natijalari asosida yer resurslarini boshqarishda shaffoflik kuchayadi. Yer uchastkasining huquqiy holati, foydalanish turi, meliorativ sifati va iqtisodiy imkoniyatlari yagona raqamli maydonda ko'rinadi. Bu esa maqsadsiz foydalanish, yer nizolari, ortiqcha byurokratik jarayonlar va axborot nomutanosibliklarini kamaytirishga xizmat qiladi.

Xulosa. Jondor tumani sharoitida yer resurslaridan oqilona va samarali foydalanish hududning tabiiy-iqlimiy xususiyatlari, sug'orish tarmoqlarining holati, tuproqlarning sho'rlanish darajasi, sizot suvlarining joylashuvi, tuproq boniteti hamda mavjud infratuzilmaviy imkoniyatlar bilan uzviy bog'liqdir. Shu bois yer fondini boshqarishda hududning tabiiy, ekologik, iqtisodiy va huquqiy ko'rsatkichlarini o'zaro bog'liq holda baholash muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, zamonaviy GIS, masofadan zondlash va GeoDB texnologiyalaridan foydalanish yer resurslari haqidagi ma'lumotlarni yagona raqamli muhitda jamlash, ularni fazoviy tahlil qilish va hududiy qarorlarni ilmiy asoslash imkonini beradi. Bunday yondashuv yer uchastkalarining real holatini aniqlash, ularning foydalanish darajasini baholash hamda mavjud imkoniyatlardan yanada samarali foydalanishga xizmat qiladi.

Taklif etilgan raqamli monitoring modeli asosida yer uchastkalarini samaradorlik darajasiga ko'ra guruhlash, meliorativ tadbirlarni manzilli rejalashtirish, foydalanilmayotgan yoki past samarali maydonlarni aniqlash hamda investitsiyaviy va hududiy rejalashtirish qarorlarini asoslash imkoniyati yaratiladi. Mazkur yondashuv Jondor tumani yer fondidan foydalanish samaradorligini oshirish, yer resurslarini boshqarishda aniqlik va tezkorlikni ta'minlash hamda kelgusida barqaror hududiy rivojlanishga xizmat qiluvchi muhim ilmiy-amaliy asos sifatida baholanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasining Yer kodeksi. 30.04.1998. Lex.uz.
2. O'zbekiston Respublikasining "Davlat kadastrlari to'g'risida"gi Qonuni. 15.12.2000, 171-II-son. Lex.uz.
3. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030 strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Farmoni. 05.10.2020, PF-6079-son. Lex.uz.
4. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "O'zbekiston — 2030

strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni. 11.09.2023, PF-158-son. Lex.uz.
5. FAO. Voluntary Guidelines on the Responsible Governance of Tenure of Land, Fisheries and Forests in the Context of National Food Security. Rome: FAO, 2012.
6. World Bank. Land Governance Assessment Framework: Identifying and Monitoring Good Practice in the Land Sector. Washington, DC: World Bank, 2012.
7. ISO 19152:2012. Geographic information — Land Administration Domain Model (LADM). International Organization for Standardization, Geneva, 2012.
8. Open Geospatial Consortium. OGC API — Features — Part 1: Core. OGC Implementation Standard 17-069r3. 2019.
9. NASA Earthdata. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Land Surface Data and Applications. NASA, 2024.
10. Copernicus Data Space Ecosystem. Sentinel-2 Mission Description. European Space Agency, 2024.
11. O‘zbekiston Respublikasining “Davlat yer kadastri to‘g‘risida”gi Qonuni. Lex.uz.
12. Vazirlar Mahkamasining “Davlat kadastrlarini yuritish sohasini tartibga soluvchi ayrim normativ-huquqiy hujjatlarni tasdiqlash to‘g‘risida”gi qarori. 22.06.2021, 389-son. Lex.uz.
13. Yer resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirishda raqamli texnologiyalarni qo‘llashni rivojlantirish: Jondor tumani misolida. Bitiruv malakaviy ishi materiallari. Buxoro, 2026.
14. USGS. Landsat 8 Mission and Data Products. United States Geological Survey, 2024.
15. UNCCD. Land Degradation Neutrality Indicators and Country Profiles. United Nations Convention to Combat Desertification, 2024.

UO‘K:631.4.40.3.17

Tuproq sho‘rlanishini xaritashlashda masofadan zondlash texnologiyalari orqali aniqlash (Jarqo‘rg‘on tumani misolida)

Mamatqulov Zohid Jonqobilovich *-“TIQXMMI” Milliy tadqiqotlar universiteti Davlat kadastrlari kafedrasi mudiri, texnika fanlari falsafa doktori, dotsent.*

Xaitov Islom Nurboy o‘g‘li *- Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti tayanch doktoranti.*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada Jarqo‘rg‘on tumani qishloq xo‘jaligi yerlarining sho‘rlanish darajasini aniqlashda masofadan zondlash va geoinformatsion tizimlar texnologiyalarining samaradorligi tadqiq etilgan. Tadqiqotda Landsat 8-9 sun’iy yo‘ldoshidan olingan ko‘p spektrli tasvirlar asosida o‘simliklar va ekinlar vegetatsiyasi (NDVI) va sho‘rlanish (SI) indekslari tahlil qilindi. Maqolada indekslar o‘rtasidagi bog‘liqlikni o‘zaro solishtirish orqali asoslab berilgan bo‘lib, olingan raqamli xaritalar tuproq meliorativ holatini tezkor monitoring qilish va degradatsiyaga qarshi kurashish chora-tadbirlarini ishlab chiqishda amaliy ahamiyat kasb etadi.*

Kalit so‘zlar: *Masofadan zondlash, GIS, Landsat 8-9, NDVI, SI indekslari, tuproq sho‘rlanishi, Jarqo‘rg‘on tumani, raqamli xaritashlash.*

Аннотация. *В данной статье исследуется эффективность технологий дистанционного зондирования и геоинформационных систем (ГИС) в определении степени засоления сельскохозяйственных угодий Джаркурганского района. На основе мультиспектральных снимков со спутников Landsat 8-9 проанализированы индексы вегетации растений (NDVI) и засоления почв (SI). В статье на основе сравнительного анализа обоснована взаимосвязь между данными индексами. Полученные цифровые карты имеют важное практическое значение для оперативного мониторинга мелиоративного состояния почв и разработки мер по борьбе с деградацией земель.*

Ключевые слова: *дистанционное зондирование, ГИС, Landsat 8–9, индексы NDVI и SI, засоление почв, Джаркурганский район, цифровое картографирование.*

Abstract. *This article investigates the effectiveness of remote sensing and geographic information systems (GIS) technologies in determining the soil salinity levels of agricultural lands in the Jarkurgan district. Based on multispectral imagery from Landsat 8-9 satellites, vegetation (NDVI) and salinity (SI) indices were analyzed. The study establishes the correlation between these indices through comparative analysis. The generated digital maps hold significant practical importance for rapid monitoring of soil reclamation status and developing effective strategies to combat land degradation.*

Key words: *Remote sensing, GIS, Landsat 8–9, NDVI, SI indices, soil salinity, Jarqo‘rg‘on district, digital mapping.*

Kirish. Bugungi kunda qishloq xo‘jaligi sohani isloh qilishda raqamlashtirish, qishloq xo‘jaligi subyektlari o‘rtasidagi o‘zaro munosabatlarda bozor tamoyillarini joriy etish, zamonaviy resurs tejovchi va intensiv agrotexnologiyalarni joriy etishga katta e’tibor qaratilgan. Barcha sohalar qatori agrar sohani rivojlantirish hali nafaqat xalqimiz turmush sharoitini yaxshilash uchun xizmat qiladi, qolaversa, eksport salohiyotimizni ham yanada oshib borishiga o‘z ta’sirini ko‘rsatmay qolmaydi. Qishloq xo‘jaligi yerlaridan samarali va oqilona foydalanishda yer monitoringi muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Tadqiqotlarga ko‘ra, Surxondaryo viloyati yerlarning meliorativ holati yomonlashuvi, yer osti suv sathining ko‘tarilishi, ikkilamchi sho‘rlanish, tuproq unumdorligi pasayishi, afg‘on shamolining ta’siri, shamol eroziyasining kuzatilishi (odatda shamol 3.0 mm gacha yuzani siljita oladi) va boshqalar hisobiga vaziyat yomonlashgan. Bu borada obikor (sug‘oriladigan) yerlarda kuzatilayotgan salbiy jarayonlarni yuzaga keltiruvchi omillarni aniqlash va mazkur jarayonlarning oldini olishning ilmiy asoslangan samarador chora-tadbirlarini va texnologiyalarini ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etganligi ta’kidlangan [1].

Ilmiy izlanishlarga ko‘ra, sho‘rlanish ekinlarning rivojlanishini, ya’ni qishloq xo‘jaligining barqaror rivojlanishiga to‘sqinlik qiladi. Bundan tashqari, tuproq sho‘rlanishi ta’siri ichimlik va oqar suvlarni me’yoridan ortiq mineralizatsiyalashtirishga hamda suv manbasidan quyi oqimga tarqalishiga olib kelishi mumkin. Tuproq sho‘rlanishi qishloq xo‘jaligi

yerlarining tanazzulga uchrashining asosiy sabablaridan biri bo‘lib, tegishli yumshatish choralari ko‘rilmasa, tuproqning qattiq degradatsiyasiga va yerlarning tashlab ketilishiga olib keladi. Sho‘rlanmagan tuproqlarda qishloq xo‘jaligi madaniy ekinlari bir tekis unib chiqib, normal rivojlanganligi ilmiy isbotlangan [2].

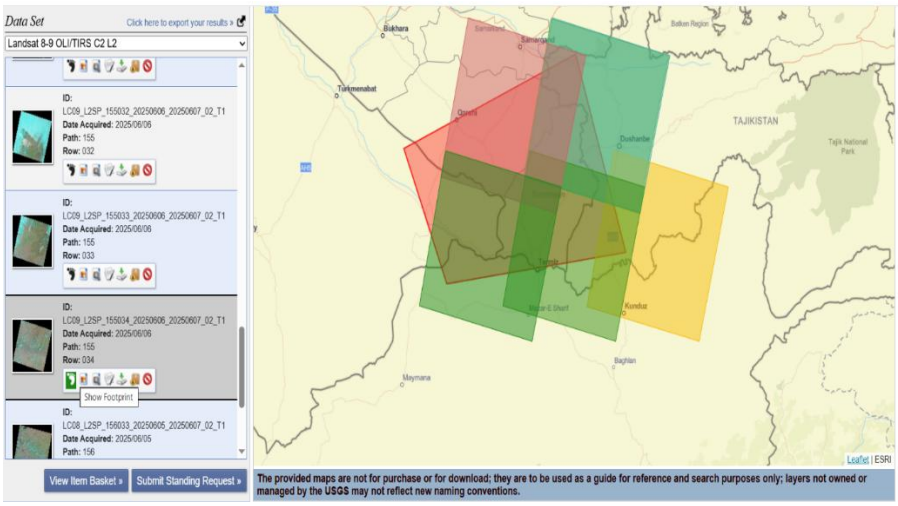
Tadqiqot ma’lumotlarga ko‘ra, yerdan foydalanishni tahlil qilish va yer maydonlaridagi o‘zgarishlarni aniqlashda geografik axborot tizimlari (GAT) dasturiy ta’minotlaridan keng foydalaniladi. Hozirgi vaqtda GAT yordamida turli ekologik, ijtimoiy va iqtisodiy ma’lumotlarni birlashtirish mumkin. Bu esa xarajatlarni kamaytirishga yordam beradi va yerdan foydalanishni rejalashtirish uchun zarur bo‘lgan aniq hisobiy natijalarni to‘plash va qayta ishlash imkonini yaratilganligi aytilgan [3].

D.M. Ottinger va boshqalarning fikrlariga ko‘ra, agro-ekologik monitoring olib borish orqali qishloq xo‘jaligi yerlarining sifat va miqdoriy holatidagi o‘zgarishlarni operativ, davriy va asosiy (boshlang‘ich) kuzatuvlar tizimi bo‘lib, yerlarni masofadan zondlash materiallaridan foydalangan holda amalga oshiriladi. U ekinlarning holati bo‘yicha ma’lumot beradi, bu esa resurslardan samarali foydalanish bilan birga, hosildorlikni oshirishga, yo‘qotishlarni kamaytirishga va ishlab chiqarish omillariga ketadigan xarajatlarni qisqartirishga imkon yaratilishini ta’kidlagan [4].

R.A.Turayev va T.U.Atakulovlarning aytishicha, raqamli texnologiyalar orqali meliorativ yerlar monitoringini yuritish zamonaviy qishloq xo‘jaligi va yer resurslarini boshqarish tizimida muhim o‘rin tutadi. Ushbu yondashuv an’anaviy usullarga nisbatan ancha samarador bo‘lib, suv resurslari va ekin maydonlarining meliorativ holatini aniq baholash imkonini berishini ta’kidlagan [5].

Uslub va manbalar. Jarqo‘rg‘on tumani yer maydonlarining meliorativ holatini o‘rganish va o‘simliklar, ekinlarni rivojlanish jarayonlarini qamrab oladi. Hududning geomorfologik tuzilishi daryo akkumulyatsiyasi natijasida hosil bo‘lganligi sababli allyuvial va prolyuvial tekisliklardan iborat bo‘lib, bu esa o‘z navbatida tuproqning mexanik tarkibi va gidrologik rejimiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Sho‘rlanishga olib kelayotgan asosiy sabablari sug‘orish tizimlaridagi filtratsiya yo‘qotishlari natijasida sizot suvlari sathining kritik chuqurlikka (1,5–2,5 metr) ko‘tarilishi kuzatiladi. Kapillyar ko‘tarilish natijasida mineralizatsiyalashgan yer osti suvlari tuproqning yuqori qatlamlariga tuzlarni olib chiqadi. Sug‘oriladigan dehqonchilik tizimida suv resurslaridan to‘g‘ri yo‘lga qo‘yilmganligi va kollektor-drenaj tarmoqlarining gidrotexnik holati yaxshi bo‘lmasligi oqibatida sho‘rlanish jarayonini sun’iy ravishda jadallashuviga olib keladi.

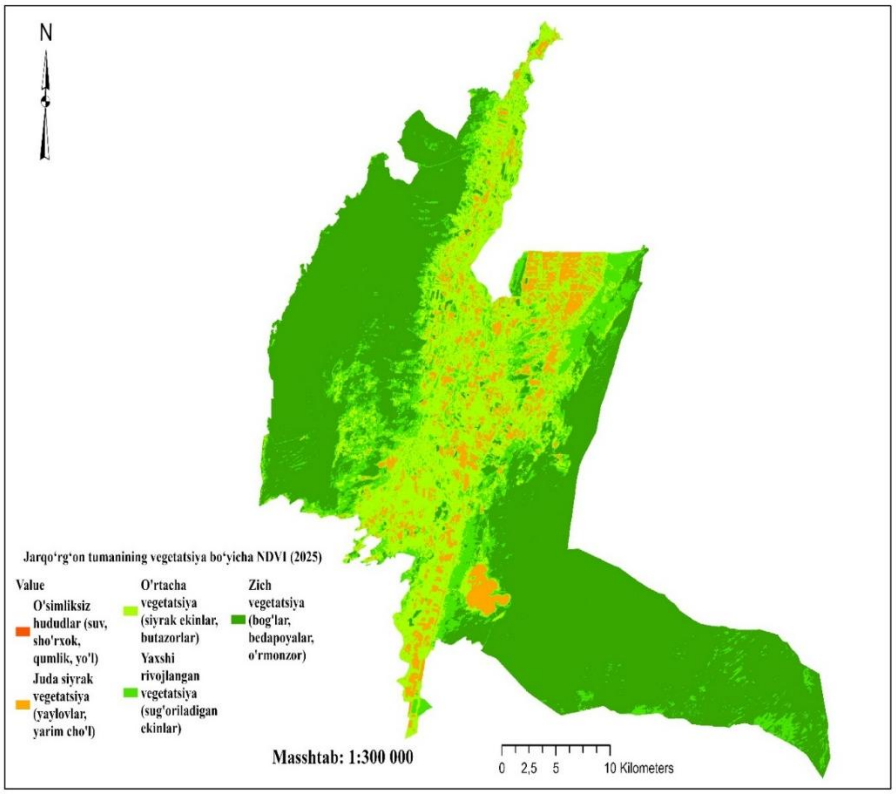
Tadqiqotni olib borishda Landsat 8-9 kosmik tasvirlari Earthexplorer geoportalidan 2025-yil vegetatsiya davri yuklab olindi va masofaviy ma’lumotlarni qayta ishlash va geoaxborot tahlili bir necha bosqichli algoritmlar zanjiri orqali amalga oshirildi (1-rasm). Sun’iy yo‘ldosh kanallaridan olingan tasvirlar ArcGIS Pro dasturi asosida (B1-B7) “Composite Bands” usuli bilan birlashtirildi va tuman chegarasi bo‘yicha “Clip raster” asbobi yordamida qirqib olindi. Barcha ma’lumotlar WGS 1984 UTM Zone 42N koordinatalar tizimiga o‘tkazildi.



1-rasm. Earthexplorer geoportalidan yuklab olingan tasvirlar.

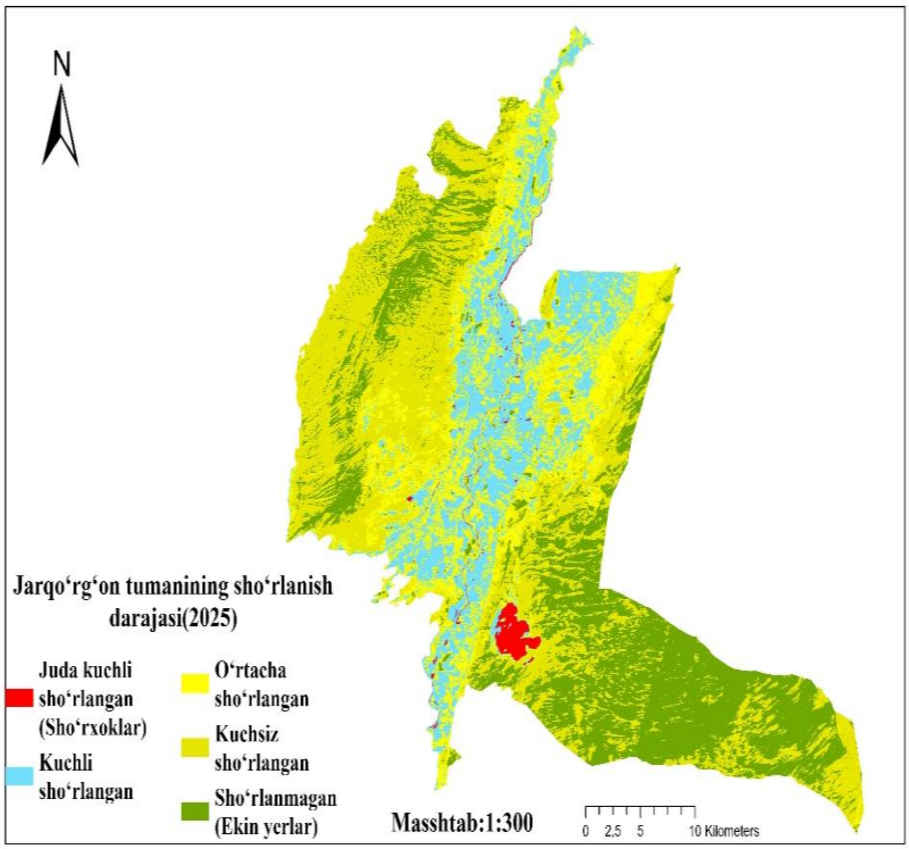
Tadqiqotlarga ko‘ra, qishloq xo‘jaligi yerlarini monitoring qilish oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash, yerdan oqilona foydalanish va atrof-muhitni muhofaza qilish uchun zarurdir. An’anaviy usullar dolzarb bo‘lib qolsa-da, GIS, masofadan zondlash, IoT va sun’iy intellekt kabi zamonaviy texnologiyalar monitoring aniqligi va samaradorligini sezilarli darajada oshirdi. Kelgusida fermerlar, tadqiqotchilar va siyosatchilar o‘rtasidagi innovatsiyalar va hamkorlikni davom ettirish qishloq xo‘jaligi yerlari monitoringini yaxshilash va barqaror dehqonchilik amaliyotlarini targ‘ib qilishda hal qiluvchi ahamiyatga ega bo‘lishini ta’kidlagan [6].

Jarqo‘rg‘on tumani chegarasi bo‘yicha tasvirlar kesib olindi va sho‘rlanish ko‘rsatkichi va NDVI indekslari ArcGIS Pro dasturida bajarilgan holda amalga oshirildi (2-rasm).



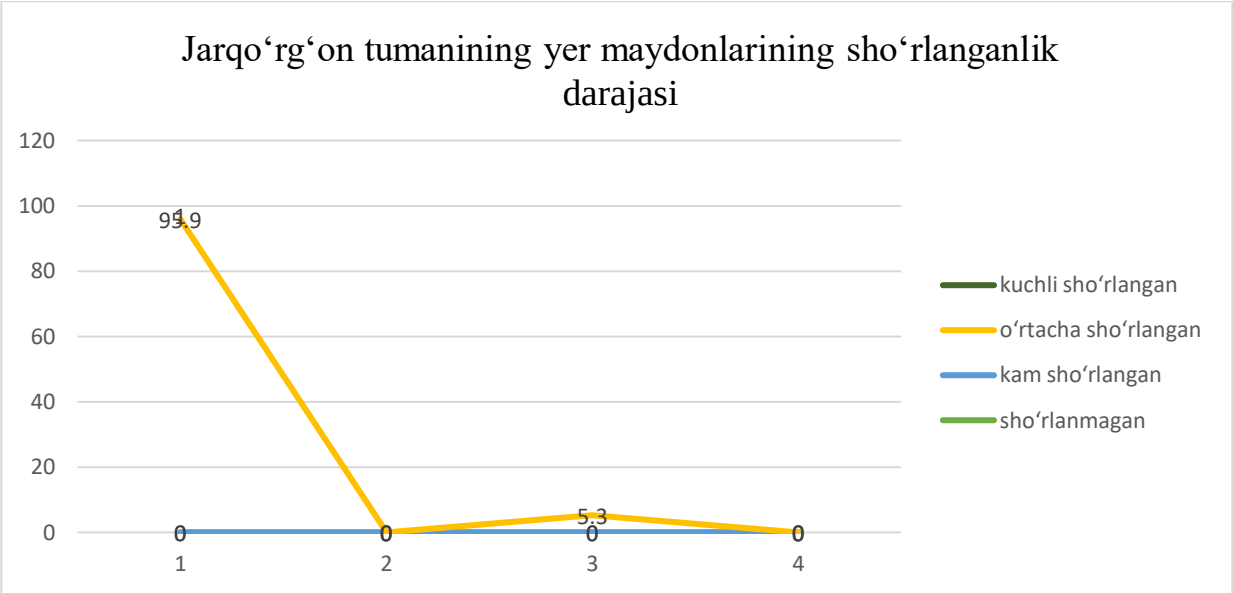
2-rasm. Qishloq xo‘jalik ekinlari va o‘simliklar qoplami.

5 ta klasslarga bo‘lingan holda tahlil qilindi. Tuproq yuzasidagi tuz kristallarining ya’ni tuzlarni spektral yorqinligini o‘rganish uchun (SI) modeli qo‘llanildi. Ushbu indeks ko‘k (Blue) va qizil (Red) nurlar spektrining ko‘paytmasidan kvadrat ildiz olishga asoslangan. O‘simliklar qoplami va qishloq xo‘jalik ekinlari ham sho‘rlanmagan hududlarda yaxshi rivojlangan.



3-rasm. Jarqo‘rg‘on tumani sho‘rlanish darajasi

Natijalar. Sho‘rlanish indeksi (SI) bo‘yicha olingan raqamli xarita tahlili shuni ko‘rsatdiki, Jarqo‘rg‘on tumanida 7 ming gektar atrofidagi maydon kuchli sho‘rlanish jarayonlariga duchor bo‘lgan. Olingan natijalar tahliliga ko‘ra, tuproq yuzasidagi mineral tuzlar spektral tasvirlarda yorqin piksellar ko‘rinishida ochiq namoyon bo‘ladi va bu SI indeksida yuqori qiymatlarni shakllantiradi (3-rasm). Ammo Jarqo‘rg‘on tumanida sug‘oriladigan yerlarning sho‘rlanish darajasi bo‘yicha melioratsion ekspeditsiya tomonidan o‘rganish ishlari 2025-yil olib borilganda, 95 % ga yaqin maydon sho‘rlanmagan, kam sho‘rlangan va o‘rtacha
sho‘rlangan 5,3 % dan 0,2 % gacha tashkil etgan va kuchli sho‘rlangan yerlar mavjud emas (1-diagramma).



(1-diagramma). Jarqo‘rg‘on tumanining yer maydonlarining sho‘rlanganlik darajasi

Biroq kosmik tavsirlardan olingan (SI) ma’lumotlari ko‘ra, sho‘rlanmagan hududlar foizi deyarli yaqin chiqdi, kam sho‘rlangan va o‘rtacha sho‘rlangan yer maydonlari esa biroz ko‘proq, kuchli va juda kuchli sho‘rlangan maydonlar kosmik tasvirlarda borligi aniqlandi. Lekin an’anaviy usulda tekshirish usullarida kuchli va juda kuchli sho‘rlangan maydonlar mavjud emasligi aniqlangan. Buning sababi masofadan zondlash ma’lumotlarida aniqlangan kuchli sho‘rlanish zonalari ya’ni 7 ming ga yaqin, ayrim hollarda vegetatsiya qoplamidan xoli bo‘lgan ochiq tuproq va qumlik zonalarning yuqori spektral yorqinligi hisobiga yuzaga kelgan bo‘lishi mumkin. Bu qumliklarda o‘simliklar qoplami siyrak joylashgan yoki yaxshi rivojlanmagan. Tadqiqot ma’lumotlariga ko‘ra, tuproq sho‘rlanish darajasi yuqori bo‘lgan hududlarda aerokosmik tasvirlar yordamida yuqori aniqlikdagi natijalarni olish mumkin, biroq sho‘rlanish darajasi past va o‘rtacha bo‘lgan tuproqlarda aniqlik darajasi ancha past bo‘ladi. Sababi, tuproqdagi tuz va sho‘rxoklarning yerning ustki qismiga chiqib qolishi natijasida sho‘rlangan hududlarni optik tasvirlarda osongina farqlash mumkin. Shuningdek, tuproq namligi va hududdagi ekinlar hamda turli o‘simlik qoplamalari tuproqlarning sho‘rlanish darajasini aniqlashda faol qarshilik ko‘rsatganligi aytilgan[7].

Xulosa. Masofaviy monitoring natijalarining rasmiy statistik ma’lumotlardan biroz farq qilishi, metodning tuproq yuzasidagi mavsumiy (sezonallik) o‘zgarishlarga va spektral yorqinlikka o‘ta sezgirligi bilan izohlanadi. Bu holat GIS tahlilini nafaqat xaritashlash, balki mavjud kadastr ma’lumotlarini muntazam yangilab borish va sho‘rlanish o‘choqlarini erta aniqlashda muhim diagnostik vosita ekanligini ko‘rsatadi. Bu o‘z navbatida, sho‘rlanishga qarshi kurashish choralarini aniq manzilga yo‘naltirish imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati.

1. Xasanov P.A. Landshaftlarning shakllanishida tuproqlarning o’rni (surxondaryo viloyati misolida) “Экономика и социум” №5(120) 2024.

2. Arabov S. Sug‘oriladigan tuproqlarning asosiy xossalari meliorativ holati va yer rusurslaridan samarali foydalanish. Agroilm.

No2(10). 2009. – B. 50-57.
3. Muxtorov O‘.B., Inamov A.N., Islomov O‘.P. Geoaxborot tizim va texnologiyalar. - Toshkent 2019. 259-b.
4. Ottinger D.M., Gusev A.S., Inshyeva V.A., D.M., Lopukhov V.M., Anisimov Yu.B. Agro-ecological monitoring of the territory of the Chelyabinsk agriculture research institute // BIO Web of Conferences 139, 01006 (2024) AgriScience2024. – B. 2.
5. Turayev R.A., Atakulov T.U. Meliorativ yerlar monitoringini yuritishda raqamli va zamonaviy texnologiyalardan foydalanish // O‘zbekiston zamini. -2025. - №1, - B. 8.
6. Zabidullayeva R.K., Daniyarov R.Sh. Qishloq xo‘jalik yerlarini monitoring qilish uslubiyati // International scientific and practical conference “environmental protection and scientific foundations of the “green” economy”, april 4-5, 2025.- B. – 779.
7. Mamatkulov Z., Nuraliyev M., Tohirova F. Masofadan zondlash ma’lumotlari asosida tuproq sho‘rlanishini aniqlash // Geodeziya, kartografiya va geoinformatika ilmiy texnik jurnali. -2024. №3. – B. 57.

UO‘K: 528.8:631.4

GAT ASOSIDA SIRDARYO VILOYATI BOYSUN TUMANINING QISHLOQ XO’JALIGI YERLARINING INDEKS TAHLILLARI

O’ktamov Sh.R *– “TIQXMMI” MIlliy tadqiqot universiteti talabasi*
Maxsudov R.I *- “TIQXMMI” MTU o’qituvchisi*

Anotatsiya. *Sirdaryo viloyati Boyovut tumanining qishloq xo’jaligi yerlarining hozirgi yillardagi ko’rinishini indekslar orqali ko’rishimiz mumkin. Bu tahlimizda Google Earth Engine saytidan va ArcGIS Pro dasturidan foydalanamiz. Aniq va sifatli ma’lumotlarni olish uchun Sentinel-2 sun’iy yo’ldoshi suratlaridan ishlatamiz. Qilingan tahlil ishimiz qishloq xo’jaligi yerlarining samaradorligini oshirishning qimmatli ma’lumotlarini taqdim etadi. Maqolada Boysun tumani qishloq xo’jalik yerlarini sun’iy yoldoshdan olingan suratlar orqali NDVI, NDWI kabi indekslar orqali tahlil qilamiz.*

Kalit so’zlar: *Boysun tumani, Sentinel-2, ArcGIS Pro, NDVI, NDWI.*

Аннотация. *Текущее состояние сельскохозяйственных земель в Бойовутском районе Сырдарьинской области можно оценить с помощью индексов. В данном анализе мы используем программное обеспечение Google Earth Engine и ArcGIS Pro. Для получения точных и высококачественных данных мы используем спутниковые снимки Sentinel-2. Наш анализ предоставляет ценную информацию для повышения эффективности использования сельскохозяйственных земель. В статье мы анализируем сельскохозяйственные земли в Бойсунском районе с помощью спутниковых снимков, используя такие индексы, как NDVI и NDWI.*

Ключевые слова: *Бойсунский район, Sentinel-2, ArcGIS Pro, NDVI, NDWI.*

Abstract. *We can see the current state of agricultural lands in Boyovut district of Syrdarya region through indices. In this analysis, we*

use Google Earth Engine and ArcGIS Pro software. To obtain accurate and high-quality data, we use Sentinel-2 satellite images. Our analysis provides valuable information for improving the efficiency of agricultural lands. In the article, we analyze agricultural lands in Boysun district using satellite images using indices such as NDVI and NDWI.

Keywords: *Boysun district, Sentinel-2, ArcGIS Pro, NDVI, NDWI.*

Kirish. GAT — Geografik Axborot Tizimlari (inglizcha: GIS — Geographic Information Systems) bo‘lib, u geofazoviy ma’lumotlarni to‘plash, saqlash, tahlil qilish va vizuallashtirish (xaritaga tushirish) uchun mo‘ljallangan kompyuter tizimidir.

Soddaroq aytganda, GAT — bu oddiy xaritaning kuchli ma'lumotlar bazasi bilan birlashmasidir. U nafaqat ob'ektning qayerda joylashganini, balki u haqidagi barcha ma'lumotlarni ham ko'rsatadi.

Masofadan zondlash (inglizcha: *Remote Sensing*) — bu ob'ekt yoki hodisa bilan bevosita jismoniy aloqada bo'lmagan holda, u haqidagi ma'lumotlarni masofadan (asosan sun'iy yo'ldoshlar, samolyotlar yoki dronlar yordamida) olish texnologiyasidir. Soddaroq aytganda, bu yer yuzasini koinotdan yoki balandlikdan "suratga olish" va u yerdagi jarayonlarni tahlil qilishdir.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) — bu o'simliklarning salomatligi va zichligini masofadan turib (asosan sun'iy yo'ldoshlar orqali) baholash uchun ishlatiladigan eng ommabop ko'rsatkichdir. NDVI o'simlikning "yashillik" darajasini o'lchaydi.

Ishlash prinsipi: O'simliklar quyosh nurini o'ziga xos tarzda aks ettiradi. Sog'lom o'simliklar fotosintez uchun ko'rinadigan qizil nurni (Red) yutadi va yaqin infraqizil nurni (NIR) kuchli qaytaradi. Kasallangan yoki quruq o'simliklar kamroq infraqizil nurni qaytaradi va ko'proq qizil nurni aks ettiradi.

NDWI (Normalized Difference Water Index) — bu sun'iy yo'ldosh tasvirlari yordamida yerdagi suv ob'ektlarini aniqlash va o'simliklardagi namlik miqdorini o'lchash uchun ishlatiladigan ko'rsatkichdir. NDVI o'simlikning yashilligiga e'tibor qaratsa, NDWI uning suv miqdori (namligi) bilan ishlaydi.

Tatqiqot hududi: O’zbekiston Respublikasi, Sirdaryo viloyati, Boyovut tumani. Boyovut tumani — Sirdaryo viloyatining sharqiy qismida joylashgan ma'muriy birlik. Tuman 1955-yilda tashkil etilgan bo'lib, o'zining qishloq xo'jaligi va rivojlanib borayotgan sanoati bilan viloyatda muhim o'rin tutadi.

Geografik joylashuvi. Chegaradosh hududlar - Sharqda Toshkent viloyatining Bekobod tumani, shimolda Guliston tumani, g'arbda Mirzaobod tumani, janubi-g'arbda Xovos tumani va janubda Tojikiston Respublikasi bilan chegaradosh. Maydoni - taxminan 435 km² (yoki 0,435 ming km²).

Tabiati: Mirzacho'l dashtining janubida joylashgan bo'lib, relyefi asosan tekislikdan iborat. Hududdan Janubiy Mirzacho'l va Do'stlik kanallari o'tadi.

Iqlimi: Keskin kontinental. Yozda harorat +28°C gacha ko'tarilsa, qishda -4°C gacha tushishi mumkin. Bekobod shamolining ta'siri kuchli seziladi.

Sentinel-2 - bu Yevropa Koinot Agentligi (ESA) tomonidan Copernicus dasturi doirasida ishlab chiqilgan va boshqariladigan yerdan masofaviy zondlash missiyasidir. U asosan yer yuzasini yuqori aniqlikda kuzatish, o'simlik qoplamini monitoring qilish va

tabiiy ofatlarni o'rganish uchun mo'ljallangan.

Missiya ikkita bir xil sun'iy yo'ldoshdan iborat. Sentinel-2A (2015-yilda uchirilgan) va Sentinel-2B (2017-yilda uchirilgan) va hozirgacha ma’lumotlar olib kelmoqda.

Asosiy texnik xususiyatlari:

Multispektral asbob (MSI): Sun'iy yo'ldoshlar 13 ta spektral diapazonda tasvirga oladi. Bu diapazonlar ko'rinadigan yorug'likdan (RGB) to qisqa to'lqinli infraqizil nurlarigacha (SWIR) qamrab oladi.

Tasvir aniqligi (Spatial Resolution):

10 metr - moviy, yashil, qizil va yaqin infraqizil (NIR) kanallar. 20 metr - o'simliklarning "qizil cheti" (Red edge) va SWIR kanallar. 60 metr - atmosferani tuzatish va bulutlarni aniqlash uchun kanallar. Qamrov kengligi - bir o'tishda 290 km kenglikdagi hududni tasvirga oladi. Takrorlanish davri: Har ikkala yo'ldosh birgalikda yerning istalgan nuqtasini har 5 kunda bir marta (ekvatorda) yangilab turadi.

Qo'llanilish sohalar:

Sentinel-2 ma'lumotlari quyidagi yo'nalishlarda bepul va ochiq tarzda taqdim etiladi.

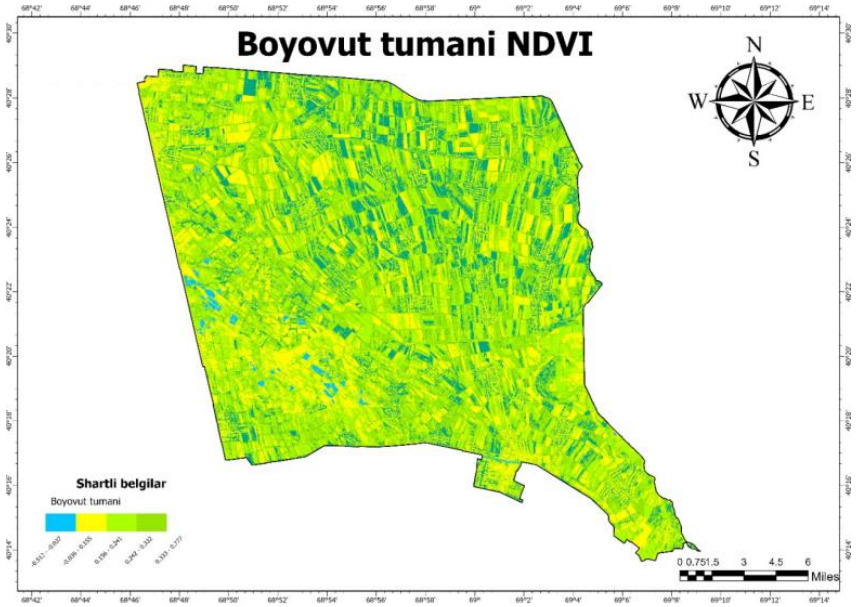
Qishloq xo'jaligi, ekinlarning o'sish holatini kuzatish, NDVI (vegetatsiya indeksi) hisoblash, hosildorlikni prognoz qilish va sug'orishni rejalashtirish, o'rmonlarning qisqarishi, yong'inlar va daraxt turlarining monitoringi, suv havzalarining ifloslanishi, muzliklarning erishi va qirg'oq chiziqlari o'zgarishini kuzatish, to'fonlar, suv toshqinlari va yong'inlardan keyingi zararni tezkor baholash, yer fondidan foydalanish (Land Use) xaritalarini yaratish kabi ishlarda foydalaniladi.

Ma'lumotlarni olish. Sentinel-2 ma'lumotlari dunyo bo'ylab olimlar va dasturchilar uchun ochiq. Ularni quyidagi platformalar orqali yuklab olish yoki tahlil qilish mumkin Copernicus Data Space Ecosystem (Rasmiy portal).

Google Earth Engine (Bulutli tahlil uchun).

Sentinel Hub (Vizualizatsiya va API orqali ishlash uchun).

Tahlil va natijalar(NDVI). Boyovut tumani hududining NDVI (Normalizatsiyalangan vegetatsiya indeksi) tahlili xaritasi.



Xaritaning chap qismidagi shartli belgilarga qaraydigan bo'lsak, qiymatlar -0.512 dan 0.777 gacha oraliqda:

Yuqori qiymatlar (0.333 – 0.777) - To'q yashil: Bu hududlarda vegetatsiya juda faol. Ekinlar zich, sog'lom va rivojlanish bosqichida ekanligini anglatadi.

O'rta qiymatlar (0.156 – 0.332) - Och yashil/Sariq: Bu o'rtacha o'simlik qatlami. Ekinlar hali to'liq yetilmagan yoki siyrakroq bo'lishi mumkin.

Past qiymatlar (0.156 dan past) - Moviy va och ranglar:0 ga yaqin va manfiy qiymatlar: Odatda suv havzalari, yo'llar, binolar yoki mutlaqo o'simliksiz (shudgor qilingan) yerlarni bildiradi.

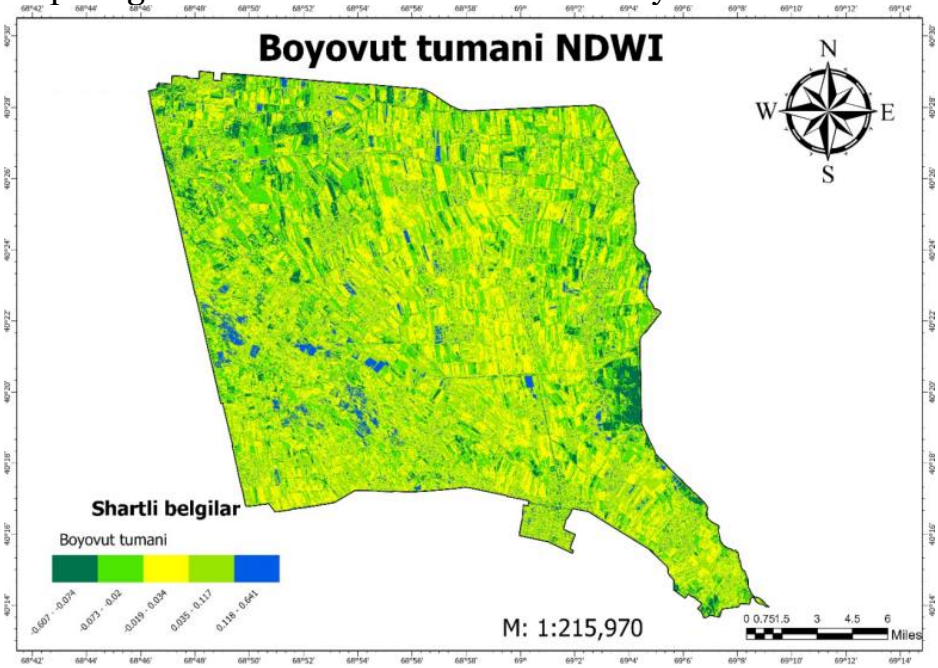
Xaritadagi moviy nuqtalar katta ehtimol bilan suv manbalari yoki namligi juda yuqori yerlardir.

Qishloq xo'jalik yerlari tahlili

Xaritaga qaraydigan bo'lsak, Boyovut tumanining katta qismi och yashil va sariq rangda. Bundan kelib chiqsak hududning asosiy qismi qishloq xo'jaligi yerlaridan iborat. 2025-yildagi holatga ko'ra, vegetatsiya barqaror, ammo juda ham zich emas. Maksimal ko'rsatkich 0.777 ekani yaxshi, lekin hududiy qoplama asosan o'rta darajada. Agar bu tahlilni hosildorlikni aniqlash uchun qilsak, to'q yashil hududlar-sug'orish va o'g'itlash tizimi yaxshi yo'lga qo'yilgan, hosil kutilayotgan joylar. Sariq yoki och yashil hududlar-bunday joylarda o'simliklar stressda bo'lishi mumkin. Asosan suv yetishmasligi, sho'rlanish yokida biror bir kasalga chalingan holatda bo'ladi. Bu zonalarga ko'proq e'tibor qaratish tavsiya etiladi.

Tahlil va natijalar(NDWI). Boyovut tumanining NDWI (Normalized Difference Water Index), ya'ni me'yorlashtirilgan farqli suv indeksi xaritasi. Bu indeks asosan hududdagi suv ob'ektlarini aniqlash va o'simliklar tarkibidagi namlik darajasini baholash uchun ishlatiladi.

Boyovut tumani NDWI tahlili.



NDWI xarita tahlili. Xaritada qiymatlar -0.607 dan 0.641 gacha oraliqda taqsimlangan. Yuqori musbat qiymatlar (0.118 – 0.641) - to'q ko'k rangda. Bu hududlar ochiq suv yuzalari (kanallar, ariqlar, kichik ko'llar) yoki juda yuqori namlikka ega bo'lgan joylardir.

Xaritada tarqoq ko'k nuqtalar va chiziqlar tuman hududidan o'tgan asosiy sug'orish tarmoqlari va zovurlarni ko'rsatadi. O'rta musbat

qiymatlar (0.035 – 0.117) — Och yashil, sariq ranglar. Bu hududlarda namlik darajasi barqaror, o'simliklar tarkibida suv miqdori yetarli ekanligini anglatadi.

Manfiy qiymatlar (-0.607 dan -0.02 gacha) - To'q yashil va yashil ranglar. NDWI tahlilida manfiy qiymatlar odatda quruq yerlar, binolar yoki namlik darajasi past bo'lgan zich o'simlik qatlamini bildiradi.

Shuni yodda tutingki, NDWI va NDVI bir-biriga teskari ishlaydi. NDVI o'simlikni yaxshi ko'rsatsa, NDWI aynan suv va namlikka e'tibor qaratadi.

Suv bilan ta'minlanganlik darajasi - tuman xaritasining turli qismlarida ko'k nuqtalarning mavjudligi sug'orish tizimi butun hudud bo'ylab tarqalganini ko'rsatadi. Ayniqsa, xaritaning chap (g'arbiy) qismida namlik to'plangan zonalar ko'proq ko'zga tashlanadi.

Qurg'oqchilik xavfi bo'lgan yerlar ya'ni sariq va och yashil rang ustunlik qilgan joylar namlik bug'lanishi yuqori bo'lgan yoki tuproq namligi kamaygan hududlar bo'lishi mumkin.

NDVI bilan solishtirish. NDVI xaritasida to'q yashil (sog'lom o'simlik) bo'lgan joylar, NDWI xaritasida odatda musbat (ko'k) yoki yuqori namlik bilan namoyon bo'ladi. Agar biror hududda NDVI past bo'lib, NDWI ko'k bo'lsa - u yerda shunchaki ko'llangan suv yoki botqoqlik bor, o'simlik yo'q degani.

Xulosa. Biz masofadan zondlash orqali bir necha soatlarda joydagi ma'lumotlarni olib ular ustida ish olib bordik. Masofadan zondlashning ham ahamiyati shunda. Joyga bormasdan turib u yerdagi ma'lumotlarni olish, ular bilan tahlillar o'tkazish, prognoz qilish, samarali va qimmatli ma'lumotlar berish imkoniyati mavjud. Bu ish orqali biz ishchi kuchini va unga sarf bo'ladigan xarajatlarni kamaytirishimiz, aniqlik darajasi yuqori bo'lgan ma'lumotlarni yig'ishimiz mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Google Earth Engine.
2. ArcGIS Pro.
3. Wikipedia.
4. Sh. S. Shokirov, I. M. Musaev, M. S. Akbarov Masofadan zondlash

UDK: 556.18; 556.535; 574.5

AMUDARYO DELTASIDAGI SUV OMBORLARI GIDROLOGIK VA GIDROLOGIK HOLATINI BAHOLASH VA SUVLANTIRISH REJIMINI TAKOMILLASHTIRISH

Kaipov I.P.*-Qoraqalpog'iston qishloq xo'jaligi va agrotexnologiyalar instituti*

Kurbanbaev S.E.*- Irrigatsiya va suv muammolari ilmiy-tadqiqot institute huzuridagi Qoraqalpog'iston mintaqaviy markazi (ISMITI QMM)*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada Amudaryo deltasidagi asosiy suv omborlari — Mezhdurechie, Mo'ynoq va Ribachie suv omborlarining gidrologik va gidrobioloigk holati tahlil qilinadi. 1965–2022 yillar davomida Qiziljar gidroposti kuzatuv ma'lumotlari asosida suv sarfining kamayish tendentsiyasi aniqlangan. Suv omborlarining morfometrik parametrlarini baholash natijasida ularning loyiha ko'rsatkichlaridan sezilarli darajada kamayishi — maydonda 14–17%, hajmda 12–17% — qayd etildi. Matematik model yordamida ko'p suvli (2010), o'rtacha suvli (2019) va kam suvli (2001) yillar uchun suv balansi hisoblab chiqildi. Tadqiqot davomida suv omborlarida 27 tur zooplankton aniqlangan, ulardan 15 tur — Rotifera, 6 tur — Cladocera, 6 tur — Copepoda.*

Mezhdurechie suv omborida zooplankton biomassasi eng yuqori (4400 mg/m³) bo'lib, bu uning nisbatan barqaror gidrologik rejimiga bog'liqdir. Amudaryo oqimini tartibga soluvchi va kanal infratuzilmasini rekonstruktsiya qiluvchi kompleks chora-tadbirlarni amalga oshirish tavsiya etiladi.

Kalit so'zlar: *Amudaryo deltasi, suv omborlari, morfometrik tahlil, suv balansi, gidrologik model, zooplankton, Mezhdurechie, gidrobiolik holat.*

Kirish. Jahonda suv resurslari taqchilligi kuchayib borayotgan sharoitda, ular bilan nisbatan kam ta'minlangan quruq mintaqalarda — jumladan Amudaryo deltaasida — suv xo'jaligi obyektlarini oqilona boshqarish masalasi alohida dolzarblik kasb etadi [1,2]. O'tgan asrning 60-yillaridan boshlab Oroldengiz havzasida yuz bergan ekologik inqiroz Amudaryo deltasining tabiiy va sun'iy suv havzalarining holati, ularning gidrologik va gidrobioologik parametrlarini keskin o'zgartirib yubordi [3].

Amudaryo Taxiatosh gidrotugundan pastga tushayotgan oqim hajmining muttasil kamayib borishi natijasida delta zonasidagi suv omborlari — Mezhdurechie, Mo'ynoq va Ribachie — loyiha ko'rsatkichlaridan sezilarli darajada pastlashmoqda [4]. Suv taqchilligi sharoitida ushbu obyektlarning gidrologik va gidrobioologik holatini tizimli baholash, suvlantirish rejimini takomillashtirish bo'yicha ilmiy asoslangan yondashuvlarni ishlab chiqish naqadar muhim.

Tadqiqotning asosiy maqsadi Amudaryo deltasidagi suv omborlarining gidrologik va gidrobioologik holatini yaxshilashda ularni suvlantirish rejimini takomillashtirishdan iborat.

Material va metodlar. Tadqiqot obyekti sifatida Amudaryo daryosi va uning deltasi, xususan Amudaryo bo'yi zonasida joylashgan Mezhdurechie (maydon: 17 863 ga), Mo'ynoq (12 529 ga) va Ribachie (6 243 ga) suv omborlari olingan.

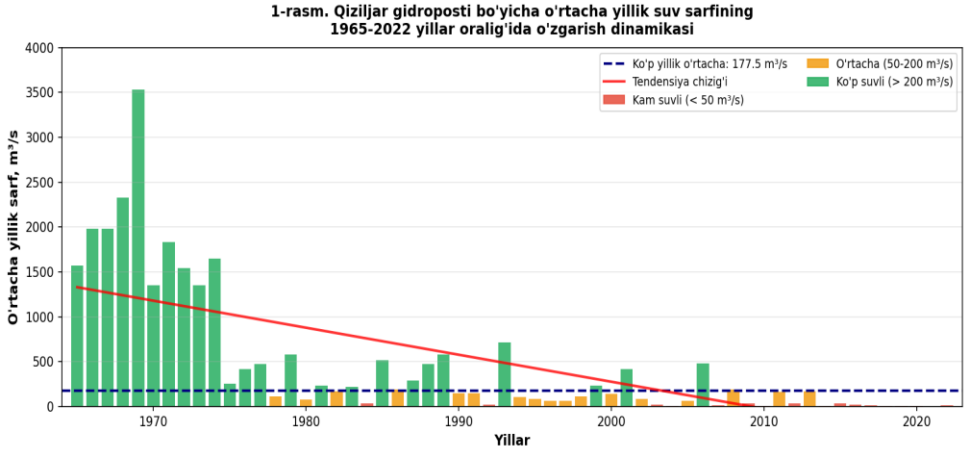
Tadqiqot davomida quyidagi usullar qo'llanildi: gidrologik, morfometrik va gidrokimyoviy tahlillar; GPS yordamida dala o'lchashlar va nivelirlov ishlari; ArcGIS dasturi yordamida kompyuter modellash; Δt usulida differentsial tenglamalar tizimiga asoslangan matematik modellash; zooplankton namunalarini kapronsimoy plankton to'ri (№76) yordamida to'plash va laboratoriya tahlillari [5]. Taqqoslash asosi sifatida Qiziljar gidroposti bo'yicha 1965–2022 yillardagi ko'p yillik kuzatuv ma'lumotlari, shuningdek 2002, 2018 va 2022 yillardagi dala tadqiqotlari natijalari ishlatildi.

Natijalar va ularning tahlili

Suv oqimining uzoq muddatli dinamikasi. Qiziljar gidroposti bo'yicha 1965–2022 yillar davomida olingan gidrologik kuzatuv ma'lumotlarining tahlili shuni ko'rsatadiki, Amudaryo oqimining deltaga tushuvi keskin va izchil kamayib bormoqda [1]. O'rtacha ko'p yillik suv sarfi Q0=177.5 m³/s ni tashkil etadi. Variatsiya koeffitsienti Cv=1.08, asimmetriya koeffitsienti Cs=1.79 bo'lib, bu oqimning kuchli nobarqarorligidan dalolat beradi [6].

Maksimal o'rtacha oylik sarf 1969 yilda 3530 m³/s ga etgan bo'lsa, 2001 yilning ayrim oylarida u 2.1 m³/s gacha tushgan. So'nggi 30–35 yil ichida 1000 m³/s dan ortiq sarflarning takrorlanishi bir necha barobarga kamaydi. 3% ta'minlanganlik 714.1 m³/s (1980), 50% ta'minlanganlik 116.9 m³/s (2000), 96%

ta'minlanganlik esa 2.83 m³/s (2021) ga to'g'ri keladi.



1-rasm. Qiziljar gidroposti bo'yicha o'rtacha yillik suv sarfining 1965-2022 yillardagi o'zgarish dinamikasi

Suv omborlarining morfometrik parametrlari. Dala tadqiqotlari va ArcGIS dasturi yordamida Mezhdurechie (2022 yil oktyabr), Mo'ynoq va Ribachie (2023 yil noyabr) suv omborlarining morfometrik parametrlari aniqlandi [7].

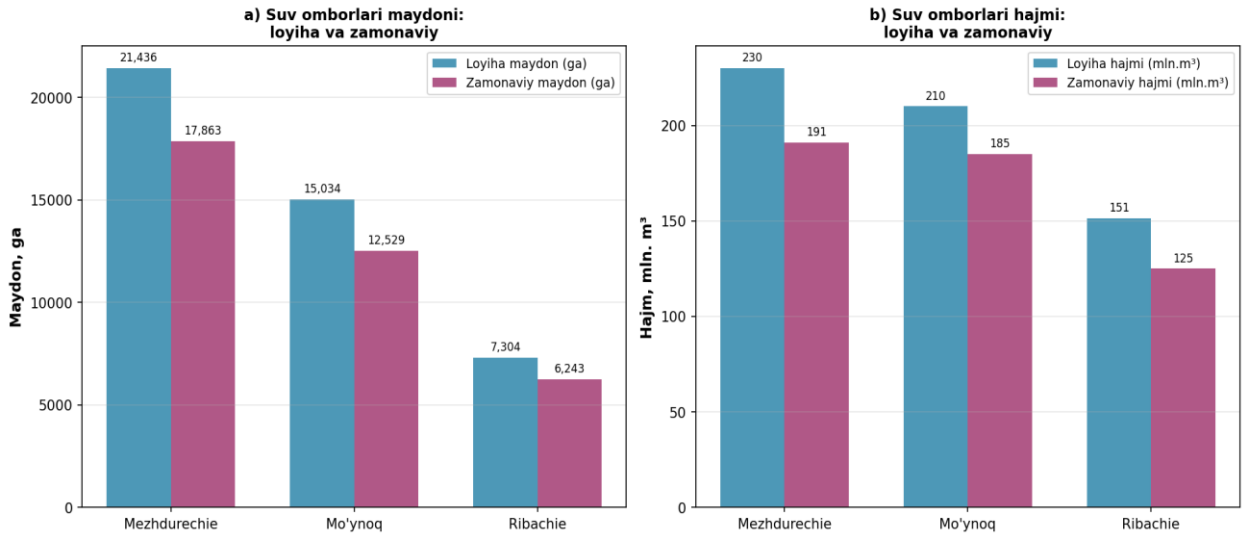
Mezhdurechie suv omborida suv sathining loyiha belgisi (57.30 m BS) ga muvofiq umumiy suv hajmi 190.9 mln. m³ (dala o'lchovlari bo'yicha), ArcGIS bo'yicha esa 230.8 mln. m³ ni tashkil etadi. Zamonaviy suv maydoni 17 863 ga bo'lib, loyiha ko'rsatkichidan (21 436 ga) 16.7% ga past. Mo'ynoq suv omborida zamonaviy suvlash maydoni 12 529 ga (loyiha 15 034 ga), hajmi 184.9 mln. m³ (loyiha 210 mln. m³). Ribachie suv omborida zamonaviy maydon 6 243 ga (loyiha 7 304 ga), hajmi 124.9 mln. m³ (loyiha 151.4 mln. m³).

1-jadval.

Amudaryo deltasidagi asosiy suv omborlari morfometrik parametrlari

Ko'rsatkich	Mezhdurechie	Mo'ynoq	Ribachie	Jami / O'rtacha
Loyiha maydoni, ga	21 436	15 034	7 304	43 774
Zamonaviy maydoni, ga	17 863	12 529	6 243	36 635
Kamayish, %	16.7%	16.7%	14.5%	16.3%
Loyiha hajmi, mln.m³	230.0	210.0	151.4	591.4
Zamonaviy hajmi, mln.m³	191.0	184.9	125.0	500.9
Maksimal chuqurlik, m	5–6	4.0–4.2	3.5–4.0	—
O'rtacha chuqurlik, m	0.5–1.2	1.48	2.0	—
Loyiha o'tkazish qobiliyati, m³/s	—	44 (Glavmyaso)	50 (Marinkin)	—
Zamonaviy o'tkazish qobiliyati, m³/s	—	15	20	—

2-rasm. Amudaryo deltasidagi asosiy suv omborlari morfometrik parametrlarining loyiha va zamonaviy ko'rsatkichlari taqqoslash



2-rasm. Amudaryo deltasidagi asosiy suv omborlari morfometrik parametrlarining loyiha va zamonaviy ko'rsatkichlari taqqoslash

Suv balansi va matematik modellash. Delta suvhavzalari tizimi uchun maqsadli gidrologik model differentsial tenglamalar tizimi ko'rinishida ishlab chiqilgan [8]. Model asosini suv balansining quyidagi asosiy tenglamasi tashkil etadi:

$$dW/dt = Qp - qr - qE - qf$$

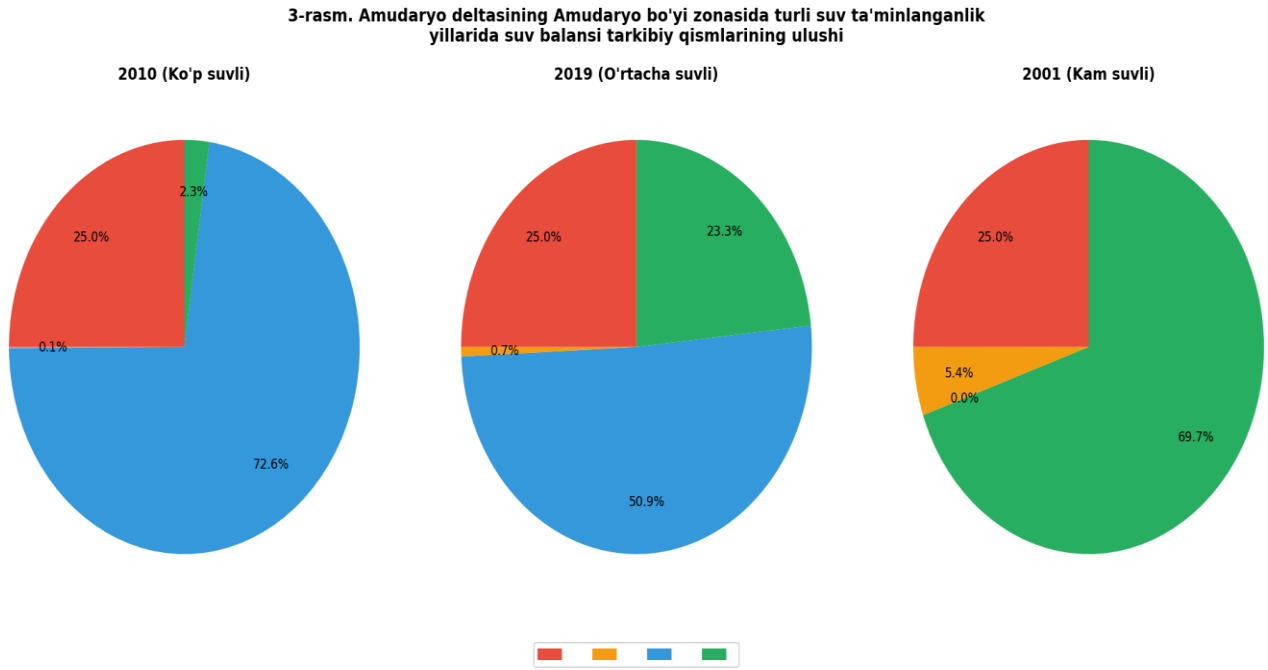
bu yerda: Qp — deltaga suv oqimi (Samanboy g/p orqali), m³/s; qr — o'zandagi yo'qotishlar (umumiy oqimning 25% i); qE — bug'lanish; qf — filtrat yo'qotish.

Visual C# dasturlash tilida amalga oshirilgan model yordamida uch xarakterli yil uchun (2010 — ko'p suvli, 2019 — o'rtacha suvli, 2001 — kam suvli) suv balansi hisoblandi. Hisob-kitoblar loyiha parametrlarida ham, zamonaviy sharoitlarda ham bajarildi.

2-jadval.

Amudaryo bo'yi hududining turli ta'minlanganlik yillaridagi suv balansi

Ko'rsatkich	Ko'p suvli (2010)	O'rtacha suvli (2019)	Kam suvli (2001)	Birlik
Jami suv oqimi (Samanboy g/p)	16 817.7	1 674.4	100.9	mln. m³/yil
O'zandagi yo'qotishlar	4 204.4	418.6	25.2	mln. m³/yil
Jami bug'lanish (barcha omborlar)	14.5	11.4	4.95	mln. m³/yil
Filtrat yo'qotish	1.30	1.14	0.45	mln. m³/yil
Orol dengiziga tashlangan	12 214.9	852.4	0.0	mln. m³/yil
Omborlarda qolgan suv	499.98	500.03	218.8	mln. m³



3-rasm. Amudaryo deltasida turli suv ta'minlanganlik yillarida suv balansi tarkibiy qismlarining ulushi

Ko'p suvli 2010 yilda jami suv oqimi 16 817.7 mln. m³ ni tashkil etib, uning 79.8% i o'zanda va deltadan tashqariga (Orol denizining sobiq tubiga) tashlangan. O'rtacha suvli 2019 yilda jami oqim 1 674.4 mln. m³ bo'lib, barcha uch omborni to'ldirish uchun 500 mln. m³ dan ortiq suv ta'minlangan. Kam suvli 2001 yilda suv oqimi atigi 100.9 mln. m³ ni tashkil etib, omborlar zamonaviy hajmining 40–50% ini toldirish ham imkoni bo'lmagan.

Kanal infratuzilmasini rekonstruktsiya qilish — Glavmyaso kanalini 44 m³/s ga, Marinkinuzyak kanalini 50 m³/s ga etkazish — Mezhdurechie suv omborini to'liq to'ldirish (hajm 230 mln. m³) va Mo'ynoq (139 mln. m³), Ribachie (151 mln. m³) omborlarini loyiha hajmlariga etkazish imkonini beradi [8].

Gidrobioologik tadqiqotlar (zooplankton). 2022–2023 yillarda quyi Amudaryo suv omborlarida o'tkazilgan mavsumiy ekspeditsiyalar davomida 32 ta zooplankton namunasi (23 ta miqdoriy, 9 ta sifat) to'plandi. Jami 27 tur zooplankton aniqlandi: 15 tur — Rotifera (55.6%), 6 tur — Cladocera (22.2%), 6 tur — Copepoda (22.2%) [9].

3-jadval.

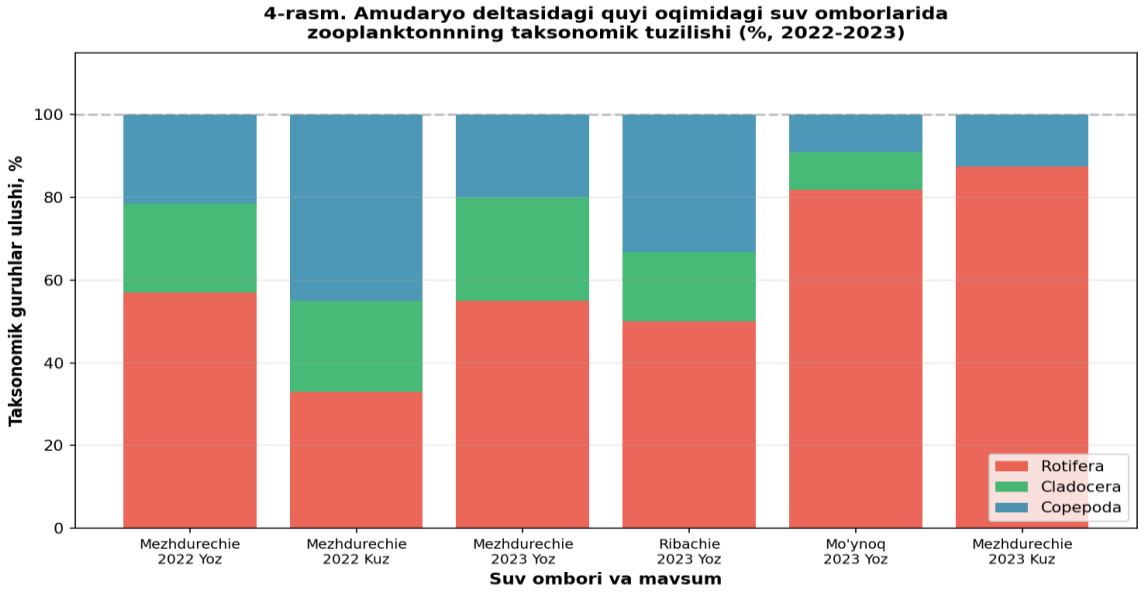
Amudaryo quyi oqimidagi suv omborlaridagi zooplankton turlar soni (2022-2023)

Suv ombori	2022 Yoz	2022 Kuz	2023 Yoz	2023 Kuz
Mezhdurechie	14	9	14	8
Ribachie	—	—	6	—
Mo'ynoq	—	—	11	—
Jami	**14**	**9**	**31**	**8**

Zooplanktonning eng yuqori xilma-xilligi Mezhdurechie suv omborida kuzatildi (umumiy 27 tur). Ribachie va Mo'ynoq suv omborlari 2023 yilning yozida tekshirildi va ularning kam suvliligi tufayli faqat bitta marta namuna olish imkoni bo'ldi.

Zooplankton biomassasi avgust oyida eng yuqori bo'lib: Mezhdurechie suv omborida 4400 mg/m³, Ribachie suv omborida 231 mg/m³, Mo'ynoq suv omborida 124 mg/m³ ga etdi. Mezhdurechie suv omboridagi biomassaning asosiy qismini (96%) Copepoda guruhi vakillari tashkil etadi.

Ilk bor Amudaryo quyi oqimidagi suv omborlarida zooplanktorlarning 7 turi qayd etildi: Hexartra mira, Asplanchna sieboldi, Polyarthra vulgaris, Bdelloida gen. sp. va boshqalar. Shuningdek, avvalgi tadqiqotlarda (Ginatullina va boshq., 2006) qayd etilgan bir qator turlar — Keratella tropica, Thermocyclops vermifer — yo'qolganligi aniqlandi.



4-rasm. Amudaryo deltasi quyi oqimidagi suv omborlarida zooplanktonning taksonomik tuzilishi (%, 2022-2023)

Xulosalar

1. 1965–2022 yillar davomida Qiziljar gidroposti bo'yicha Amudaryo oqimining tizimli kamayishi qayd etildi: o'rtacha ko'p yillik sarf 177.5 m³/s, variatsiya koeffitsienti Cv=1.08. So'nggi o'n yilliklarda maksimal sarflarning sezilarli kamayishi delta suv omborlariga tushayotgan suv hajmini keskin pasaytirmoqda.

2. Dala o'lchovlari va ArcGIS modellash natijalari asosida barcha uch suv omborining zamonaviy morfometrik parametrlari loyiha ko'rsatkichlaridan 14–17% (maydon bo'yicha) va 12–17% (hajm bo'yicha) pastligi aniqlandi. Bu suv omborlari sediamentatsiya va gidrologik rejim buzilishidan sezilarli ta'sir ko'rayotganligini ko'rsatadi.

3. Gidrologik matematik model yordamida delta suvhavzalari tizimining suvlantirish rejimi modellashtirildi. Kanal infratuzilmasini rekonstruktsiya qilish (Glavmyaso — 44 m³/s, Marinkinuzyak — 50 m³/s) yordamida omborlarni loyiha hajmlariga etkazish mumkinligi ko'rsatildi.

4. Gidrobioologik tadqiqotlar natijasida suv omborlarida 27 tur zooplankton aniqlandi. Mezhdurechie suv omborida eng yuqori xilma-xillik va biomassa (4400 mg/m³) qayd etildi, bu uning barqaror gidrologik rejimiga bog'liq. Kam suvli yillarda suv omborlarining biologik mahsuldorligi

keskin pasayib, ekotizimning nobarqarorligiga olib kelmoqda.

5. Tadqiqot natijalari Qoraqalpog'iston Respublikasi Suv xo'jaligi vazirligi huzuridagi Orolbo'yi delta boshqarmasida va Orolni qutqarish xalqaro jamg'armasining Nukus filialida amaliyotga joriy etildi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Рогов М.М. Гидрология дельты Амударьи. Л.: Гидрометеоиздат, 1957. — 254 с.
2. Духовный В.А. Водная и экологическая стабильность в Центральной Азии // Проблемы Аральского моря и Приаралья. НИЦ МКВК, 2008. — С. 4-13.
3. Духовный В.А., Соколов В.И. Основные положения концепции интегрированного управления… // Материалы научной конференции НИЦ МКВК, 2012. — С. 11-14.
4. Никольский Г.В. Рыбы Средней Азии. М.: Изд-во АН СССР, 1940. — 289 с.
5. Qozaqboyev S. Biologiya i ekologiya planktonnyh rakoobraznyh yuzhnogo Arala. Nukus: Bilim, 1986. — 120 s.
6. Курбанбаев С.Е. Изменение гидрологического режима… в дельте реки Амударьи // Географическое общество Узбекистана. Вып. 34. 2009. — С. 153-156.
7. Kaipov I. Analysis of the hydrological regime and morphometric characteristics of the Mezhdurechenskoye reservoir. “Orolbo’yi hududida iqlim o’zgarishi va suv tanqisligi sharoitida qishloq xo’jaligini rivojlantirishning innovatsion texnika va texnologiyalari” mavzusidagi xalqaro ilmiy va ilmiy-texnik konferensiyasi Materiallar to’plami 12 mart 2026 yil Nukus.
8. Kaipov I. Amudaryo quyi oqimi gidrotexnik inshootlarining suv balansi dinamikasi va ekologik barqarorlik masalalari (Mejdurechie suv ombori misolida). “Orolbo’yi hududida iqlim o’zgarishi va suv tanqisligi sharoitida qishloq xo’jaligini rivojlantirishning innovatsion texnika va texnologiyalari” mavzusidagi xalqaro ilmiy va ilmiy-texnik konferensiyasi Materiallar to’plami 12 mart 2026 yil Nukus.
9. Ginatullina E.N. va boshq. Zooplankton Mezhdurechenskogo vodoxranilishcha i ozer Muynak i Rybachye // O‘zbekiston biologiya jurnali. — 2006. — №4. — B. 35–41.
10. Pavlovskaya L.P. Sistematika, ekologiya i ohrana ryb nizoviy Amudar'i. Toshkent: Fan, 1984.
11. Tleuov R. Biologiya karpovyh ryb yuzhnogo Priaral'ya. Nukus: Qaraqalpaqstan, 1979.
12. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021 yil 29 iyuldagi PQ-5202-son qarori. Orolbo‘yi mintaqasini ekologik innovatsiyalar va texnologiyalar hududi deb e’lon qilish to‘g‘risida. Toshkent, 2021.
13. Курбанбаев Е., Артыков О., Курбанбаев С.Е. Интегрированное управление водными ресурсами в дельте реки Амударьи. Ташкент, 2010. — 156 с.
14. Курбанбаев С.Е. Изменение гидрографической сети дельты реки Амударьи… // Вестник КК отделения АН РУз. №1. Нукус, 2015. — С. 14-19.
15. Курбанбаев Е., Курбанбаев С.Е. Определение величины ожидаемого прихода максимальных расходов… // Вестник КК отделения АН РУз. №2. Нукус, 2015. — С. 24-27.
16. Temirbekov R., Mirzambetov N., Musaev A., Israilova I., Kaipov I., Turlibaev Z. Current state of biodiversity and hydrological-hydrochemical regime of the Mezhdurechensk reservoir of the Republic of Karakalpakstan IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1284 (2023) 012007 IOP

Publishing. doi:10.1088/1755-1315/1284/1/012007.

UO‘K: 528.9:504.03

EKOLOGIK MUAMMOLARNI BARTARAF ETISHDA GEODEZIYA VA KARTOGRAFIYANING ZAMONAVIY INNOVATSION YONDASHUVLARI

Islomov O‘tkir Pirmetovich-*“TIQXMMI" milliy tadqiqot universiteti” PhD., dotsent.*

Xamdamov Og‘abek Dilshod o‘g‘li-*“TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti” talabasi*

Annotatsiya: Ushbu maqolada ekologik muammolarni hal etishda geodeziya va kartografiya fanlarining amaliy ahamiyati ko‘rib chiqilgan. Bugungi kunda atrof-muhitni muhofaza qilish va tabiiy resurslardan oqilona foydalanish masalalari dolzarb bo‘lib bormoqda. Shu sababli hududlarni o‘rganish va tahlil qilishda aniq fazoviy ma’lumotlarga ehtiyoj ortib bormoqda.Maqolada geodezik o‘lchovlar va kartografik ishlanmalar yordamida yer yuzasidagi o‘zgarishlarni kuzatish imkoniyatlari yoritilgan. Shuningdek, GIS texnologiyalari va masofadan zondlash usullari ekologik jarayonlarni tahlil qilishda qanday ahamiyatga ega ekani haqida fikr yuritilgan.Bundan tashqari, ushbu usullar yordamida cho‘llanish, yer resurslarining kamayishi va urbanizatsiya jarayonlarini kuzatish hamda ularning salbiy oqibatlarini kamaytirish yo‘llari ko‘rib chiqilgan. Olingan natijalar geodeziya va kartografiya ekologik muammolarni hal etishda muhim vosita ekanini ko‘rsatadi.

Kalit so'zlar: geodeziya, kartografiya, ekologiya, GIS, masofadan zondlash, yer resurslari, ekologik tahlil.

Kirish qismi. Hozirgi kunda insoniyat oldida turgan eng dolzarb masalalardan biri bu ekologik muammolarning ortib borishi va atrof-muhit holatining yomonlashuvidir. Sanoatlashuv jarayonlarining tezlashishi, aholining ko‘payishi, urbanizatsiyaning kengayishi hamda tabiiy resurslardan noto‘g‘ri va ortiqcha foydalanish natijasida Yer sayyorasida ekologik muvozanat buzilmoqda. Atmosfera ifloslanishi, suv resurslarining kamayishi, tuproq unumdorligining pasayishi, o‘rmonlarning qisqarishi va cho‘llanish jarayonlarining kuchayishi kabi muammolar bugungi kunda global miqyosda jiddiy xavotir uyg‘otmoqda. Shu sababli ekologik muammolarni o‘rganish va ularni ilmiy asosda hal etish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. Ekologik muammolarni tahlil qilish va ularni bartaraf etishda geodeziya va kartografiya fanlari muhim ahamiyatga ega. Geodeziya Yerning shakli, o‘lchamlari va uning yuzasidagi o‘zgarishlarni aniqlash orqali aniq fazoviy ma’lumotlarni taqdim etadi. Ushbu ma’lumotlar tabiiy jarayonlarni kuzatish, yer resurslaridan foydalanishni tahlil qilish va ekologik holatni baholashda katta ahamiyat kasb etadi. Kartografiya esa olingan ma’lumotlarni xaritalar ko‘rinishida ifodalab, ularni tahlil qilish va qaror qabul qilish jarayonini yengillashtiradi. So‘nggi yillarda zamonaviy texnologiyalar geodeziya va kartografiya sohalarini yanada rivojlantirdi. Sun’iy yo‘ldosh tizimlari, GPS, geografik axborot tizimlari (GIS)

hamda masofadan zondlash usullari yordamida Yer yuzasidagi o‘zgarishlarni aniq va tezkor kuzatish imkoniyati paydo bo‘ldi. Ushbu texnologiyalar ekologik jarayonlarni monitoring qilish, muammolarni aniqlash va ularning oldini olishda muhim vosita bo‘lib xizmat qilmoqda. Shuningdek, GIS texnologiyalari turli ekologik ma’lumotlarni birlashtirish va tahlil qilish imkonini beradi. Bu esa hududlarning ekologik holatini baholash, ifloslanish darajasini aniqlash va tabiiy resurslardan oqilona foydalanishni rejalashtirishda katta yordam beradi. Shu bois geodeziya va kartografiya ekologik muammolarni hal etishda zamonaviy ilmiy asos sifatida muhim o‘rin egallaydi.

Muammoning qo‘yilishi: Hozirgi globallashuv jarayonida insoniyat oldida turgan eng muhim muammolardan biri ekologik muvozanatning buzilishi va atrof-muhit holatining keskin yomonlashuvidir. Sanoatning jadal rivojlanishi, aholining tez sur’atlarda ko‘payishi, urbanizatsiya jarayonlarining kengayishi hamda tabiiy resurslardan nazoratsiz foydalanish natijasida Yer sayyorasining ekologik tizimi sezilarli darajada o‘zgarib bormoqda. Atmosfera ifloslanishi, suv resurslarining kamayishi, tuproq unumdorligining pasayishi, o‘rmonlarning keskin qisqarishi va cho‘llanish jarayonlarining kuchayishi bugungi kunda nafaqat ayrim hududlar, balki butun dunyo miqyosida jiddiy ekologik xavf sifatida qaralmoqda.

Shu sababli ekologik muammolarni o‘rganish, ularni ilmiy asosda tahlil qilish va samarali yechimlar ishlab chiqish dolzarb ilmiy-amaliy vazifalardan biri hisoblanadi. Ekologik muammolar murakkab va ko‘p omilli xarakterga ega bo‘lib, ularni hal etish uchun aniq, ishonchli va tizimli ma’lumotlarga asoslanish zarur. Bunday ma’lumotlarni olishda geodeziya va kartografiya fanlari alohida ahamiyat kasb etadi. Geodeziya Yer yuzasining shakli, o‘lchamlari va fazoviy o‘zgarishlarini aniqlash orqali tabiiy va antropogen jarayonlarni kuzatish imkonini beradi. Kartografiya esa ushbu ma’lumotlarni xaritalar va boshqa vizual ko‘rinishlarda ifodalab, ularni tahlil qilish va qaror qabul qilish jarayonini yengillashtiradi.

Shu jihatdan geodeziya va kartografiya ekologik muammolarni o‘rganishda asosiy ilmiy vositalardan biri hisoblanadi. So‘nggi yillarda zamonaviy texnologiyalarning rivojlanishi geodeziya va kartografiya sohalarining imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytirdi. Sun’iy yo‘ldosh tizimlari, GPS texnologiyalari, geografik axborot tizimlari (GIS) hamda masofadan zondlash usullari Yer yuzasidagi jarayonlarni yuqori aniqlikda kuzatish va tahlil qilish imkonini bermoqda. Ushbu texnologiyalar yordamida ekologik holatni real vaqt rejimida monitoring qilish, o‘zgarishlarni aniqlash va ularning kelajakdagi rivojlanishini bashorat qilish mumkin bo‘lmoqda. Bu esa ekologik xavflarni oldindan aniqlash va ularni kamaytirish bo‘yicha samarali choralar ko‘rishga yordam beradi.

Shu bilan birga, ekologik muammolarning kuchayib borishi hududiy va global miqyosda kompleks yondashuvni talab etadi. Masalan, ayrim hududlarda suv resurslarining kamayishi qishloq xo‘jaligi faoliyatiga salbiy ta’sir ko‘rsatsa, boshqa hududlarda sanoat chiqindilari atmosfera va tuproq ifloslanishiga olib kelmoqda. Bunday holatlar bir-biri bilan uzviy bog‘liq bo‘lib, ularni alohida emas, balki tizimli ravishda o‘rganish zarur. Geodeziya va kartografiya esa

aynan shunday kompleks yondashuvni amalga oshirishda muhim rol o‘ynaydi. Ekologik muammolarni hal etishda yana bir muhim jihat bu tabiiy resurslardan oqilona foydalanish masalasidir.

Yer resurslari, suv zaxiralari va o‘rmon boyliklari inson hayoti uchun muhim bo‘lib, ularning noto‘g‘ri ishlatilishi ekologik muvozanatning buzilishiga olib keladi. Shu sababli resurslardan foydalanishni rejalashtirish va nazorat qilishda aniq fazoviy ma’lumotlarga ehtiyoj ortib bormoqda. Geodezik o‘lchovlar va kartografik tahlillar bu borada ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilish imkonini yaratadi. Bundan tashqari, iqlim o‘zgarishi ham ekologik muammolarning kuchayishiga katta ta’sir ko‘rsatmoqda. Haroratning global oshishi, muzliklarning erishi, qurg‘oqchilik va tabiiy ofatlarning ko‘payishi ekologik tizimning barqarorligiga tahdid solmoqda. Ushbu jarayonlarni o‘rganishda ham geodeziya va kartografiya fanlarining zamonaviy usullari muhim o‘rin tutadi.

Masofadan zondlash orqali olingan ma’lumotlar iqlim o‘zgarishlarini tahlil qilishda keng qo‘llanilmoqda. Shunday qilib, ekologik muammolarning murakkabligi va ularning global xarakterga ega ekanligi geodeziya va kartografiya fanlarining ahamiyatini yanada oshirmoqda. Ushbu fanlar yordamida Yer yuzasidagi o‘zgarishlarni aniq aniqlash, ekologik xavflarni baholash va ularni kamaytirish bo‘yicha ilmiy asoslangan yechimlar ishlab chiqish mumkin. Shu sababli zamonaviy texnologiyalar bilan uyg‘unlashgan geodeziya va kartografiya ekologik muammolarni hal etishda eng muhim ilmiy yo‘nalishlardan biri sifatida qaraladi.

Tadqiqot metodi: Maqolada ekologik muammolarni tahlil qilish va geodeziya hamda kartografiyaning innovatsion yondashuvlarini o‘rganishda nazariy tahlil, ma’lumotlarni yig‘ish va strukturaviy tahlil, sanoat tajribasi va ekspert bahosi, jarayonlarni modellashtirish hamda tajriba natijalarini solishtirish metodlaridan foydalanildi.

Tadqiqot natijalari. O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida ekologik muammolarni hal etishda geodeziya va kartografiya fanlarining o‘rni va ahamiyati tobora ortib borayotgani aniqlandi. Zamonaviy sharoitda atrof-muhit holatini kuzatish, tabiiy resurslardan foydalanishni tartibga solish hamda ekologik xavflarni oldindan aniqlashda fazoviy ma’lumotlarga asoslangan yondashuvlar eng samarali usullardan biri ekanligi tasdiqlandi. Ayniqsa, geodezik o‘lchovlar va kartografik modellashtirish orqali olingan ma’lumotlar ekologik jarayonlarni chuqur tahlil qilish va to‘g‘ri qarorlar qabul qilish imkonini bermoqda. Tadqiqot davomida aniqlanishicha, ekologik muammolarni monitoring qilishda an’anaviy usullar zamonaviy texnologiyalar bilan solishtirilganda sezilarli darajada cheklangan imkoniyatlarga ega. Masofadan zondlash texnologiyasi, GPS tizimlari va geografik axborot tizimlari (GIS) esa ekologik o‘zgarishlarni tezkor va aniq kuzatish imkonini bermoqda.

Ushbu texnologiyalar yordamida yer qoplamining o‘zgarishi, suv resurslarining kamayishi, o‘rmon hududlarining qisqarishi va urbanizatsiya jarayonlari samarali tarzda tahlil qilindi. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, GIS texnologiyalaridan foydalanish ekologik muammolarni hududiy jihatdan baholashda muhim rol o‘ynaydi. Ma’lumotlarni qatlamlar asosida birlashtirish orqali ekologik xavf zonalarini aniqlash va ularni xaritalarda ifodalash imkoniyati

yaratiladi. Bu esa ekologik boshqaruvni yanada samarali tashkil etishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, geodezik ma'lumotlar asosida yaratilgan raqamli xaritalar hududlarning hozirgi ekologik holatini aniq tasvirlashda muhim vosita bo'lib xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, ekologik muammolarning asosiy sabablari orasida tabiiy resurslardan noto'g'ri foydalanish, sanoat chiqindilarining ko'payishi va urbanizatsiya jarayonlarining tartibsiz rivojlanishi muhim o'rin egallaydi. Ushbu omillar natijasida ayrim hududlarda tuproq degradatsiyasi kuchaygan, suv resurslari kamaygan va havo sifati yomonlashgan. Geodeziya va kartografiya vositalari orqali ushbu jarayonlar aniq aniqlanib, ularning dinamikasi tahlil qilindi. Shuningdek, tadqiqot davomida ekologik monitoring tizimlarini takomillashtirish zarurligi ham aniqlandi. Hozirgi kunda mavjud ma'lumotlar bazalari yetarli darajada integratsiyalashmaganligi sababli ekologik jarayonlarni kompleks baholashda ayrim qiyinchiliklar kuzatilmoqda. Shu sababli, GIS asosida yagona ekologik axborot tizimini yaratish zarurati mavjudligi ta'kidlandi. Bu tizim turli manbalardan olingan ma'lumotlarni birlashtirib, real vaqt rejimida tahlil qilish imkonini beradi. Tadqiqot natijalari shuni ham ko'rsatdiki, geodeziya va kartografiya nafaqat ekologik muammolarni aniqlashda, balki ularni bashorat qilishda ham muhim ahamiyatga ega.

Modellashtirish usullari yordamida kelajakdagi ekologik o'zgarishlarni prognoz qilish mumkin bo'lib, bu esa oldindan chora ko'rish imkonini yaratadi. Masalan, cho'llanish jarayonlarining kengayishi yoki suv resurslarining kamayishi kabi holatlar oldindan aniqlanib, tegishli strategiyalar ishlab chiqilishi mumkin. Bundan tashqari, tadqiqot jarayonida ekspert baholari ham muhim rol o'ynadi. Soha mutaxassislarining fikriga ko'ra, zamonaviy geodezik va kartografik texnologiyalar ekologik boshqaruv tizimining ajralmas qismi bo'lib qolmoqda. Ularning fikricha, kelajakda sun'iy intellekt va avtomatlashtirilgan tahlil tizimlarining joriy etilishi ekologik monitoring samaradorligini yanada oshiradi. Natijalarni umumlashtirgan holda shuni aytish mumkinki, geodeziya va kartografiya fanlari ekologik muammolarni hal etishda asosiy ilmiy-amaliy vositalardan biri hisoblanadi. Ularning zamonaviy texnologiyalar bilan integratsiyasi ekologik holatni aniq baholash, muammolarni tezkor aniqlash va samarali yechimlar ishlab chiqishda katta imkoniyatlar yaratadi. Shu bois ushbu sohalarni rivojlantirish va amaliyotga keng tatbiq etish ekologik barqarorlikni ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Xulosa qilib aytganda o'tkazilgan tadqiqotlar natijasida ekologik muammolarni hal etishda geodeziya va kartografiya fanlarining ahamiyati katta ekanligi aniqlandi. Zamonaviy sharoitda atrof-muhit holatini kuzatish va tahlil qilishda aniq fazoviy ma'lumotlarga asoslanish eng samarali yondashuvlardan biri hisoblanadi. Shu jihatdan geodezik o'lchovlar va kartografik usullar ekologik jarayonlarni o'rganishda muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi. Tahlillar shuni ko'rsatdiki, GIS texnologiyalari, sun'iy yo'ldosh kuzatuvlari va masofadan zondlash usullari ekologik muammolarni aniqlash va ularni monitoring qilishda yuqori samaradorlikka ega. Ushbu texnologiyalar yordamida yer qoplamidagi o'zgarishlar, suv resurslarining kamayishi, urbanizatsiya jarayonlari va tabiiy resurslardan foydalanish holati aniq

baholandi. Shuningdek, tadqiqot natijalari ekologik muammolarni faqat nazariy jihatdan emas, balki amaliy jihatdan ham hal etish zarurligini ko‘rsatdi. Bunda geodeziya va kartografiya sohalarini zamonaviy texnologiyalar bilan integratsiya qilish muhim o‘rin tutadi. Raqamli xaritalar va modellashtirish usullari ekologik boshqaruvni yanada samarali tashkil etishga imkon beradi. Umuman olganda, geodeziya va kartografiya ekologik barqarorlikni ta’minlash, tabiiy resurslarni muhofaza qilish va kelajak avlod uchun qulay muhit yaratishda muhim ilmiy-amaliy vosita hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Narbaev Sh.K. “Yer resurslari va kadastr” o‘quv qo‘llanma. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universiteti. (2023). (Institutning Yer resurslari va kadastr yo‘nalishidagi o‘quv materiallari asosida).
2. Mukhtorov O.M., Inamov A. *Geoinformatsion tizimlar va texnologiyalar* — o‘quv qo‘llanma, TIIAME. (2017). (GIS va fazoviy ma’lumotlarni qayta ishlash bo‘yicha ilmiy-uslubiy materiallar).
3. Rakhmonov Sh.Q., Bozarov I.O. “Detection of changes in the land cover of Tashkent region by remote sensing”, *Irrigation va Melioratsiya* jurnali, TIIAME. (2023). (Fazoviy monitoring va GIS asosida yer qoplamini o‘rganish bo‘yicha ilmiy maqola).
4. Egamova D.A., Sulaymonov J.N. “Improving Agricultural Mapping Using Remote Sensing Data”, – ilmiy maqola (*Best Publication*). (2023). (Sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari orqali yer xaritalash va fazoviy tahlil bo‘yicha tadqiqot
5. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universiteti rasmiy veb-sayti – ilmiy faoliyat bo‘limi va geodeziya-kartografiya yo‘nalishlari haqida ma’lumotlar.
6. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy tadqiqot universitetiga aylantirilishi, raqamli texnologiyalar va GIS bo‘yicha tayyorlov yo‘nalishlari talablari haqida ma’lumotlar. – UzDaily. (2021).
7. O‘zbekiston Respublikasi Yer kodeksi. – Toshkent: Adolat, 2023. (Yer resurslari, kadastr va boshqaruv tizimlari bo‘yicha asosiy normativ hujjat).
8. Ҳ.Мубораков., З.Д. Охунов., А.С.Рўзиев., Х.Ж.Хайитов., Ғ.З.Якубов Геодезия дарслик Янги аср авлоди 2021 йил.
9. Э.Нурматов Геодезия Т.Ўқитувчи, 2003 йил.
10. Ў.П.Исломов.,А.Н.Иномов.,Ж. О.Лапасов., Замонавий: JPS приёмниклар 2016 йил
11. O‘.P.Islomov., Geodeziya fanidan laboratoriya ishlari va amaliy mashg‘ulotlar. O‘quv qo‘llanma. “Yosh avlod matbaa” nashriyoti 2022 yil.
12. O‘.P.Islomov., Kosmik geodeziya. O‘quv qo‘llanma. “TIQXMMI” MTU nashriyoti 2025 yil.
13. Higher Geodesy//Textbook., T Abdullaev, U Islamov, U Mukhtorov, AN Inamov., Tashkent., 2017 yil
14. https://t.me/geokitob
15. https://t.me/geokosmos

UO‘K: 528.8:624.04

GLOBAL NAVIGATSIYA SUN’IY YO‘LDOSH TIZIMLARI (GNSS) YORDAMIDA MUHANDISLIK INSHOOTLARINING DEFORMATSIYASINI REAL VAQT REJIMIDA MONITORING QILISH

Mannonov Alizod *– “TIQXMMI” MTU talaba.*
Muxtorov O‘zbekxon *- “TIQXMMI” MTU PhD, Dotsent*

Annotatsiya: *Ushbu maqolada zamonaviy muhandislik inshootlari, jumladan, ko‘priklar, baland binolar va to‘g‘onlarning deformatsiyasini GNSS (Global Navigatsiya Sun’iy Yo‘ldosh Tizimlari) texnologiyasi yordamida real vaqt rejimida monitoring qilish masalalari yoritilgan. An’anaviy geodezik usullarga qaraganda GNSS keng qamrovli, yuqori aniqlikdagi va uzluksiz real vaqt monitoringini amalga oshirish imkonini berishi ko‘rib chiqilgan. GNSS-RTK, PPP kabi ilg‘or texnologiyalarning qo‘llanilishi hamda sensorlar sintezi tufayli muhandislik inshootlarining strukturaviy sog‘lig‘ini baholash tizimlari takomillashgani asoslab berilgan.*

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, GNSS texnologiyasi muhandislik inshootlarining deformatsiyasini erta bosqichda aniqlash va bartaraf etish, shu orqali ularning barqarorligi va xavfsizligini ta’minlashda yuqori samaradorlikka ega. Ayniqsa, ko‘p chastotali va ko‘p tizimli GNSS qabul qiluvchilaridan foydalanish monitoring ishlarining aniqligi va ishonchliligini sezilarli darajada oshiradi.

Kalit so‘zlar: *GNSS, deformatsiya monitoringi, real vaqt, muhandislik inshootlari, RTK, PPP, sensor sintezi, strukturaviy holat monitoringi.*

Kirish. Zamonaviy urbanizatsiya va sanoat taraqqiyoti ko‘lamining kengayishi natijasida yirik muhandislik inshootlari — ko‘priklar, metropoliten yo‘llari, baland minoralar hamda gidrotexnik to‘g‘onlar soni keskin oshdi. Ushbu inshootlarning texnik holati ularga doimiy ta’sir etuvchi turli omillar (tuproqning cho‘kishi, harorat o‘zgarishi, texnogen yuklamalar va seysmik faollik) tufayli vaqt o‘tishi bilan yomonlashadi. Shu bois, bunday muhandislik inshootlarining deformatsiyalarini doimiy va aniq monitoring qilish, ularning strukturaviy yaxlitligi va xavfsiz ishlash muddatini ta’minlash uchun muhim ahamiyat kasb etadi.

So‘nggi yillarda GNSS (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou kabi global navigatsiya sun’iy yo‘ldosh tizimlari) texnologiyasi yuqori aniqlikdagi geodezik o‘lchash vositasi sifatida muhandislik inshootlari deformatsiyasini monitoring qilishda keng qo‘llanila boshlandi. Ushbu maqolaning maqsadi GNSS texnologiyasi asosida muhandislik inshootlarining deformatsiyasini real vaqt rejimida monitoring qilishning nazariy asoslari va amaliy tatbiqini tahlil qilishdir.

Asosiy qism. GNSS yordamida deformatsiyani real vaqt rejimida monitoring qilish konsepsiyasi strukturaviy sog‘liq monitoringi (ingl. Structural Health Monitoring — SHM) tamoyillariga asoslanadi. Ushbu yondashuvning mohiyati shundan iboratki, inshootning aniq geometrik parametrlaridagi o‘zgarishlar GNSS signallarini qayta ishlash vositasida kuzatiladi. Ushbu monitoring tizimi odatda bir nechta asosiy komponentlardan iborat: GNSS qabul qiluvchilar tarmog‘i, CORS (ingl. Continuously Operating Reference

Stations) tayanch stansiyalari, ma’lumotlarni uzatish va qayta ishlash markazi.

So‘nggi yillarda arzon ikki chastotali (dual-frequency) GNSS qabul qiluvchilari (masalan, u-blox ZED-F9R) bilan o‘tkazilgan tadqiqotlar monitoring tizimlarining iqtisodiy samaradorligini tubdan oshirdi. 60 kunlik uzoq muddatli tajriba sinovlarida bunday past xarajatli qurilmalar yordamida 2 mm dan ham kam xatolik bilan uch o‘lchovli deformatsiyalarni qayd etishga erishilganligi, ularning sekin kechuvchi siljishlar (yiliga santimetr darajasida) monitoringi uchun yaroqli ekanini isbotladi.

Deformatsiya monitoringining aniqligi va ishonchliligini ta’minlashda eng ilg‘or texnologiyalardan biri bu PPP-RTK (Precise Point Positioning – Real-Time Kinematic) hisoblanadi. Ushbu gibrid usul an’anaviy RTK va PPP metodlarining afzalliklarini o‘zida mujassamlashtirib, millimetr darajasidagi aniqlikni ta’minlaydi. Xususan, dunyodagi eng uzun dengiz ko‘prigi — Gonkong-Chjuxay-Makao ko‘prigi (55 km) ustida BDS (BeiDou) tizimi yordamida o‘tkazilgan keng qamrovli tadqiqotlarda, PPP-RTK texnologiyasi bo‘ylama yo‘nalishda 6 mm va vertikal yo‘nalishda 1.6 sm RMS aniqlikni namoyon etib, ma’lumotlar silliqlangandan keyin bu ko‘rsatkichlar mos ravishda 3 mm va 6 mm gacha yaxshilangan. Tadqiqotchilar harorat ta’siridan kelib chiqadigan davriy deformatsiyalarni ham muvaffaqiyatli kuzatishga muvaffaq bo‘lishgan. Shuningdek, BDS PPP-RTK metodi Osiyo-Tinch okeani mintaqasida mustaqil ravishda millimetrik aniqlikdagi monitoringni amalga oshirishga qodir ekanligi isbotlangan.

Zamonaviy muhandislik amaliyotida ko‘p chastotali va ko‘p tizimli (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou) GNSS qabul qiluvchilari, RTK usuli va sensorlar sintezi algoritmlari (masalan, akselerometrlar, inklinometrlar bilan integratsiya qilish) deformatsiyaning fazoviy-vaqtinchalik aniq manzarasini olish imkonini bermoqda. 2025-yilda chop etilgan tadqiqotlar ikki antennali GNSS qabul qiluvchilarni yagona tarmoqqa birlashtirib, real vaqt rejimida eng kichik kvadratlar usulida o‘lchashlar olib borishning afzalliklarini ko‘rsatdi. Bunda GNSS ma’lumotlari inklinometrlar kabi qo‘shimcha sensorlar bilan uyg‘unlashtirilib, xatoliklarni minimallashtirish va o‘lchash aniqligini oshirishga erishilmoqda.

Sun’iy intellekt (AI) va chuqur o‘qitish (Deep Learning) modellarining joriy etilishi GNSS monitoring tizimlarini yanada takomillashtirib, ularni bashorat qilish va anomaliyalarni avtomatik aniqlash funksiyalariga ega bo‘lgan intellektual tizimlarga aylantirdi. Jumladan, o‘ta baland binolarning real vaqt rejimidagi deformatsiya va murakkab fazoviy siljishlarini kuzatishda an’anaviy neyron tarmoqlar yetarli aniqlikni bermagan bir sharoitda, TQWT-TCN-LSTM-GAM kabi ilg‘or gibrid modellar qo‘llanilmoqda.

Ushbu model bashoratlash aniqligini sezilarli darajada oshirib, murakkab ekologik va dinamik yuklamalar ta’siri ostidagi burilish deformatsiyalarini yuqori aniqlikda monitoring qilish imkonini bergan. IoT (Internet of Things) texnologiyasi bilan uyg‘unlikda esa, GNSS qabul qiluvchilar, tenzometrlar va akselerometrlardan iborat simsiz sensor tarmoqlari real vaqt ma’lumotlarini bulutli platformalarga uzatib, muhandislarga har qanday masofadan turib murakkab tahlillarni amalga oshirish imkonini yaratdi.

Mamlakatimizda ham muhandislik inshootlarining deformatsiyasini GNSS asosida monitoring qilish bo‘yicha muhim qadamlar tashlanmoqda. Jumladan, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining PQ-161-son (17.04.2024) hamda PF-184-son (21.10.2025) farmonlari seysmik xavfsizlik va inshootlarga avtomatik monitoring uskunalarini o‘rnatishni tartibga soluvchi muhim me’yoriy asos bo‘lib xizmat qilmoqda. “O‘zbekkosmos” agentligining sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari asosidagi geodezik tarmog‘i va “Yer osti bosimli muhandislik kommunikatsiya tizimlarining seysmik xavfsizligini ta’minlash monitoring tizimi” kabi loyihalar real vaqt rejimida GNSS va sun’iy intellekt prognozlash orqali yer cho‘kishi va siljishlarni aniqlashga qaratilgan. Xususan, Farg‘ona Davlat Texnika Universitetida ishlab chiqilgan integratsiyalashgan monitoring tizimi yer osti muhandislik kommunikatsiyalarining seysmik xavfsizligini 30-50% ga oshirishga xizmat qilishi prognoz qilinmoqda.

Xulosa. Yuqoridagi tahlillar GNSS texnologiyasi muhandislik inshootlarining deformatsiyasini real vaqt rejimida monitoring qilish uchun ishonchli va samarali vosita ekanligini ko‘rsatdi. GNSS-RTK va PPP kabi zamonaviy usullar millimetrik aniqlikni ta’minlab, strukturada yuzaga kelayotgan eng kichik geometrik o‘zgarishlarni ham qayd etish imkonini beradi. Kelajakda ushbu texnologiyaning sanoat miqyosida yanada keng joriy etilishi muhandislik inshootlarining xizmat muddatini uzaytirishga, avariya holatlarining oldini olishga va pirovard natijada katta iqtisodiy samaradorlikka erishishga xizmat qiladi. Tadqiqotlar davomida GNSS texnologiyasining sun’iy intellekt bilan integratsiyalashuvi orqali bashoratlash imkoniyatlarini yanada oshirish istiqbolli yo‘nalish sifatida belgilangan.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Akhmedov, D., Boguspaev, N., Raskaliev, A., et al. (2023). Development of a simulation model for determining the coordinates of air objects based on the GNSS navigation signal. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. [8†L48-L49]

2. Duong, T. T., Nguyen, L. Q., & Bui, D. V. (2025). The array of GNSS for structure deformation monitoring. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, (4), 168–176. [8†L3-L4]

3. Flah, M., Nunez, I., Ben Chaabene, W., & Nehdi, M. L. (2020). Machine Learning Algorithms in Civil Structural Health Monitoring: A Systematic Review. Archives of Computational Methods in Engineering, 27, 1315–1335. [6†L30-L33]

4. Koch, C., Georgieva, K., Kasireddy, V., Akinci, B., & Fieguth, P. (2017). A review on computer vision based defect detection and condition assessment of concrete and asphalt civil infrastructure. Advanced Engineering Informatics, 30(2), 208–222. [6†L23-L26]

5. Wang, Z., He, Y., Wang, J., & Zhang, H. (2020). Unmanned aerial vehicle-based bridge inspection: Current status and future perspectives. Advances in Civil Engineering, 2020. [6†L27-L29]

6. Zhang, X., Fu, S., Wu, H., et al. (2025). Research and application of building deformation monitoring based on BDS-3. Journal of Engineering Surveying, 50(5):823-835. [7†L3-L6]

UDK: 528.7:528.8

ZAMONAVIY GEODEZIYADA LIDAR VA UCHUVCHISIZ UCHISH APPARATLARI (DRONLAR) YORDAMIDA YUQORI ANIQLIKDAGI 3D MODELLARNI YARATISH ISTIQBOLLARI

Amankeldiyev T.– *talaba*
Muxtorov O‘. - *PhD, Dotsent.*

Annotatsiya: *Mazkur maqolada zamonaviy geodeziyada LiDAR (Light Detection and Ranging) texnologiyasi hamda uchuvchisiz uchish apparatlari (UAV/dronlar) yordamida yuqori aniqlikdagi 3D modellarni yaratishning dolzarb masalalari va rivojlanish istiqbollari tahlil qilinadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, UAV platformalari va LiDAR sensorlari integratsiyasi fazoviy ma’lumotlarni tezkor, kontaktlarsiz va yuqori aniqlikda yig‘ish imkonini beradi hamda geodezik o‘lchovlar samaradorligini sezilarli darajada oshiradi*

Kalit so‘zlar: *LiDAR, uchuvchisiz uchish apparatlari (UAV), dronlar, 3D modellashtirish, geodeziya, masofadan zondlash, nuqta buluti (point cloud), raqamli relyef modeli (DEM), raqamli yer yuzasi modeli (DSM), fotogrammetriya, fazoviy ma’lumotlar, GIS texnologiyalari, yuqori aniqlik, aerogeodeziya, kartografiya.*

Kirish. So‘nggi yillarda geodeziya va kartografiya sohalarida raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi fazoviy ma’lumotlarni yig‘ish, qayta ishlash va vizualizatsiya qilish usullarini tubdan o‘zgartirdi. Xususan, LiDAR (Light Detection and Ranging) texnologiyasi hamda uchuvchisiz uchish apparatlari (UAV, dronlar) integratsiyasi yuqori aniqlikdagi 3D modellarni yaratishda muhim ahamiyat kasb etmoqda.

An’anaviy geodezik o‘lchash usullari ko‘p vaqt va mehnat talab qilishi bilan birga, ayrim hududlarda (tog‘li, o‘rmonli yoki xavfli zonalarda) samarali qo‘llanilmaydi. Shu sababli, masofadan zondlash texnologiyalari asosida ishlovchi tizimlar, xususan LiDAR va UAV platformalari zamonaviy geodeziyaning eng istiqbolli yo‘nalishiga aylandi.

Mazkur maqolaning maqsadi — LiDAR va UAV texnologiyalari yordamida yuqori aniqlikdagi 3D modellarni yaratish jarayonlarini tahlil qilish, ularning afzalliklari, qo‘llanish sohalari va istiqbollarini aniqlashdan iborat.

Asosiy qism. Zamonaviy geodeziyada LiDAR va uchuvchisiz uchish apparatlari (UAV) integratsiyasi yuqori aniqlikdagi 3D modellashtirish jarayonini tubdan o‘zgartirib yubordi. So‘nggi ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, ushbu texnologiyalar birgalikda qo‘llanganda fazoviy ma’lumotlarning aniqligi, tezkorligi va to‘liqligi sezilarli darajada oshadi.

Bugungi kunda amalga *oshirilayotgan ishlar*

Hozirgi davrda UAV-LiDAR tizimlari turli sohalarda keng joriy etilmoqda. Masalan, 2026-yilda chop etilgan ilmiy tadqiqotlarda dronlarga o‘rnatilgan LiDAR va fotogrammetriya kameralarini birlashtirish orqali yuqori aniqlikdagi 3D modellar yaratishning to‘liq ish jarayoni ishlab chiqilgan. Ushbu yondashuv natijasida modellar aniqligi oshib, sirt xatoliklari taxminan 30% ga kamaygani aniqlangan .

Shuningdek, zamonaviy amaliyotda LiDAR asosida nuqta bulutlari (point cloud) yaratilib, ular asosida DEM (Digital Elevation Model) va DSM (Digital Surface Model) kabi muhim geodezik mahsulotlar olinmoqda. Bu

texnologiya ayniqsa qurilish rejalashtirishda, yer resurslarini boshqarishda va infratuzilma monitoringida keng qo‘llanmoqda .

2025–2026 yillardagi sanoat tendensiyalariga ko‘ra, UAV-LiDAR texnologiyasi konchilik, qishloq xo‘jaligi va ekologik monitoring sohalarida asosiy vositaga aylanib bormoqda. Hatto ayrim ma’lumotlarga ko‘ra, 2026-yilga kelib yirik konchilik kompaniyalarining 80% dan ortig‘i ushbu texnologiyani faol qo‘llay boshlagan .

Bundan tashqari, LiDAR texnologiyasi sun’iy intellekt bilan integratsiya qilinib, avtomatik obyekt aniqlash va 3D rekonstruksiya jarayonlari ham rivojlanmoqda. Bu esa geodeziyada inson omilini kamaytirib, natijalarni yanada tez va aniq olish imkonini bermoqda .

Mavjud muammolar va cheklovlar. Shunga qaramay, ushbu texnologiyalar hali to‘liq mukammal emas va bir qator muammolar mavjud:

1. *Ma’lumotlarni qayta ishlash muammosi*

LiDAR yordamida juda katta hajmdagi nuqta bulutlari hosil qilinadi. Bu ma’lumotlarni qayta ishlash uchun yuqori hisoblash quvvati talab etiladi. Amaliyotda ko‘pincha dala ishlaridan yutgan vaqt ofisda qayta ishlashga sarflanadi.

2. *Aniqlik va kalibrlash masalalari*

UAV-LiDAR tizimlarida georeferensiya xatoliklari paydo bo‘lishi mumkin. Shu sababli aniqlikni tekshirish va kalibrlash uchun qo‘shimcha usullar talab etiladi.

3. *Vegetatsiya va relyef muammolari*

LiDAR o‘simlik qoplamasi orqali o‘tish imkoniga ega bo‘lsa-da, zich vegetatsiya sharoitida yer yuzasini to‘liq aniqlash qiyin bo‘lishi mumkin .

4. *Texnik va iqtisodiy cheklovlar*

LiDAR sensorlarining yuqori narxi, Dronlarning cheklangan uchish vaqti, Malakali mutaxassislar yetishmasligi. Bu omillar texnologiyaning keng joriy etilishiga to‘sqinlik qilmoqda.

Muammolarni yechish yo‘llari. Hozirgi ilmiy va amaliy izlanishlar ushbu muammolarni bartaraf etishga qaratilgan:

1. Sun’iy intellekt va avtomatlashtirish

AI asosida nuqta bulutlarini avtomatik qayta ishlash, obyektlarni aniqlash va klassifikatsiya qilish jarayonlari rivojlanmoqda. Bu katta hajmdagi ma’lumotlarni tez va samarali tahlil qilish imkonini beradi .

2. Sensorlar integratsiyasi (fusion)

LiDAR va fotorammetriya birgalikda qo‘llanilganda kamchiliklar kamayadi va modellar aniqligi oshadi .

3. Bulutli texnologiyalar (cloud computing)

Katta hajmdagi ma’lumotlarni bulutli platformalarda qayta ishlash orqali kompyuter resurslari muammosi hal qilinmoqda.

4. Yangi avlod sensorlari

Arzonroq, kichikroq va energiya samarador LiDAR qurilmalari ishlab chiqilmoqda, bu esa texnologiyani ommalashtiradi.

5. Gibrid geodezik usullar

LiDAR ma’lumotlarini GNSS va an’anaviy geodezik o‘lchovlar bilan birlashtirish orqali aniqlik oshirilmoqda. Yuqoridagi tahlillar shuni ko‘rsatadiki, UAV-LiDAR texnologiyalari zamonaviy geodeziyada allaqachon amaliyotga keng joriy etilgan va ko‘plab sohalarda samarali qo‘llanilmoqda. Ular yuqori aniqlik, tezkorlik va xavfsizlikni ta’minlashi bilan an’anaviy usullardan ustun turadi. Shu bilan birga, katta hajmdagi ma’lumotlar bilan ishlash, texnik cheklovlar va iqtisodiy omillar hali ham dolzarb muammo bo‘lib qolmoqda. Ammo ilmiy tadqiqotlar va texnologik

innovatsiyalar ushbu muammolarni bosqichma-bosqich hal etib bormoqda.

Xulosa. Xulosa qilib aytganda, zamonaviy geodeziyada LiDAR texnologiyasi va uchuvchisiz uchish apparatlari (UAV) integratsiyasi yuqori aniqlikdagi 3D modellarni yaratishda tub burilish yasadi. Ushbu yondashuv fazoviy ma'lumotlarni tezkor, xavfsiz va yuqori aniqlikda yig'ish imkonini berib, an'anaviy geodezik usullarga nisbatan sezilarli ustunliklarni namoyon etmoqda. Bugungi kunda bu texnologiyalar shaharsozlik, ekologik monitoring, qurilish va qishloq xo'jaligi kabi ko'plab sohalarda amaliyotga keng joriy etilgan.

Ayniqsa, murakkab va borish qiyin bo'lgan hududlarda ma'lumot yig'ish imkoniyati ularning ahamiyatini yanada oshirmoqda. Shu bilan birga, katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlash, yuqori texnik xarajatlar, kalibrlash va mutaxassislar yetishmasligi kabi muammolar hanuz dolzarbligicha qolmoqda. Kelajak istiqbollari shuni ko'rsatadiki, sun'iy intellekt, bulutli hisoblash va sensorlar integratsiyasi asosida ushbu texnologiyalar yanada takomillashadi. Natijada, real vaqt rejimida yuqori aniqlikdagi 3D modellashtirish imkoniyatlari kengayib, geodeziya sohasining samaradorligi va aniqligi yangi bosqichga ko'tariladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. MDPI. UAV LiDAR Applications in Surveying and Mapping. — Sensors jurnali, 2023.
2. Nature Publishing Group. Integration of UAV LiDAR and Photogrammetry for High-Resolution 3D Modeling. — Scientific Reports, 2026.
3. ResearchGate. Review of Photogrammetric and LiDAR Applications of UAV. — 2024.
4. Elsevier. Remote Sensing and Digital Terrain Modelling. — 2022.
5. Springer. LiDAR Remote Sensing and Applications in Geosciences. — 2021.
6. IEEE. Advances in UAV-Based LiDAR Systems for Mapping. — 2023.
7. Open Geospatial Consortium. OGC Standards for 3D Geospatial Data. — 2022.
8. ESRI. GIS and LiDAR Data Processing Guidelines. — 2023.
9. USGS. LiDAR Base Specification and Applications. — 2022.
10. Abdukarimov B.A. Korxona iqtisodiyoti. — Toshkent: Iqtisodiyot, 2019.
11. Burrough P.A., McDonnell R.A. Principles of Geographical Information Systems. — Oxford University Press, 2015.
12. Shan J., Toth C.K. Topographic Laser Ranging and Scanning: Principles and Processing. — CRC Press, 2018.

UDK: 627.8

GRUNTLI TO'G'ONLARNING ASOS O'LCHAMLARINI ANIQLASH

T.Abduzoirov *-"TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti talaba*
E.Toshmatov **-** *"TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti dotsenti*

Annotatsiya. *Gruntli to'g'onning asosi bilan birgalikdagi kuchlanganlik deformatsiya holatini to'laqonli baholashni tadqiq etishda to'g'onning balandligi va asosining chegara o'lchamlari $0.7H<b_a<1.5H$, $0.5H<h_a<1H$ munosabatda bo'lishi maqsadga muvofiq bo'lishi belgilangan.*

Kalit so'zlar: *to'g'on, inshoot-asos, deformatsiya, kuchlanish, model.*

Аннотация. *При исследовании полной оценки*

деформированного состояния основания земляной плотини установлено, что граничние размери висоти плотини и фундамента должни бит 0.7H< б а <1 .5Ҳ, 0.5H<ҳа<1Ҳ

Ключевие слова: Плотина, сооружение-основания , деформация, напряжения, модел.

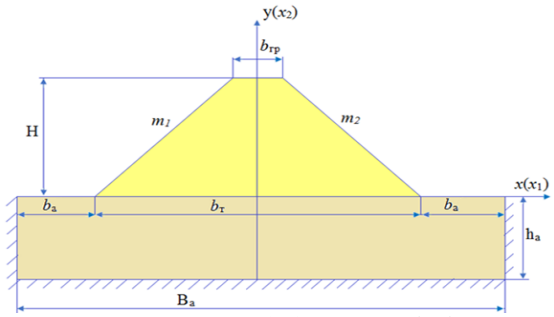
Annotation. *When studying a complete assessment of the deformed state of the base of an earthen dam, it was established that the limiting dimensions of the height of the dam and foundation should be 0.7H< ba <1.5H, 0.5H<ha<1H*

Key words: *dam, foundation structure, deformation, stress, model.*

Gruntli inshootlarning kuchlanganlik deformatsiyalanish holatlarini baholashda aksariyat hollarda to‘g‘onning asosi hisobga olinmasdan, faqat inshootda bo‘ladigan jarayon qaralgan. Lekin inshoot asosda joylashganligi uchun bu ikkita qism bitta sistema sifatida ishlaydi. Shuning uchun inshootning o‘zidagi kuchlanganlik holati albatta asosning bikrligiga bog‘liq bo‘ladi. Bunday masalalar o‘z navbatida murakkabligi va qamrovning kengligini sababli “inshoot-asos” tizimini modellashtirish masalalari kam qaralgan. Inshoot bilan asosnig birgalikda yagona sistema sifatida qaralgan hollarda esa ma’lum cheklanishlar bilan xususiy holatlar tadqiq etilgan, ya’ni bu xollarda asosning modeli sifatida Vinkler modelidan foydalanilgan.

Ushbu muammoni hal etishda biz to‘g‘on va uning asosini tashkil qiluvchi zamindan ma’lum bir sohani ajratib, asos va to‘g‘onni birgalikdagi yaxlit sistema deb qaraymiz.

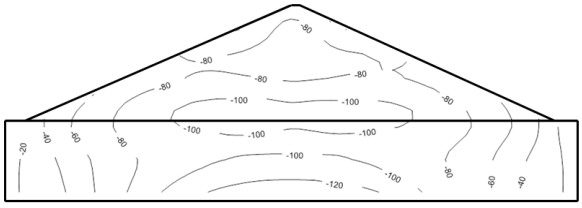
Bu holda cheksiz o‘lchamga ega bo‘lgan inshoot asosini inshoot bilan birga ishlaydigan sohasini ma’lum o‘lchamlar bilan ajratib olinib, ajratilgan sirtlarga chegaraviy shartlarni birini qo‘yish kerak bo‘ladi. Sen - Venan prinsi odatda kichik yuzaga ta’sir qilayotgan kuchlar uchun urinli. Lekin biz qarayotgan ishootning asosi katta o‘lchamga ega shuning uchun yuqorida qo‘yilgan masalani yechish uchun asosdan ajratib olingan chekli asosning o‘lchamlarini qanday olish kerak degan savolga javob berish kerak bo‘ladi. Buning uchun masala yechishda to‘g‘onning asos bilan tutashgan joyidan boshlab asosni uzunligini ikki tomonga to‘g‘onni balandligidan b_a=H/3 dan 1,5*H gacha (N-to‘g‘onning umumiy balanligi) qilib qirqib olinadi. Asosni pastki (chuqurlik) tomonini esa to‘g‘onni balandligini, ya’ni h_a = H/3 dan H gacha bo‘lgan masofalarda kesib olinib, bu ajratilgan sirtlarga bikr mahkamlangan sirt sharti, ya’ni u=0 v=0 shartlarini qo‘yilib, massa kuchlari va gidrostatik bosim ostida to‘g‘onning kuchlanganlik holatlari baholanadi. Qaysi masofalardan keyin to‘g‘onni kuchlanganlik holatida o‘zgarish bo‘lmasa shu chuqurlik asosni vertikal chegarasi deb olinadi va shu sirtda u=0 v=0 shartlar qoldirilib, asosni gorizontal chegarasini aniqlashga kirishiladi. Xuddi shunday yo‘l bilan asosni gorizontal chegarasini ham aniqlanib, uchun to‘g‘onni kuchlanganlik holati baholanadi. Bu holda ham inshootdagi kuchlanishlar qiymati o‘zga rmas bo‘lsa shu o‘lcham asosning gorizontal o‘lchami deb olinadi . 1-rasmda ko‘rsatilgan gruntli to‘g‘on uchun asosni o‘lchamlarini tanlashni ko‘rib chiqamiz. To‘g‘on uchun: N=296 m, b_{gr}=20 m, b_t=1337,2 m, m_1 = 2,25, m_2= 2,2, Ye_1= 306800 tk/m^2 , ρ_1= 2,2 t/m^3 , ν=0,36. Asos uchun: Ye_2=1.2* Ye_1 , ρ_2=1.1*ρ_{11}. Asosni xarakteristikalari quyidagicha: 1-variant: b_a=100 m bo‘lgan xol (≈ N/3); 2-variant: b_a=200 m bo‘lgan xol (≈ N/2); 3-variant: b_a=300 m bo‘lgan xol (≈N), va x.k. variantlarda olingan.



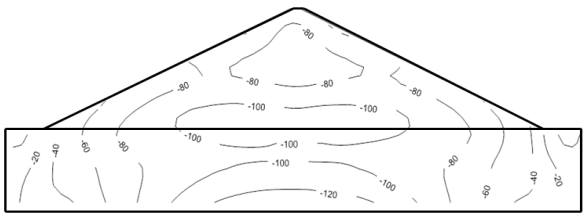
1-Rasm. To‘g‘on asosini o‘lchamlarini tanlash sxemasi

Yuqorida keltirilgan usul bo‘yicha asosning o‘lchamlarini aniqlash uchun olingan natijalar ya’ni, kuchlanish tenzorlari $\sigma_{11}, \sigma_{22}, \sigma_{12}$ ning qiymatlari va ular asosida qurilgan izochiziqlar (izoliniyalar) grafigi keltirilgan.Uchchala variant bo‘yicha kuchlanish tenzorlarini mos ravishda taqqoslash uchun σ_{11} kuchlanishlar 2 -rasmda, σ_{22} kuchlanishlar 3 -rasmda, σ_{12} kuchlanishlar esa 4-rasmda keltirilgan.

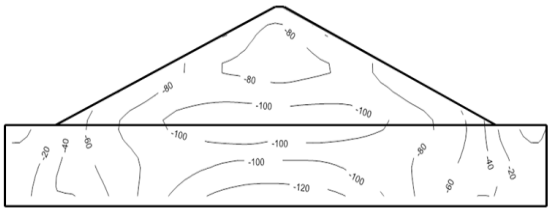
a) b_a =100 m



b) b_a =200 m

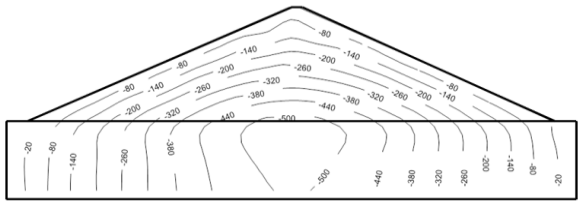


v) b_a=3 00 m

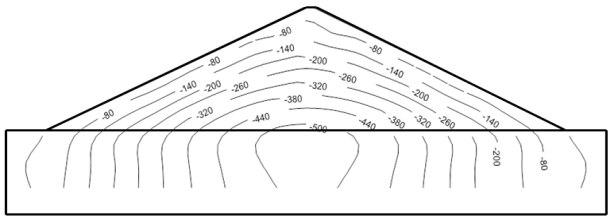


2-Rasm. Kuchlanish tenzori σ_{11} ning izochiziqlari.

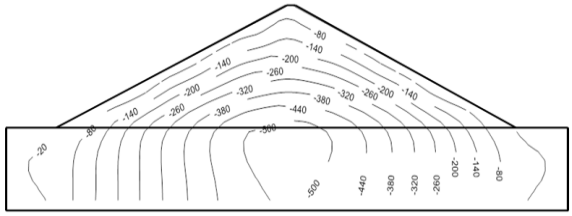
a) b_a=100 m



b) b_a=200 m



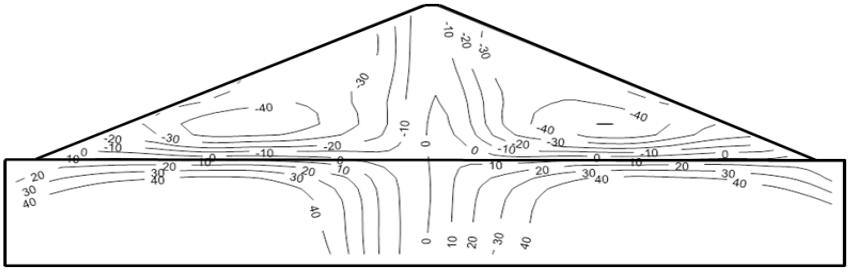
v) b_a=300 m



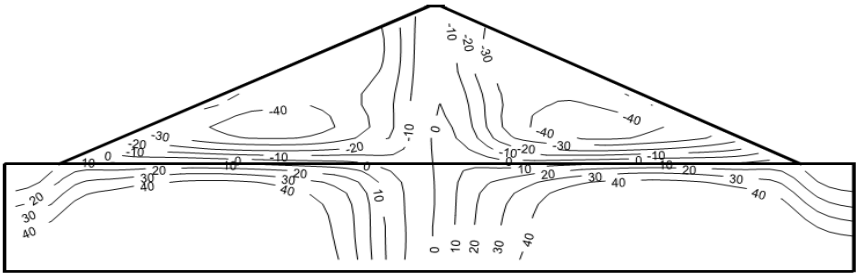
3-Rasm. Kuchlanish tenzori σ_{22} ning izochiziqlari.

Statik kuchlar ta’sirida o‘tkazilgan tekshirishlar natijasida (ya’ni to‘g‘on asosining har xil chekli o‘lchamlarida va asos sirtlaridagi har xil chegaraviy shartlarda) aniqlandiki, balandligi 296 metr bo‘lgan gruntli to‘g‘onning asosini gorizontal yo‘nalishda o‘lchamlarini $0,7H<b_a<1,5H$ oralig‘ida, vertikal (chuqurlik) yo‘nalishdagi o‘lchamini esa $0,5H<h_a<1,0H$ munosabatda tanlanishi maqsadga muvofiq bo‘lishi aniqlandi .

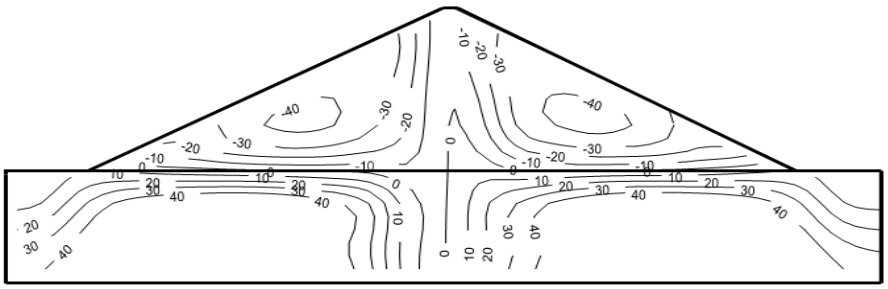
a) b_a =100 m



b) b_a =200 m



v) b_a=300 m



4 -Rasm. Kuchlanish tenzori σ_{12} ning izochiziqlari.

Chekli asos shu o‘lchamlarda tanlangan holatni ba’zi birlari uchun to‘g‘on tanasidagi kuchlanish tenzorlari $\sigma_{11}, \sigma_{22}, \sigma_{12}$ ning miqdor va sifat (izochiziqlar) bo‘yicha bir xilda tartibda bo‘lishi (2,3,4-rasm)da ko‘rsatilgan.

Olingan natijalarning tahlili taklif etilgan mazkur uslub bilan haqiqiy sharoitda ishlayotgan va qurilishi loyihalayotgan gruntli inshootlarning kuchlanganlik deformatsiya holatlarini to‘g‘ri va qulay baholash va bashorat qilish mumkinligini ko‘rsatadi.

Foydalanilgan a dabiyotlar

1. Mirsaidov M.M., Toshmatov E.S. Issledovaniye dinamicheskogo povedeniya gruntovix plotin sovmestno s osnovaniyem // Irrigatsiya va melioratsiya jurnal. – Toshkent, 2018. - Maxsus son. -S. 38 - 43.
2. Mirsaidov M.M. Teoriya i metodi rascheta gruntovix soorujeniy na prochnost i seysmostoykost.- Tashkent: Fan, 2010.-312 s.
3. Bakiyev M., Majidov I., Nosirov B., Xo‘jaqulov R., Raxmatov M. Gidrotexnika inshootlari darsligi. 2008 yil, Yangi asr avlodi, B-575.

4. Mirsaidov M., Sultanov T.Z., Toshmatov E.S. Asosni hisobga olgan holda gruntli to‘g‘onlarning kuchlanganlik deformatsiya holatini baholash. Monografiya 141 bet. “TIQXMMI” MTU №3 29.10.2022.

5. Mirsaidov M.M. , Sultanov T.Z. “Gidrotexnika inshootlarining seysmik mustahkamligi” Darslik/- Toshkent: “Mashhur-Press”, 2023. - 450 b.

6. Mirsaidov M.M., Toshmatov E.S. Dynamic behavior of earth dams under different kinematic impacts. ERSME-2023, E3S Web of Conferences 376, 01103 (2023) https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337601103

UDK: 627.8:502.131.1

GIDROTEXNIKA INSHOOTLARINING EKOTIZIM BARQARORLIGINI TA'MINLASHDAGI ROLI

Abdukarimova Asema Qosim qizi *- “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti, talaba*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada gidrotexnika inshootlarining atrof-muhit va ekotizim barqarorligini saqlashdagi ahamiyati yoritilgan. Bugungi kunda iqlim o‘zgarishi va suv resurslarining kamayishi sharoitida, gidrotexnik inshootlarning nafaqat xo‘jalik maqsadlari, balki tabiiy muvozanatni tiklashdagi o‘rni tahlil qilingan. Shuningdek, maqolada zamonaviy muhandislik yechimlarining yer resurslarini tanazzuldan asrash va bioxilma-xillikni himoya qilishdagi roli bo‘yicha ilmiy mulohazalar yuritilgan.*

Kalit so‘zlar: *Gidrotexnika, ekotizim, barqarorlik, Butunjahon yerni asrash kuni, suv resurslari, melioratsiya, gidrotexnik inshootlar, tabiiy muvozanat.*

Kirish. Har yili 22-aprel kuni butun dunyoda nishonlanadigan Butunjahon yerni asrash kuni insoniyatni tabiatga bo‘lgan munosabatini qayta ko‘rib chiqishga va sayyoramizning ekologik muvozanatini saqlashga chorlaydi. Bugungi kunda global iqlim o‘zgarishi, cho‘llanish jarayonlarining tezlashishi va suv tanqisligi Yer yuzidagi ekotizimlar barqarorligiga jiddiy xavf tug‘dirmoqda. Bunday sharoitda suv resurslarini oqilona boshqarish va yerlarning meliorativ holatini yaxshilashda gidrotexnika inshootlarining o‘rni beqiyosdir.

Gidrotexnika inshootlari (suv omborlari, kanallar, to‘g‘onlar va nasos stansiyalari) uzoq vaqt davomida faqatgina qishloq xo‘jaligi va energetika ehtiyojlarini qondirish vositasi sifatida ko‘rib kelingan. Biroq, zamonaviy muhandislik tushunchasi ushbu inshootlarga kengroq rakursdan ekotizimni muvozanatda ushlab turuvchi tayanch nuqtalar sifatida qarashni talab etadi. Masalan, to‘g‘ri loyihalashtirilgan gidrotexnik inshoot daryo o‘zanidagi biologik xilma-xillikni saqlashga, yer osti suvlari sathini boshqarish orqali tuproq degradatsiyasining oldini olishga va hududning mikroklimatini yumshatishga xizmat qiladi.

Ushbu maqolaning dolzarbligi shundan iboratki, unda gidrotexnika inshootlarining faqat texnik ko‘rsatkichlari emas, balki ularning atrof-muhit bilan o‘zaro uyg‘unligi va tabiiy resurslarni muhofaza qilishdagi ekologik funksiyalari tahlil qilinadi. Yer resurslarini asrash va kelajak avlodga yetkazishda muhandislik yechimlarining tabiatga zarar yetkazmagan holda, aksincha, unga

yordamchi sifatida xizmat qilishi barqaror taraqqiyotning asosiy shartidir.

Metodologiya. Ushbu tadqiqot ishini yuritishda kompleks yondashuvdan foydalanildi. Gidrotexnika inshootlarining ekotizim barqarorligiga ta'sirini baholash uchun quyidagi uslubiy usullar qo'llanildi:

Tizimli tahlil usuli:

Mavjud gidrotexnik inshootlar (suv omborlari, magistral kanallar) va ularning atrofidagi ekologik muhit yagona tizim sifatida ko'rib chiqildi. Bunda inshootning texnik ko'rsatkichlari bilan hududning tabiiy-geografik holati o'rtasidagi bog'liqlik tahlil qilindi.

Qiyosiy-statistik tahlil:

Gidrotexnika inshootlari qurilgunga qadar va qurilgandan keyingi davrdagi ekologik ko'rsatkichlar (yer osti suvlari sathi, tuproq namligi va o'simlik dunyosining holati) bo'yicha statistik ma'lumotlar qiyoslandi.

Ekologik-muhandislik monitoringi:

Suv resurslarini boshqarishda qo'llaniladigan zamonaviy muhandislik yechimlarining yer resurslari tanazzuliga (eroziya, sho'rlanish) qarshi samaradorligi o'rganildi.

Induksiya va deduksiya:

Ayrim gidrotexnik tugunlardagi ijobiy ekologik natijalar umumlashtirilib, butun tarmoq bo'ylab qo'llash mumkin bo'lgan ilmiy xulosalar chiqarildi.

Tadqiqotning metodologik asosi sifatida O'zbekiston Respublikasining "Suv va suvdan foydalanish to'g'risida"gi qonuni, shuningdek, gidrotexnika inshootlari xavfsizligi va atrof-muhit muhofazasiga oid xalqaro me'yoriy hujjatlar va ilmiy adabiyotlar xizmat qildi. Tadqiqot davomida gidrotexnika inshootlarining faqat gidravlik samaradorligiga emas, balki ularning "ekologik xavfsizlik koeffitsiyenti"ga alohida urg'u berildi.

Asosiy qism. Gidrotexnika inshootlarining ekotizim bilan uyg'unligini ta'minlash va "Yer kuni" g'oyalarini amaliyotga tatbiq etish uchun quyidagi texnik yechimlar va monitoring tizimini joriy etish taklif etiladi:

1. Innovatsion muhandislik yechimlari

Baliq o'tkazgich inshootlarining modernizatsiyasi: To'g'onlar daryo faunasining tabiiy migratsiyasiga to'sqinlik qilmasligi uchun "tabiiy turdagi" (toshli-shag'alli) baliq o'tkazgichlar qurish. Bu daryo ekotizimidagi bioxilma-xillikni saqlab qoladi.

Filtratsiyaga qarshi ekologik qoplamalar: Kanallardan suv sizishini (filtratsiya) kamaytirishda faqat beton emas, balki tuproq unumdorligiga zarar yetkazmaydigan geomembranalardan foydalanish. Bu yer osti suvlari sathining keskin ko'tarilib, tuproqning sho'rlanishini oldini oladi.

Kichik gidroenergetika ob'ektlarini ko'paytirish: Katta ekotizimlarga zarar yetkazuvchi yirik to'g'onlar o'rniga, daryo o'zanining tabiiy oqimini saqlab qoluvchi mikrogidrouzellar va "Crystal" turidagi modulli turbinalarni qo'llash.

2. Masofaviy monitoring va IT-yechimlar

Yer resurslarini asrashda inson omilini kamaytirish va aniqlikni oshirish uchun **"Aqlli gidrotexnika" (Smart Hydro)** tizimi zarur:

SCADA va datchiklar tizimi: Inshootlar atrofidagi tuproq namligi, sho'rlanish darajasi va suv sathini real vaqt rejimida nazorat qiluvchi sensorlar o'rnatish.

Sun'iy yo'ldosh (GIS) texnologiyalari: Gidrotexnik inshoot ta'sir doirasidagi yerlarning holatini

kosmik suratlar orqali monitoring qilish. Bu orqali qayerda cho‘llanish yoki botqoqlanish boshlanayotganini erta aniqlash mumkin.

3. Ekotizim barqarorligi uchun "Yashil belbog'lar"

Har bir gidrotexnika inshooti atrofida maxsus ihota daraxtzorlari va sun’iy ekotizimlar barqarorligini ta’minlovchi zonalar tashkil etish. Bu hududning mikroklimatini yaxshilaydi va atmosferaga karbonat angidrid chiqishini kamaytiradi.

TAHLIL VA NATIJALAR. Olib borilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, gidrotexnika inshootlarida raqamli monitoring tizimining qo‘llanilishi suv isrofini **15-20% gacha** kamaytirish imkonini beradi. O‘z navbatida, bu qo‘shimcha suv resurslari hisobiga cho‘llanish xavfi bo‘lgan **5-10% hududlarni** qayta tiklashga zamin yaratadi.

Muhandislik yechimlarining ekologik yo‘naltirilganligi, gidrotexnika inshootlarini nafaqat iqtisodiy foyda keltiruvchi ob'ektga, balki **"Yashil iqtisodiyot"**ning ajralmas bo‘lagiga aylantiradi. Bu esa Butunjahon yerni asrash kuni oldiga qo‘yilgan maqsadlarga to‘la mos keladi.

XULOSA

Gidrotexnika inshootlari va atrof-muhit o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni tadqiq etish natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

Muhandislik va Ekologiya uyg‘unligi:

Zamonaviy gidrotexnika inshootlari faqatgina iqtisodiy manfaatlar uchun emas, balki tabiatni muhofaza qilish, yerlarning tanazzulga uchrashini oldini olish va ekotizim barqarorligini ta’minlashning muhim mexanizmi sifatida xizmat qilishi shart.

Raqamlashtirishning ahamiyati:

Monitoring tizimini raqamlashtirish (Smart Hydro) va sun’iy intellekt texnologiyalarini joriy etish orqali suv isrofgarchiligini sezilarli darajada kamaytirish va yer resurslarini texnogen ta’sirlardan himoya qilish mumkin.

Mas'uliyat:

Butunjahon yerni asrash kuni bizga shuni eslatadiki, har bir qurilayotgan gidrotexnik inshoot kelajak avlod uchun munosib yashash muhitini qoldirishga xizmat qilishi kerak. Gidrotexnik muhandislar nafaqat "suv bo'ysundiruvchilari", balki tabiatning "himoyachilari" sifatida faoliyat yuritishlari zarur.

Xulosa qilib aytganda, innovatsion gidrotexnik yechimlarni ekologik talablar bilan uyg‘unlashtirish orqali biz nafaqat suv va energetika xavfsizligiga erishamiz, balki ona zaminimizning tabiiy muvozanatini saqlab qolishga ulkan hissa qo‘shamiz. Bu esa barqaror taraqqiyot sari tashlangan eng muhim qadamdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasining Qonuni. "Suv va suvdan foydalanish to‘g‘risida"gi O‘zbekiston Respublikasi Qonuni. – T.: Adolat, 1993 (va keyingi tahrirlar).

2. Mirziyoyev Sh.M. "O‘zbekiston Respublikasi suv xo‘jaligini rivojlantirishning 2020-2030-yillarga mo‘ljallangan konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida"gi PF-6024-sonli Farmoni. – T.: 2020.

3. Arifjanov A.M. "Gidrotexnika inshootlari". Darslik. – T.: "Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi", 2021. – 256 b.

4. Hasanov A.S., Serikbayev B.S. "Gidrotexnika inshootlari ekspluatatsiyasi". – T.: TIIAME, 2019. – 180 b.

5. Bakiyev M.R. "Gidrotexnika inshootlari va ularning ekologik xavfsizligi". O‘quv qo‘llanma. – T.: "Fan", 2018.

6. United Nations Environment Programme (UNEP). "World Earth

Day 2026: Invest in Our Planet". – International Environmental Reports, 2026.
7. Ismagilov X.A. "Suv resurslarini kompleks boshqarish va melioratsiya". – T.: "O‘zbekiston", 2020.
Elektron resurs: O‘zbekiston Respublikasi Suv xo‘jaligi vazirligining rasmiy veb-sayti – www.water.uz

UDK: 627.8:551.583

IQLIM O‘ZGARISHI VA GIDROTEXNIK INSHOOTLARNING BARQARORLIGI

Muhammadjonov Muhammadsobir Nodirbek o’g’li, Kozimov Izzatillo Baxtiyorjon o‘g‘li *- “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti, talaba*

Annotatsiya. *Mazkur maqolada iqlim o‘zgarishining gidrotexnik inshootlar xavfsizligiga ta’siri hamda ularning barqarorligini ta’minlashning zamonaviy yondashuvlari tahlil qilinadi. Global iqlim o‘zgarishlari, jumladan, ekstremal yog‘ingarchiliklar va qurg‘oqchilik davrlarining almashinuvi gidrotexnik obyektlarning loyihaviy yuklamalariga bo‘lgan talablarni o‘zgartirmoqda. Tadqiqotda mavjud inshootlar holatini doimiy monitoring qilish hamda yashirin nuqsonlarni erta aniqlashda raqamli texnologiyalar, xususan, "HYDRO-SCAN V.1" kabi innovatsion diagnostika tizimlarining o‘rni yoritilgan. Maqola doirasida gidrotexnik inshootlarni ekspluatatsiya qilishda "ekologik chidamlilik" tamoyillarini joriy etish orqali suv resurslarini samarali boshqarish, suv isrofgarchiligining oldini olish va shu orqali qishloq xo‘jaligi yerlari unumdorligini saqlash bo‘yicha ilmiy-amaliy takliflar ishlab chiqilgan.*

Kalit so‘zlar: *Iqlim o‘zgarishi, gidrotexnik inshootlar, barqarorlik, suv resurslari, HYDRO-SCAN V.1, diagnostika, ekologik xavfsizlik, yer unumdorligi.*

Kirish. Butunjahon Yer kuni — bu nafaqat tabiatni asrash, balki inson tomonidan yaratilgan muhandislik yechimlarining atrof-muhit bilan qanchalik uyg‘unlikda ishlashini tahlil qilish uchun ham muhim sanadir. Yer shari hayotining asosi bo‘lgan suv resurslarini boshqarishda gidrotexnik inshootlar — to‘g‘onlar, kanallar, suv omborlari va nasos stansiyalari hal qiluvchi o‘rin tutadi. Biroq, XXI asrning eng katta chaqirig‘i bo‘lgan global iqlim o‘zgarishi ushbu hayotiy muhim tizimlarning barqarorligiga jiddiy tahdid solmoqda.

Ko‘pgina mavjud gidrotexnik inshootlar o‘tgan asrning o‘rtalarida, nisbatan barqaror iqlim sharoitlari va oldindan bashorat qilib bo‘ladigan daryo oqimlari uchun loyihalashtirilgan edi. Bugungi kunda esa ekstremal yog‘ingarchiliklar, kuchli sellar va uzoq davom etuvchi qurg‘oqchilik davrlarining almashinuvi inshootlarga loyihaviy ko‘rsatkichlardan ancha yuqori bosim o‘tkazmoqda. Bu holat inshootlarning konstruktiv butunligiga, xususan, beton va tuproq qoplamalarining chidamliligiga salbiy ta’sir ko‘rsatib, yashirin nosozliklar (kavitatsiya, eroziya, filtratsiya) yuzaga kelish ehtimolini oshirmoqda [1, 2].

Mazkur maqolaning maqsadi — iqlim o‘zgarishi sharoitida gidrotexnik inshootlarning barqarorligini baholash va ularning ekspluatatsiya davrini uzaytirishda innovatsion yechimlarning ahamiyatini tahlil qilishdir. Biz an’anaviy kuzatuv

usullaridan "aqlli" va avtomatlashtirilgan diagnostika tizimlariga (masalan, HYDRO-SCAN V.1 kabi texnologiyalarga) o‘tish orqali suv resurslarini tejash, inshootlar xavfsizligini ta’minlash va shu orqali qishloq xo‘jaligi yerlarining unumdorligini saqlab qolish masalalarini ko‘rib chiqamiz.

Metodologiya. Ushbu tadqiqotda gidrotexnik inshootlarning iqlim o‘zgarishi sharoitidagi barqarorligini baholash uchun kompleks (tizimli) yondashuvdan foydalanildi. Tadqiqot jarayoni quyidagi bosqichlarni o‘z ichiga oladi (1-rasm):

1. Analitik va statistik tahlil usuli

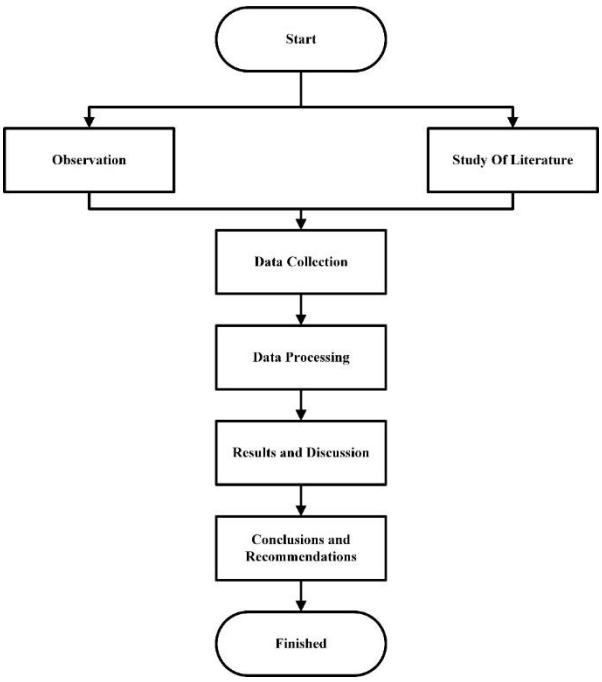
Dastlabki bosqichda gidrotexnik inshootlarning loyihaviy ko‘rsatkichlari (qurilish davridagi gidrologik xususiyatlar) hamda so‘nggi yillardagi iqlim o‘zgarishi (harorat, yog‘ingarchilik miqdori, daryo oqimlaridagi o‘zgarishlar) bo‘yicha statistik ma’lumotlar yig‘ildi. Bu usul iqlim o‘zgarishining inshoot yuklamalariga ta’sirini nazariy jihatdan baholashga imkon berdi.

2. Eksperimental diagnostika usuli (HYDRO-SCAN V.1 tizimi)

Tadqiqotning amaliy qismi suv osti inshootlarini diagnostika qilishga qaratildi. Bunda muallif tomonidan ishlab chiqilgan "HYDRO-SCAN V.1" tizimidan foydalanildi [3].

Ma’lumot yig‘ish: Inshootning suv osti qismlarida kavitatsiya jarayonlari, yoriqlar va yashirin filtratsiyalarni aniqlash uchun sensorli va vizual ma’lumotlar qayd etildi.

Monitoring: Tizim orqali olingan ma’lumotlar inshootning real vaqtdagi texnik holatini baholash uchun asos bo‘lib xizmat qildi.



1-rasm. Tadqiqot metodologiyasi va ma'lumotlarni tahlil qilish bosqichlarining mantiqiy sxemasi.

Izoh: Mazkur blok-sxema tadqiqotning dastlabki kuzatuv va adabiyotlar tahlilidan boshlab, ma'lumotlarni yig'ish, qayta ishlash hamda yakuniy ilmiy tavsiyalar shakllantirishgacha bo'lgan bosqichma-bosqich jarayonini ifodalaydi.

3. Matematik va vizual modellashtirish

To‘plangan diagnostika ma’lumotlari asosida gidrotexnik inshootlarning "raqamli modeli" (yoki holat sxemasi) yaratildi. Bu bosqichda inshootning konstruktiv chidamliligi va tashqi ta’sirlarga (suv bosimi, loyqa bosimi) bardoshlik darajasi tahlil qilindi [6].

4. Qiyosiy tahlil va prognozlash

Olingan natijalar eski loyihaviy ma’lumotlar bilan solishtirildi [4, 5]. Ushbu tahlil natijasida inshootning ekspluatatsiya muddatini uzaytirish va ehtimoliy avariyalarning oldini olish bo‘yicha bashoratli modellar ishlab chiqildi.

Asosiy qism: Amaliy yechimlar va monitoring tizimi. Iqlim o‘zgarishi sharoitida gidrotexnik inshootlarning xavfsizligini ta’minlash va ularning ekspluatatsiya muddatini uzaytirish an’anaviy kuzatuv usullaridan voz kechishni va raqamli monitoring tizimlariga o‘tishni taqozo etadi. Bugungi kunda yirik gidroinshootlardagi nosozliklarni, xususan, suv ostidagi yashirin jarayonlarni (kavitatsiya, eroziya, konstruktiv yoriqlar) o‘z vaqtida aniqlash — ekologik barqarorlikni ta’minlashning asosiy shartidir.

1. "HYDRO-SCAN V.1" tizimi: Innovatsion diagnostika yondashuvi

Tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan "HYDRO-SCAN V.1" diagnostika tizimi gidrotexnik inshootlarning suv osti qismlarini masofaviy va aniq tahlil qilishga asoslangan. An’anaviy usullar inshootni qisman quritmalar orqali tekshirishni talab qilsa, ushbu tizim inshootning ishlash jarayonini to‘xtatmasdan, real vaqt rejimida ma’lumotlarni qayta ishlash imkonini beradi.

Tizimning asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:

Erta aniqlash: Inshootning konstruktiv butunligiga tahdid soluvchi mikro-yoriqlarni erta bosqichda aniqlash orqali yirik avariyalarning oldini oladi.

Ma’lumotlar aniqligi: Suv osti muhitida kavitatsiya va gidrodinamik yuklamalarni yuqori aniqlikdagi sensorlar yordamida o‘lchash orqali inshootning ishonchlilik koeffitsiyentini oshiradi.

Inson omilini kamaytirish: Avtomatlashtirilgan jarayonlar texnik xizmat ko‘rsatish xodimlarining xavfli hududlardagi xavfini kamaytiradi va tahlil sifatini oshiradi.

2. Iqlimiy barqarorlik va suv resurslarini tejash

Gidrotexnik inshootlarning barqarorligi bevosita Yer resurslarining asralishi bilan bog‘liq. "HYDRO-SCAN V.1" tizimi yordamida olib boriladigan monitoring quyidagi ekologik natijalarni beradi:

Suv isrofgarchiligining oldini olish: Inshootlardagi filtratsiyalar va oqishlarni (utechka) vaqtida aniqlash orqali millionlab kub metr suvning behuda yo‘qotilishiga chek qo‘yiladi. Bu, ayniqsa, suv tanqisligi kuzatilayotgan iqlim o‘zgarishi davrida strategik ahamiyat kasb etadi [7].

Tuproq unumdorligini himoya qilish: Suv resurslarining nazoratsiz oqishi va irrigatsiya kanallaridagi nosozliklar yerlarning botqoqlanishi va shorlanishiga olib keladi. Innovatsion diagnostika orqali ushbu jarayonlar to‘xtatilishi qishloq xo‘jaligi yerlarining ekologik holatini yaxshilaydi.

Barqaror energetika: GES inshootlarida kavitatsiyani nazorat qilish turbinalar va umumiy tizimning samaradorligini oshiradi, bu esa "yashil energiya" ishlab chiqarish ko‘rsatkichlarini barqarorlashtiradi.

Ushbu amaliy yechimlar faqatgina muhandislik masalasi emas, balki "Yer kuni" shiori ostida tabiat bilan uyg‘unlikda yashashning texnologik ko‘rinishidir. Inshootlarni "aqlli" monitoring qilish orqali biz nafaqat beton va metallni asraymiz, balki Yerimizning eng qimmatli resursi — suvni kelajak avlod uchun himoya qilamiz.

Xulosa. Xulosa o‘rnida shuni ta’kidlash joizki, iqlim o‘zgarishi shunchaki global hodisa emas, u muhandislik sohasidagi yondashuvlarni tubdan o‘zgartirishni talab qiladigan real chaqiriqdir. Gidrotexnik inshootlarning barqarorligi — bu nafaqat texnik xavfsizlik, balki kelajak avlod uchun

suv resurslarini saqlab qolish va ekologik barqarorlikni kafolatlashning asosiy garovidir.

Olib borilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, an’anaviy kuzatuv usullari iqlimning keskin o‘zgarishlari sharoitida o‘z samarasini yo‘qotmoqda. Shu bois, "HYDRO-SCAN V.1" kabi innovatsion diagnostika tizimlarini joriy etish, inshootlarning "raqamli egizaklari"ni yaratish va ularni doimiy avtomatlashtirilgan monitoring bilan qamrab olish — bugungi kunning kechiktirib bo‘lmas vazifasidir.

Biz, yosh muhandislar, "Butunjahon Yer kuni" shiori ostida tabiat bilan uyg‘unlikda rivojlanishni o‘z oldimizga maqsad qilib qo‘yganmiz. Suv resurslaridan oqilona foydalanish, inshootlarning uzoq muddatli ishonchliligini ta’minlash va qishloq xo‘jaligi yerlarini himoya qilish orqali biz nafaqat bugungi kun ehtiyojlarini qondiramiz, balki ertangi avlod uchun xavfsiz va barqaror kelajak poydevorini quramiz. Texnologik taraqqiyotni ekologik mas’uliyat bilan uyg‘unlashtirish — taraqqiyotning yagona va to‘g‘ri yo‘lidir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1.ICOLD (International Commission on Large Dams). "Dam Safety Management: Guidelines and Practices". Paris, 2021.

2.IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). "Climate Change and Water: Technical Paper". Geneva, 2022.

3.Kozimov, I. (2026). "Gidrotexnik inshootlar holatini diagnostika qilishda innovatsion texnologiyalarning o‘rni". // "Yosh tadqiqotchi" ilmiy-amaliy konferensiya materiallari, TIIAME.

4.Xamrayev Sh.R. va boshqalar. "Gidrotexnik inshootlarning ekspluatatsiyasi va xavfsizligi". – Toshkent: "Fan va texnologiya", 2022.

5.G‘oipov A. "Suv xo‘jaligi inshootlarini monitoring qilishning zamonaviy usullari". – O‘quv qo‘llanma, TIIAME, 2023.

6.Novak, P., Moffat, A. I. B., Nalluri, C., & Narayanan, R. "Hydraulic Structures". 4th Edition, CRC Press, 2020. (Xalqaro standart).

7.O‘zbekiston Respublikasi Suv xo‘jaligi vazirligi rasmiy sayti: www.water.gov.uz

8."Yashil makon" loyihasi va iqlim o‘zgarishiga oid ma’lumotlar: www.nature.uz

UDK 528.28:528.7:629.735.33

GNSS YORDAMIDA DRON TASVIRLANISHINI GEOFAZOVIY BOG‘LANISH ANIQLIGINI OSHIRISH

Toshpo‘latova Sevara Olimjon qizi *- “Yer Resurslari va Kadastr” fakulteti “Geodeziya va Geoinformatika” yo’nalishi 4-bosqich, 401-guruh talabasi.*

Annotatsiya*. Ushbu maqolada GNSS texnologiyalari yordamida dronlardan olingan aerofotosuratlarning geofazoviy bog‘lanish aniqligini oshirish masalalari tadqiq qilinadi. Zamonaviy uchuvchisiz uchish apparatlari (UAV) yordamida olingan tasvirlarni aniq koordinatalar tizimiga bog‘lash masofadan zondlash, yer kadastri, kartografiya va monitoring ishlarida muhim ahamiyat kasb etadi. Tadqiqot davomida GNSS tizimlarining ishlash prinsiplari, Ground Control Point (GCP) va RTK/PPK texnologiyalarining qo‘llanilishi hamda ularning georeferenslash aniqligiga ta’siri tahlil qilindi. Amaliy tajribalar asosida GNSS ma’lumotlarini qo‘llash natijasida dron tasvirlarining koordinata*

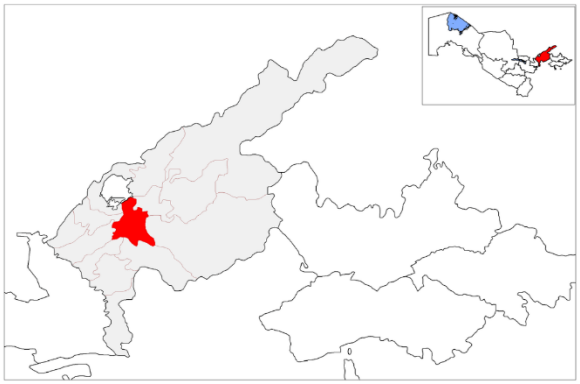
aniqligi sezilarli darajada oshishi aniqlangan. Shuningdek, Agisoft Metashape va ArcGIS Pro dasturlarida bajarilgan ishlov berish jarayonlari orqali RMS xatolik ko‘rsatkichlari baholandi. Tadqiqot natijalari GNSS asosidagi geobog‘lash usullarining yuqori aniqlikdagi ortofotoplan va raqamli relyef modellarini yaratishda samarali ekanligini ko‘rsatadi [1].

***Kalit so’zlar**: GNSS, UAV, dron, geofazoviy bog‘lanish, georeferenslash, GCP, RTK, PPK, ortofotoplan, fotogrammetriya, masofadan zondlash, koordinata aniqligi, RMS error, Agisoft Metashape, ArcGIS Pro.*

So‘nggi yillarda uchuvchisiz uchish apparatlari – dronlardan foydalanish geodeziya, kartografiya, yer kadastri, qishloq xo‘jaligi va ekologik monitoring sohalarida keng rivojlanmoqda. Dronlar yordamida yuqori aniqlikdagi aerofotosuratlar qisqa vaqt ichida olinishi mumkin. Biroq tasvirlardan samarali foydalanish uchun ularni aniq koordinatalar tizimiga bog‘lash, ya’ni geofazoviy bog‘lanishni amalga oshirish talab etiladi.

GNSS (Global Navigation Satellite System) texnologiyalari dron tasvirlarining koordinata aniqligini oshirishda asosiy vositalardan biri hisoblanadi. GPS, GLONASS, Galileo va BeiDou kabi sun’iy yo‘ldosh tizimlari orqali dronning fazoviy joylashuvi aniqlanadi va tasvirlarga koordinata ma’lumotlari biriktiriladi. Oddiy GPS ma’lumotlari odatda bir necha metr xatolik bilan ishlasa, RTK (Real Time Kinematic) va PPK (Post Processed Kinematic) texnologiyalari santimetr darajasidagi aniqlikni ta’minlaydi.

Geofazoviy bog‘lanish aniqligini oshirish ayniqsa yer kadastri, muhandislik loyihalari va topografik xaritalash ishlarida katta ahamiyatga ega. Chunki koordinatalardagi kichik xatoliklar ham yakuniy xaritalarning sifatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli GNSS asosida dron tasvirlarini qayta ishlash va aniqlikni oshirish masalalari dolzarb ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi[2].



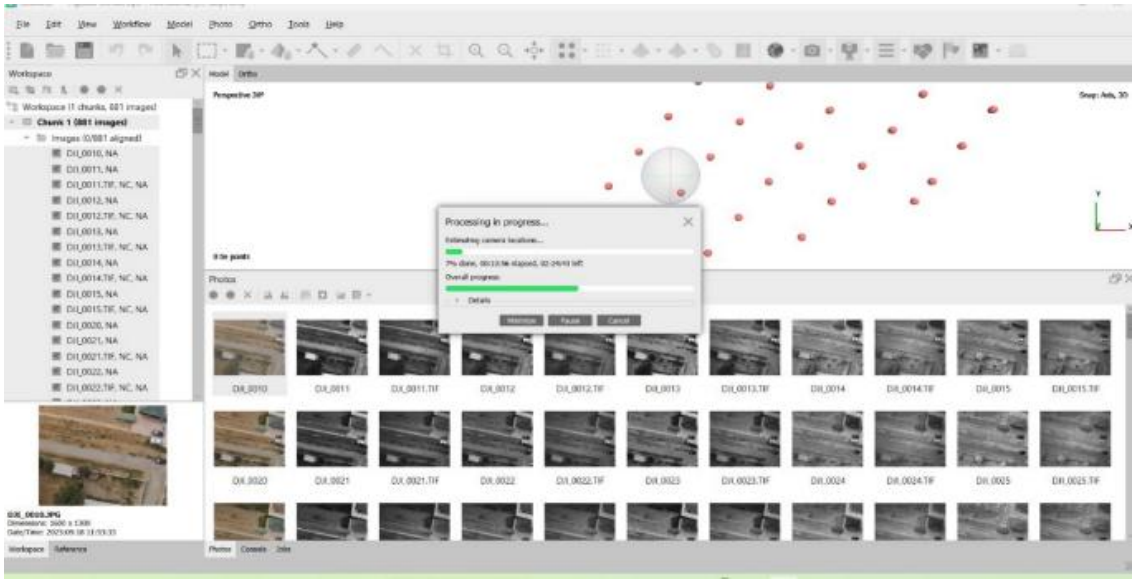
1-rasm

O‘rta Chirchiq tumani hududi asosan Chirchiq daryosining chap sohili bo‘lib joylashgan tekisliklardan tashkil topgan. Relyef nisbatan kam balandlik farqlari bilan tavsiflanib, hududni yengil to‘lqinsimon landshaft sifatida namoyon etadi. Bunday geomorfologik sharoitlar mintaqada qishloq xo‘jaligi faoliyatini rivojlantirish uchun qulay imkoniyatlar yaratadi.

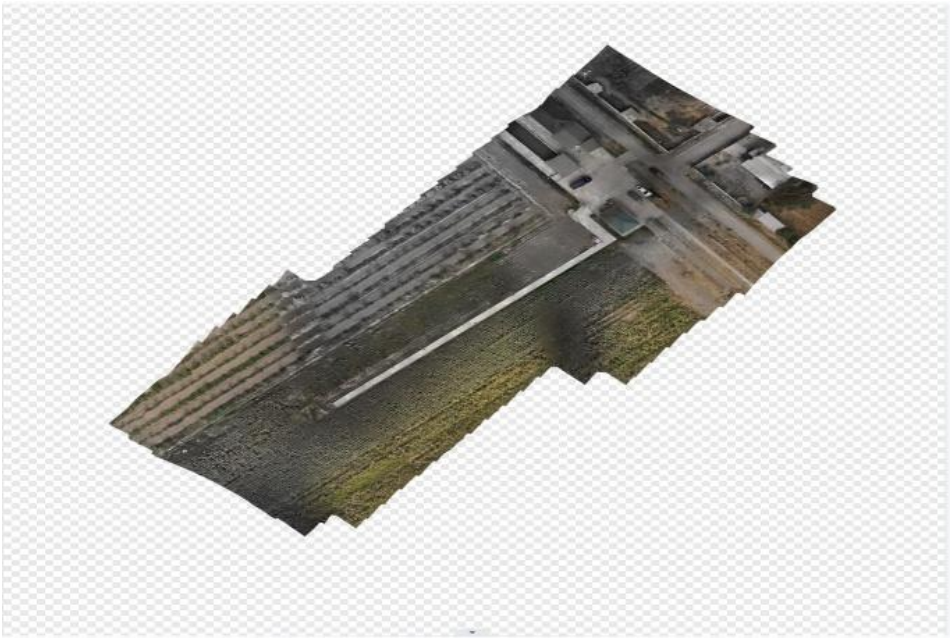
Hudud iqlimi keskin kontinental xususiyatga ega. Qish mavsumi nisbatan sovuq bo‘lib, yanvar oyida o‘rtacha harorat 0 dan -4 °C gacha kuzatiladi, ayrim hollarda esa minimal harorat -19 dan -20 °C gacha pasayishi mumkin. Yoz mavsumi esa issiq va quruq bo‘lib, iyul oyida o‘rtacha harorat 28-30 °C ni tashkil etadi, maksimal harorat esa 41-42 °C gacha ko‘tariladi.

Hududda yillik o‘rtacha yog‘in miqdori taxminan 450-460 mm ni tashkil etadi, bu esa sug‘orma dehqonchilikni rivojlantirish zaruratini yuzaga keltiradi. Vegetatsiya davri qariyb 300 kun davom etib, turli xil

qishloq xo‘jaligi ekinlarini yetishtirish uchun yetarli sharoit yaratadi [4].



2-rasm. Dastlab Agisoft Metashape dasturi ishga tushiriladi. Ma’lumotlarni yuklash uchun Workflow menyusi ochiladi va Add Folder buyrug‘i tanlanadi. Ushbu bosqichda keyingi qayta ishlash jarayonlari uchun zarur bo‘lgan ma’lumotlar loyiha tarkibiga yuklanadi.



3 -rasm. Ushbu rasmda Agisoft Metashape dasturida qayta ishlangan dron tasvirlari asosida yaratilgan yakuniy ortofoto (orthomosaic) ko‘rsatilgan. Tasvir yuqoridan to‘g‘ri (vertikal) proyeksiyada tuzilgan bo‘lib, hududning real plan ko‘rinishini ifodalab beradi.

Agisoft Metashape Professional dasturida UAV aerofotosuratlari asosida ortofoto (ortomozayka) yaratish jarayoni tasvirlangan. Ushbu bosqichda dastlab tasvirlar dasturga yuklangan va ularning o‘zaro mosligi alignment jarayoni orqali tekshirilgan. Shundan so‘ng zich nuqtalar buluti (dense point cloud) hamda raqamli balandlik modeli yaratilgan bo‘lib, bu

yakuniy ortofotoni hosil qilish imkonini bergan. Natijada barcha tasvirlar yagona koordinata tizimiga birlashtirilib, tadqiqot hududining uzluksiz va yuqori aniqlikdagi tasviri shakllantirilgan. Hosil qilingan ortofoto hududning haqiqiy holatini aniq aks ettiradi hamda keyingi geofazoviy bog‘lash (georeferenslash), fazoviy tahlil va kartografik ishlarda muhim asos bo‘lib xizmat qiladi[5].

Xulosa. Mazkur tadqiqotda GNSS texnologiyalari yordamida dronlardan olingan tasvirlarning geofazoviy bog‘lanish aniqligini oshirish masalalari nazariy va amaliy jihatdan o‘rganildi. Tadqiqot davomida GNSS tizimlarining ishlash prinsiplari, dron fotogrammetriyasi, georeferenslash jarayonlari hamda GCP, RTK va PPK texnologiyalarining aniqlikka ta’siri tahlil qilindi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, dron tasvirlarini faqat oddiy GPS ma’lumotlari asosida geobog‘lash yetarli darajada yuqori aniqlikni ta’minlamaydi. Chunki oddiy GNSS koordinatalarida atmosfera, sun’iy yo‘ldosh geometriyasi va signal kechikishi kabi omillar sababli bir necha metr xatolik yuzaga keladi.

Tadqiqot jarayonida GNSS asosidagi differensial usullar, xususan RTK va PPK texnologiyalaridan foydalanish natijasida koordinata aniqligi sezilarli darajada

yaxshilangani aniqlandi. Ayniqsa, Ground Control Point (GCP) nuqtalaridan foydalanish tasvirlarning real koordinata tizimiga moslashuvini kuchaytirib, ortofotoplan va raqamli relyef modellarining aniqligini oshirdi. Amaliy ishlov berish natijalarida RMS error qiymatlarining kamayishi geobog‘lash sifati yaxshilanganini tasdiqladi.

Fotogrammetrik ishlov berish jarayonida Agisoft Metashape va ArcGIS Pro dasturlarining imkoniyatlari keng qo‘llanildi. Ushbu dasturlar yordamida tasvirlarni avtomatik moslashtirish, nuqtali bulut hosil qilish, relyef modeli yaratish va ortofotoplan tayyorlash jarayonlari amalga oshirildi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, GNSS ma’lumotlari va fotogrammetrik algoritmlarning integratsiyasi yuqori aniqlikdagi geofazoviy mahsulotlar yaratishda muhim ahamiyatga ega.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Colomina, I., Molina, P. “Unmanned Aerial Systems for Photogrammetry and Remote Sensing: A Review”. ISPRS Journal, 2014.
2. Eisenbeiss, H. “UAV Photogrammetry”. ETH Zurich, 2009.
3. Jin, S., Cardellach, E., Xie, F. “GNSS Remote Sensing: Theory, Methods and Applications”. Springer, 2013.
4. Berdibayeva N.T qizi va boshqalar“Dronlar: geoaxborot va masofadan zondlash tizimlarida qo‘llash” Scientific journal article, 2025.
5. Abidirazzaqov, O. va boshqalar. “GNSS va masofadan zondlash ma’lumotlari asosida ekologik monitoring tizimi”. The Conference Hub,

UDK: 528.8:711.4

GEOINFORMATSION TIZIMLAR (GIS) YORDAMIDA SHAHAR INFRATUZILMASINI RAQAMLI EGIZAK (DIGITAL TWIN) TEXNOLOGIYASI ASOSIDA MODELLASHTIRISH

Isomov Lazizbek– *talaba.*
Muxtorov O‘zbekxon *- PhD, Dotsent*

Annotatsiya: *Ushbu maqolada geoinformatsion tizimlar (GIS) va raqamli egizak (Digital Twin) texnologiyasini shahar infratuzilmasini modellashtirish va boshqarishda qo'llashning ilmiy-metodologik asoslari tahlil qilingan. Raqamli egizak tushunchasi 2002 yilda Michael Grieves tomonidan taklif etilgan bo'lib, uning shahar muhitiga tatbiqi so'nggi o'n yil ichida keskin kengaymoqda. Maqolada GIS va BIM (Building Information Modeling) texnologiyalarining integratsiyasi asosida shahar raqamli egizagini (Urban Digital Twin — UDT) shakllantirish metodologiyasi, CityGML standartlari, IoT sensor ma'lumotlari bilan real vaqtda sinxronizatsiya mexanizmlari va mashinali o'rganish usullarining prognozlash tizimlari bilan uyg'unlashuvi ko'rib chiqilgan.*

Kalit so‘zlar: *Raqamli egizak (Digital Twin), Geoinformatsion tizimlar (GIS), Shahar raqamli egizagi (Urban Digital Twin — UDT), Bino axborot modeli (BIM — Building Information Modeling), CityGML standarti, Narsalar interneti (IoT — Internet of Things), Aqlli shahar (Smart City), Shahar infratuzilmasi, 3D shahar modeli, Real vaqt monitoringi, IFC (Industry Foundation Classes), Fazoviy tahlil, Kiberfizikal tizimlar, Prognozli texnik xizmat ko'rsatish, Shahar barqarorligi.*

KIRISH. Jahon aholisining shaharlarida to'planib borishi XXI asr sivilizatsiyasining eng muhim demografik jarayonlaridan biriga aylangan. Birlashgan Millatlar Tashkilotining ma'lumotlariga ko'ra, bugungi kunda dunyo aholisining 55 foizi shaharlarda yashaydi va bu ko'rsatkich 2050 yilga kelib 68 foizga yetishi kutilmoqda. Bu jadal urbanizatsiya jarayoni shahar infratuzilmasiga — transport, energiya ta'minoti, suv xo'jaligi, aloqa tarmoqlari va ijtimoiy ob'ektlarga — ulkan yuklama yaratmoqda. Urbanizatsiya tezlashib borishi bilan aqlliroq va barqarorroq shaharlar yaratish zarurati tobora dolzarb bo'lib bormoqda.

An'anaviy shahar boshqaruvi tizimlarida infrastruktura ob'ektlari statik xaritalar, qog'oz hujjatlar va izolyatsiyalangan ma'lumotlar bazalari orqali boshqarib kelingan. Bunday yondashuv qarorlar qabul qilishda kechikishlarga, resurslarning bexosdan isrof bo'lishiga va favqulodda vaziyatlarga noto'g'ri munosabat bildirishga olib keladi. Zamonaviy texnologiyalar esa ushbu muammolarni tubdan yangi yo'l bilan hal qilish imkonini bermoqda.

ASOSIY QISM. Geoinformatsion tizimlar (GIS) va raqamli egizak (Digital Twin) texnologiyalarining integratsiyasi zamonaviy shahar infratuzilmasini boshqarishning eng ilg‘or yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. An’anaviy shahar boshqaruvi tizimlari ko‘pincha statik ma’lumotlar bazalari va fragmentatsiyalashgan axborot tizimlariga tayanadi, bu esa qaror qabul qilish jarayonining samaradorligini pasaytiradi. GIS

asosidagi raqamli egizak esa real va virtual muhitni uzluksiz bog‘lovchi dinamik platforma sifatida ushbu muammolarni bartaraf etadi.

Raqamli egizak texnologiyasi jismoniy obyekt yoki tizimning virtual nusxasini yaratish orqali uning holatini real vaqt rejimida kuzatish, tahlil qilish va boshqarish imkonini beradi. Shahar miqyosida bu yondashuv Urban Digital Twin (UDT) ko‘rinishida namoyon bo‘lib, unda transport tarmoqlari, muhandislik kommunikatsiyalari, binolar, energetika tizimlari va ekologik ko‘rsatkichlar yagona raqamli platformada integratsiyalashadi. GIS esa ushbu tizimning fazoviy asosini tashkil etib, barcha obyektlar va jarayonlarni geolokatsiya bilan bog‘lash imkonini beradi (Abdurahmonov, 2020).

GIS va BIM (Building Information Modeling) texnologiyalarining integratsiyasi shahar raqamli egizagini yaratishda muhim metodologik asos bo‘lib xizmat qiladi. BIM texnologiyasi alohida bino yoki inshootning yuqori aniqlikdagi geometrik va semantik modelini taqdim etsa, GIS keng hududiy miqyosdagi fazoviy tahlil va boshqaruvni ta’minlaydi. Ushbu ikki tizimni birlashtirish orqali mikrodarajadagi qurilish ma’lumotlari makrodarajadagi shahar infratuzilmasi bilan uyg‘unlashadi. Biroq bu jarayonda koordinata tizimlari farqi, ma’lumot formatlari (masalan, IFC va CityGML) o‘rtasidagi nomuvofiqlik kabi muammolar yuzaga keladi, bu esa qo‘shimcha transformatsiya va standartlashtirish mexanizmlarini talab qiladi (Tang et al., 2023).

CityGML standarti 3D shahar modellarini yaratish va boshqarishda asosiy vositalardan biri hisoblanadi. Ushbu standart shahar obyektlarini geometrik va semantik jihatdan tavsiflash imkonini beradi hamda transport, energetika, suv ta’minoti va ekologik monitoring tizimlarini yagona modelda integratsiyalashga xizmat qiladi. Shu bilan birga, IFC (Industry Foundation Classes) formati BIM ma’lumotlarini almashish uchun keng qo‘llaniladi. Ushbu ikki standartning uyg‘unlashuvi raqamli egizakning to‘liq funksional ishlashini ta’minlaydi.

IoT (Internet of Things) texnologiyalarining joriy etilishi raqamli egizak tizimlarini real vaqt ma’lumotlari bilan ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi. Shahar infratuzilmasiga o‘rnatilgan sensorlar yordamida transport oqimlari, havo sifati, energiya iste’moli va suv ta’minoti kabi ko‘rsatkichlar doimiy ravishda monitoring qilinadi. Ushbu ma’lumotlar GIS platformasiga uzatiladi va raqamli egizak modelida aks ettiriladi. Natijada shahar boshqaruv organlari operativ va aniq qarorlar qabul qilish imkoniyatiga ega bo‘ladi (Karimov & Tursunov, 2022).

Raqamli egizak tizimlarida sun’iy intellekt va mashinali o‘rganish algoritmlaridan foydalanish prognozli boshqaruv imkoniyatlarini kengaytiradi. Masalan, transport tizimlarida tirbandliklarni oldindan aniqlash, energiya tarmoqlarida yuklamani optimallashtirish yoki suv ta’minoti tizimlarida avariyalarni bashorat qilish mumkin. Bu esa resurslardan samarali foydalanish va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishga xizmat qiladi.

O‘zbekiston sharoitida GIS va raqamli egizak texnologiyalarini joriy etish dolzarb ahamiyat kasb etadi. “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi doirasida shaharlarni raqamlashtirish, aqlli infratuzilmani rivojlantirish va innovatsion texnologiyalarni joriy etish ustuvor vazifalar qatoriga kiritilgan. Toshkent shahri misolida transport boshqaruvi, kommunal xizmatlar va shahar

rejalashtirish jarayonlarini raqamlashtirish bo‘yicha dastlabki qadamlar tashlangan. Biroq to‘liq funksional raqamli egizak tizimini yaratish uchun ma’lumotlar integratsiyasi, kadrlar malakasi va texnologik infratuzilmani rivojlantirish zarur (Ismoilov, 2023).

Shuningdek, 3D shahar modellashtirish texnologiyalari urban rejalashtirish jarayonida muhim vosita sifatida qaralmoqda. Nurmatov (2021) ta’kidlaganidek, uch o‘lchamli modellar shahar muhitini vizual va analitik jihatdan chuqurroq tushunish imkonini beradi. Bu esa yangi qurilish loyihalarining atrof-muhitga ta’sirini baholash, transport oqimlarini optimallashtirish va ekologik barqarorlikni ta’minlashda muhim ahamiyatga ega.

Umuman olganda, GIS asosidagi raqamli egizak texnologiyasi shahar infratuzilmasini boshqarishda sifat jihatidan yangi bosqichni boshlab bermoqda. Ushbu yondashuv real vaqt monitoringi, prognozlash va optimallashtirish imkoniyatlarini birlashtirib, shaharlarni yanada aqlli, barqaror va samarali boshqarishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, texnologiyani keng joriy etish uchun standartlashtirish, kiberxavfsizlik va ma’lumotlar almashinuvi muammolarini hal etish muhim vazifa bo‘lib qolmoqda.

XULOSA. Ushbu tadqiqot GIS va raqamli egizak texnologiyasini shahar infratuzilmasini modellashtirish va boshqarishga tatbiq etishning ilmiy-metodologik asoslarini keng qamrovli tahlil qildi. Olingan natijalar va xulosalar quyidagicha umumlashtirilishi mumkin.

Umuman olganda, GIS asosidagi raqamli egizak texnologiyasi O'zbekiston kabi tez rivojlanayotgan shaharlari ko'p va infratuzilma yangilanish jarayoni jadal kechayotgan mamlakati uchun ayniqsa muhim imkoniyat ochadi. Toshkent, Samarqand va Buxoro kabi tarixiy-zamonaviy shaharlarning raqamli egizaklarini yaratish shahar rejalashtiruvchilariga qurilish loyihalari, transport tarmoqlari, suvni boshqarish tizimlari va favqulodda vaziyatlarga tayyorgarlikni yangi sifat darajasida ta'minlash imkonini beradi. Kelajakdagi tadqiqotlarda milliy me'yoriy-huquqiy baza yaratish, mahalliy sharoitlarga moslashtirilgan CityGML kengaytmalari ishlab chiqish va O'zbekiston shaharlari uchun pilot UDT loyihalarini amalga oshirish ustuvor yo'nalish sifatida belgilanishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Rasulov, A.R. (2019). Kartografiya va geoinformatsion tizimlar. Toshkent: Fan va texnologiya.
2. Yusupov, B.A. (2021). Masofadan zondlash va GIS integratsiyasi. Toshkent.
3. Karimov, S., & Tursunov, D. (2022).“Aqlli shahar konsepsiyasini O‘zbekistonda joriy etish istiqbollari”.
4. Ismoilov, F. (2023).“Geoinformatsion tizimlar asosida shahar infratuzilmasini boshqarish”.
5. Nurmatov, J. (2021).“3D shahar modellashtirish va uning urban rejalashtirishdagi roli”.
6. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi (2020).
7. “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi.

UDK: 528.44:621.396.98

YER UCHASTKALARI CHEGARALARINI ANIQLASHDA GPS VA GIS TEXNOLOGIYALARINING QO‘LLANILISHI

Xusanjonova Aziza Murodovna *-“TIQXMMI” MTU talabasi*

Abdusalomova Muqaddas Abdurashid qizi *-“TIQXMMI” MTU talabasi*

Mamatkulov Z.J*.–“TIQXMMI” MTU dot., kafedra mudiri*

Anotatsiya: *Ushbu maqolada yer uchastkalari chegaralarini aniqlash va ularni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish jarayonida GPS (Global Positioning System) va GIS (Geografik axborot tizimlari) texnologiyalarining roli o‘rganilgan. Tadqiqotda GPS va GIS integratsiyasining yuqori aniqlik, tezkorlik, raqamli ma’lumotlar bazasini shakllantirish, shaffoflik va hududiy tahlil imkoniyatlarini ta’minlashdagi afzalliklari yoritilgan. Shuningdek, texnologiyalarni qo‘llashdagi mavjud muammolar va ularni bartaraf etish bo‘yicha takliflar ham keltirilgan. Maqola hududiy boshqaruv, yer kadastri va ko‘chmas mulkni ro‘yxatga olish tizimida zamonaviy raqamli texnologiyalarni joriy etishning ahamiyatini aks ettiradi.*

Kalit so‘zlar: *GPS, GIS, yer uchastkasi, kadastr, raqamli texnologiyalar, davlat ro‘yxati, hududiy boshqaruv.*

Abstract: *This article examines the role of GPS (Global Positioning System) and GIS (Geographical Information Systems) technologies in the process of determining land plot boundaries and their state registration. The study highlights the advantages of GPS and GIS integration in ensuring high accuracy, speed, digital database formation, transparency, and regional analysis capabilities. Additionally, existing problems in the application of technologies and proposals for their elimination are presented. The article reflects the importance of implementing modern digital technologies in the system of territorial administration, land cadastre, and real estate registration.*

Keywords: *GPS, GIS, land plot, cadastre, digital technologies, state registration, territorial management.*

Аннотация: *В данной статье рассматривается роль технологий GPS (Global Positioning System) и GIS (Географические информационные системы) в процессе определения границ земельных участков и их государственной регистрации. В исследовании освещены преимущества интеграции GPS и GIS в обеспечении высокой точности, оперативности, формирования цифровой базы данных, прозрачности и возможностей территориального анализа. Также представлены существующие проблемы в применении технологий и предложения по их устранению. Статья отражает важность внедрения современных цифровых технологий в систему территориального управления, земельного кадастра и регистрации недвижимости.*

Ключевые слова: *GPS, ГИС, земельный участок, кадастр, цифровые технологии, государственный реестр, территориальное управление.*

Kirish. Bugungi sharoitda yer resurslaridan oqilona va maqsadli foydalanishni ta’minlash, shuningdek ko‘chmas mulk egalari huquqlarini qonuniy jihatdan mustahkamlash ishonchli va aniq kadastr ma’lumotlariga tayanadi. Kadastr tizimi nafaqat yer uchastkasining joylashuvi va maydonini qayd etadi, balki uning huquqiy maqomi, foydalanish turi hamda iqtisodiy qiymatini ham aks ettiradi. Shu bois yer uchastkalarining chegaralarini to‘g‘ri va xatosiz belgilash davlat ro‘yxatidan o‘tkazish jarayonining muhim bosqichi hisoblanadi. Chegaralarning aniq belgilanmaganligi esa huquqiy nizolar, soliqqa tortishdagi noaniqliklar va shaharsozlik rejalashtirishdagi muammolarga sabab bo‘lishi mumkin.

Yer uchastkasi chegaralarining aniqligi, ayniqsa, soliqqa tortish tizimida adolat tamoyilini ta’minlaydi, chunki yer maydonining to‘g‘ri hisoblanishi mol-mulk solig‘i va yer solig‘i miqdoriga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Bundan tashqari, qurilish va hududiy rivojlanish dasturlarini ishlab chiqishda ham fazoviy ma’lumotlarning aniqligi muhim ahamiyat kasb etadi. Rivojlanish loyihalarini rejalashtirishda yer uchastkalarining real chegaralari va ularning atrof infratuzilma bilan o‘zaro joylashuvi asosiy mezon bo‘lib xizmat qiladi.[1]

Avvalgi davrlarda qo‘llanilgan an’anaviy geodezik o‘lchov usullari dala sharoitida ko‘plab mexanik o‘lchov asboblari yordamida amalga oshirilgan bo‘lib, bu jarayon ko‘p vaqt, katta mehnat va yuqori aniqlikdagi hisob-kitoblarni talab qilgan. Bunday usullar inson omiliga bog‘liqligi sababli ayrim hollarda xatoliklarni yuzaga keltirgan.

Zamonaviy GPS (Global Positioning System) va GIS (Geografik axborot tizimlari) texnologiyalarining joriy etilishi esa yer chegaralarini aniqlash jarayonini tubdan o‘zgartirdi. GPS qurilmalari yordamida yer uchastkasi burilish nuqtalarining aniq koordinatalari qisqa vaqt ichida va yuqori aniqlikda aniqlanadi. Olingan ma’lumotlar esa GIS dasturlari orqali qayta ishlanib, raqamli xaritalar shaklida tasvirlanadi, tahlil qilinadi va yagona elektron kadastr bazasiga integratsiya qilinadi.

GPS texnologiyasining yer chegaralarini aniqlashdagi roli. GPS (Global Positioning System) texnologiyasi yer uchastkalari chegaralarini aniqlashda zamonaviy va yuqori aniqlikni ta’minlovchi asosiy vositalardan biri hisoblanadi. Ushbu tizim sun’iy yo‘ldoshlar orqali yer yuzasidagi nuqtalarning aniq geografik koordinatalarini (kenglik, uzunlik va balandlik) belgilash imkonini beradi. Natijada yer uchastkasining burilish nuqtalari aniq o‘lchanadi va ularning joylashuvi davlat geodezik tizimiga bog‘langan holda rasmiylashtiriladi.[2-3]

GPS texnologiyasi, ayniqsa, kadastr va geodeziya ishlarida- muhim ahamiyatga ega. An’anaviy o‘lchov usullariga nisbatan GPS yordamida dala sharoitida tezkor va yuqori aniqlikdagi natijalar olish mumkin. Zamonaviy geodezik GPS qabul qilgichlari RTK (Real Time Kinematic) usuli orqali santimetr darajasigacha

aniqlik beradi. Bu esa yer uchastkalari o‘rtasidagi chegaralarni belgilashda xatoliklarni minimal darajaga tushiradi hamda kelgusida yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan yer nizolarining oldini oladi.



GPS texnologiyasining yana bir muhim jihati — o‘lchov natijalarining bevosita raqamli formatda saqlanishidir. Olingan koordinatalar maxsus dasturiy ta’minot orqali qayta ishlanib, elektron kadastr xaritalarini yaratishda qo‘llaniladi. Bu esa yer uchastkalarini davlat reyestriga kiritish jarayonini soddalashtiradi va tezlashtiradi. Shuningdek, GPS qurilmalari yordamida murakkab relyefga ega yoki katta hududlarni qisqa vaqt ichida o‘lchash mumkin. Tog‘li, cho‘l yoki chekka hududlarda ham sun’iy yo‘ldosh signallari orqali aniqlik saqlanib qoladi. Bu xususiyat yer resurslarini to‘liq inventarizatsiya qilish va monitoring olib borishda muhim ahamiyat kasb etadi.

GIS texnologiyalarining amaliy ahamiyati. GIS (Geografik axborot tizimlari) texnologiyalari yer resurslarini boshqarish, kadastr ma’lumotlarini yuritish va hududiy rejalashtirish jarayonlarida muhim amaliy vosita hisoblanadi. Ushbu tizim fazoviy (geografik) ma’lumotlarni yig‘ish, saqlash, qayta ishlash, tahlil qilish va vizuallashtirish imkonini beradi. Natijada yer uchastkalari to‘g‘risidagi ma’lumotlar nafaqat matn ko‘rinishida, balki aniq xarita shaklida ham aks ettiriladi.[3]



GIS texnologiyalarining asosiy amaliy ahamiyati shundaki, u turli manbalardan olingan ma’lumotlarni yagona platformada birlashtiradi. Masalan, GPS orqali aniqlangan koordinatalar, aerokosmik tasvirlar, topografik xaritalar va huquqiy ma’lumotlar bir tizimda integratsiya qilinadi. Bu esa yer uchastkasining aniq chegaralarini ko‘rish, uning maydonini avtomatik hisoblash hamda boshqa obyektlar bilan o‘zaro joylashuvini aniqlash imkonini beradi.

Kadastr tizimida GIS quyidagi amaliy vazifalarni bajaradi:

- Raqamli kadastr xaritalarini yaratish va yangilash
- Yer uchastkalari chegaralarini grafik tasvirlash
- Yer maydonini avtomatik hisoblash
- Chegaralardagi ustma-ust tushish yoki xatoliklarni aniqlash

Bundan tashqari, GIS texnologiyalari hududiy rivojlanish dasturlarini ishlab chiqishda muhim ahamiyat kasb etadi. Shaharsozlik rejalashtirish, infratuzilma obyektlarini joylashtirish, ekologik monitoring va yer resurslaridan foydalanish samaradorligini baholash jarayonlarida fazoviy tahlil asosiy vosita bo‘lib xizmat qiladi.GIS orqali katta hajmdagi ma’lumotlarni tezkor tahlil qilish mumkinligi boshqaruv qarorlarini qabul qilishda aniqlik va ishonchlilikni oshiradi.

Masalan, yer uchastkasining maqsadli foydalanish turini nazorat qilish, noqonuniy egallash holatlarini aniqlash yoki soliq bazasini shakllantirishda GIS tizimi muhim rol o‘ynaydi.

GPS va GIS integratsiyasining afzalliklari. GPS (Global Positioning System) va GIS (Geografik axborot tizimlari) texnologiyalarini birlashtirib ishlatish yer kadastri va hududiy boshqaruv tizimida samaradorlikni sezilarli darajada oshiradi. Bu ikki texnologiya bir-birini mukammal to‘ldiradi: GPS aniq fazoviy koordinatalarni aniqlash orqali yer uchastkalari, binolar, inshootlar va boshqa obyektlarning joylashuvini belgilashda ishonchli ma’lumot beradi, GIS esa ushbu ma’lumotlarni xarita va ma’lumotlar bazasida tahlil qilib, hududiy rejalashtirish, nazorat va monitoring jarayonlarini soddalashtiradi. Integratsiya natijasida yer uchastkalari chegaralarini aniqlash, mulk huquqlarini ro‘yxatga olish, soliqqa tortish va hududiy infratuzilma obyektlarini boshqarish jarayonlari bir tizimda amalga oshiriladi. Misol uchun, GPS yordamida olingan aniq koordinatalar GIS tizimiga yuklanadi “TIQXMMI” MTU



va xarita ustida vizual ko‘rinishda tahlil qilinadi, bu esa chegara xatolarini kamaytiradi va huquqiy aniqlikni ta’minlaydi.[7]

Shuningdek, bu integratsiya vaqtni tejash va resurslarni samarali ishlatish imkonini beradi. Dala ishlarida olingan ma’lumotlar bevosita GIS tizimiga kiritilishi orqali qayta ishlash jarayoni avtomatlashtiriladi, qo‘lda hisoblash va tekshirish zarurati kamayadi. Natijada kadastr ishlarining tezligi ortadi, inson omilidan kelib chiqadigan xatoliklar kamayadi va ma’lumotlarning aniqligi oshadi.

Raqamli ma’lumotlar bazasini yaratish orqali barcha yer uchastkalari haqidagi ma’lumotlar yagona elektron tizimda saqlanadi. Bu nafaqat davlat reyestri uchun qulaylik yaratadi, balki yer resurslaridan samarali foydalanish, hududiy rejalashtirish va investitsion monitoringni ham osonlashtiradi.

Shuningdek, GIS tahlillari yordamida hududiy rivojlanish, yer maydonining turli turlarini aniqlash va infratuzilma obyektlari bilan bog‘liqlikni baholash mumkin bo‘ladi.

Muammolar va takliflar. Bugungi kunda GPS va GIS texnologiyalarini yer uchastkalari kadastri va hududiy boshqaruv tizimida qo‘llash samaradorligini oshirishga katta imkoniyatlar yaratmoqda. Biroq, texnik jihozlar yetishmasligi, ma’lumotlarni standartlashtirishdagi qiyinchiliklar, malakali kadrlarning cheklanganligi, moliyaviy resurslarning yetishmasligi va huquqiy normalarning to‘liq aniqlanmaganligi kabi muammolar mavjud. Ushbu holatlar ma’lumotlarning aniqligi, yangilanishi va yagona elektron bazada saqlanishini murakkablashtiradi, hududiy boshqaruv va kadastr nazoratini qiyinlashtiradi. Shu sababli,

muammolarni bartaraf etish va tizimning samaradorligini oshirish maqsadida texnik jihozlarni yangilash, ma’lumotlarni standartlashtirish, kadrlar malakasini oshirish, moliyaviy resurslarni samarali jalb qilish va huquqiy bazani mustahkamlash lozim. Bularning barchasi GPS va GIS integratsiyasi orqali yer uchastkalarini aniqlash, davlat ro‘yxatidan o‘tkazish va hududiy boshqaruv qarorlarini qabul qilish jarayonlarini sifatli va shaffof amalga oshirish imkonini beradi.

Xulosa. GPS va GIS texnologiyalarining integratsiyasi yer kadastri tizimida yuqori aniqlik, tezkorlik va shaffoflikni ta’minlash bilan birga, hududiy tahlil imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytiradi. Bu ikki texnologiyaning uyg‘un ishlashi orqali yer uchastkalarining koordinatalari aniq belgilanadi, ularning joylashuvi xaritalarda vizual tarzda ko‘rsatiladi va kadastr ma’lumotlari real vaqt rejimida yangilanadi. Natijada, ko‘chmas mulk obyektlariga bo‘lgan huquqlarni himoya qilish, ularni davlat ro‘yxatidan o‘tkazish va soliqqa tortish jarayonlari yanada ishonchli va samarali amalga oshiriladi.

Shuningdek, GPS va GIS tizimlari hududiy rivojlanishni rejalashtirishda muhim vosita sifatida xizmat qiladi. Raqamli ma’lumotlar bazasining mavjudligi va doimiy yangilanishi hududiy boshqaruvning samaradorligini oshiradi, qaror qabul qilish jarayonini optimallashtiradi va investitsiya faoliyatini qo‘llab-quvvatlaydi. Masalan, investitsiyalarni jalb qilish, infratuzilma loyihalarini rejalashtirish, yer resurslaridan oqilona foydalanish va hududiy tahlil natijalarini iqtisodiy va ijtimoiy rivojlanish strategiyasiga integratsiyalash imkoniyatlari kengayadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro`yxati:

1. Nurmatov A. (2021). Menejment asoslari. Toshkent: Iqtisodiyot nashriyoti.
2. O‘razbayev A. (2020). Axborot texnologiyalari va raqamli transformatsiya. Toshkent:
3. Karimov B. (2019). Ko‘chmas mulkni kadastrlash va boshqarish tizimi. Toshkent: Davlat boshqaruvi nashriyoti.
4. Toshqulov, S. (2018). GPS va GIS texnologiyalarini yer resurslarini boshqarishda qo‘llash. Toshkent: Ilmiy nashr.
5. Qodirov, M. (2020). Raqamli kadastr va hududiy boshqaruv. Toshkent: Geodeziya va kadastr nashriyoti.
6. Smith J. (2018). Digital Technologies in Property Registration. London: Routledge.
7. Brown L. & Johnson, K. (2020). Geographic Information Systems for Real Estate Management. New York: Springer.

UDK: 528.8:629.783

GNSS TEXNOLOGIYASI VA DRON TASVIRLARINING GEOFAZOVIY BOG‘LANISHI

Toshpo‘latova Sevara Olimjon qizi *- “Yer Resurslari va Kadastr” fakulteti “Geodeziya va Geoinformatika” yo’nalishi 4-bosqich, 401-guruh talabasi.*

Annotatsiya*. Ushbu maqolada GNSS texnologiyalarining dron tasvirlarini geofazoviy bog‘lashdagi ahamiyati va qo‘llanilish jarayonlari tahlil qilinadi. Tadqiqotda dronlardan olingan aerotasvirlarni aniq koordinatalar tizimiga joylashtirishda GNSS ma’lumotlarining o‘rni, georeferenslash usullari hamda GCP (Ground Control Point) nuqtalaridan foydalanish samaradorligi ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, fotogrammetrik qayta ishlash jarayonida Agisoft Metashape va ArcGIS Pro dasturlaridan foydalanish imkoniyatlari yoritilgan. Tadqiqot natijalari GNSS asosidagi geobog‘lash dron tasvirlarining fazoviy aniqligini sezilarli darajada oshirishini ko‘rsatadi. [1].*

Kalit so’zlar*: GNSS, dron, geofazoviy bog‘lanish, georeferenslash, aerofotosurat, fotogrammetriya, GCP, koordinata tizimi, ortofoto, fazoviy aniqlik, UAV, masofadan zondlash, geoma’lumotlar, Agisoft Metashape, ArcGIS Pro.*

Zamonaviy geodeziya va geoinformatika sohalarida dron texnologiyalari keng qo‘llanilmoqda va ular yuqori aniqlikdagi geofazoviy ma’lumotlarni olishda muhim ahamiyat kasb etadi. Dronlar, ya’ni uchuvchisiz uchish apparatlari, qisqa vaqt ichida katta hududlarni qamrab olgan holda yuqori aniqlikdagi tasvirlarni olish imkonini beradi. Ushbu tasvirlar keyinchalik ortofoto, raqamli relyef modeli (DEM) va uch o‘lchamli modellar yaratishda asosiy manba sifatida xizmat qiladi. Shu nuqtai nazardan qaraganda, dronlar geodezik o‘lchovlarda ma’lumot yig‘uvchi asosiy platforma hisoblanadi.

Dronlarning samarali ishlashi bevosita global navigatsion sun’iy yo‘ldosh tizimlari (GNSS) bilan bog‘liq. GNSS texnologiyasi yordamida dronlar o‘zining aniq joylashuvini aniqlaydi va har bir olingan tasvirga geografik koordinatalar biriktiriladi. Bu jarayon geotaglash deb ataladi va u tasvirlarni keyinchalik xaritalar bilan bog‘lashda muhim rol o‘ynaydi. Shuningdek, GNSS yordamida dronlarning parvoz yo‘nalishlari oldindan rejalashtiriladi va avtomatik boshqaruv imkoniyati yaratiladi. Natijada inson omili kamayib, ish samaradorligi oshadi.

Shunday qilib, dron va GNSS texnologiyalarining o‘zaro integratsiyasi zamonaviy geodezik tadqiqotlarning ajralmas qismiga aylangan. Dronlar ma’lumot yig‘uvchi vosita sifatida xizmat qilsa, GNSS esa ushbu ma’lumotlarning fazoviy aniqligini ta’minlaydi. Ularning uyg‘un ishlashi natijasida yuqori aniqlikdagi geofazoviy mahsulotlar yaratish imkoniyati paydo bo‘ladi. Shu sababli dron orqali olingan tasvirlarning geofazoviy bog‘lanish aniqligini oshirish masalasi ilmiy va amaliy jihatdan muhim ahamiyatga ega bo‘lib, ushbu yo‘nalishdagi tadqiqotlar dolzarb hisoblanadi.

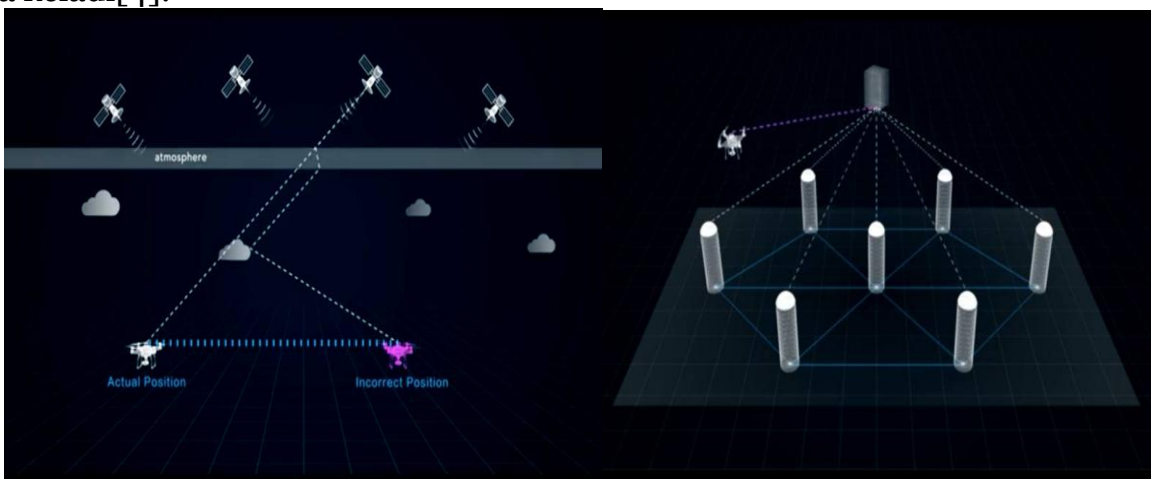
1-jadval

RTK va PPK texnologiyalarining taqqoslama tahlili

Ko’rsatkichlar	RTK	PPK
Tuzatma tuzi	Real vaqt rejimida	Keyinchalim qayta ishlovda
Aniqlik	1-3 sm	1-3 sm
Aloqa talabi	Radio yoki internet talab qiladi	Aloqa talab qilmaydi
Qo‘llanilishi	Tez natijaga erishish kerak bo‘lganda	Signal yo‘q joylarda yoki yuqori aniqlik talab qilinganda

Georeferensiyalash jarayonida yana bir muhim tushuncha - bundle adjustment (to‘plamli tekislash) hisoblanadi. Bu metod tasvirlar orasidagi bog‘liqlikni va ularning GNSS hamda GCP nuqtalariga nisbatan joylashuvini birgalikda optimallashtiradi. Natijada barcha tasvirlar yagona koordinata tizimida maksimal aniqlik bilan joylashtiriladi. Dron tasvirlarining geofazoviy aniqligiga ta’sir qiluvchi yana bir muhim omil - kamera orientatsiyasi burchaklari, ya’ni yaw (burilish), pitch (oldinga-egilish) va roll (yon egilish) hisoblanadi. Ushbu parametrlar odatda IMU (Inertial Measurement Unit) orqali aniqlanadi. Agar bu ma’lumotlar aniq bo‘lmasa, tasvirlarda geometrik buzilishlar yuzaga keladi[4].

Bundan tashqari, georeferensiya jarayonida tie points (bog‘lovchi nuqtalar) katta rol o‘ynaydi. Bu nuqtalar bir nechta tasvirlarda umumiy bo‘lgan obyektlar asosida avtomatik aniqlanadi. Ushbu nuqtalar yordamida tasvirlar bir-biriga bog‘lanadi va yagona model hosil qilinadi. Tie pointlar soni va sifati qancha yuqori bo‘lsa, model aniqligi shunchalik yaxshi bo‘ladi. Yana bir muhim jihat - Ground Sampling Distance (GSD), ya’ni yer yuzasidagi bitta pikselga to‘g‘ri keladigan masofa. GSD qancha kichik bo‘lsa (masalan, 2-3 sm/pixel), tasvirning fazoviy aniqligi shunchalik yuqori bo‘ladi. GSD qiymati parvoz balandligi va kamera xususiyatlariga bog‘liq.



1-rasm. Nuqtalar orasidagi bo‘lanish. Koordinatalar aniqlanishi ifodalanmoqda.

GNSS orqali dron joylashuvini aniqlash va ma’lumot yig‘ish. Dron uchish jarayonida uning ichiga o‘rnatilgan GNSS qabul qilgich doimiy ravishda sun’iy yo‘ldoshlardan signal qabul qilib, dronning aniq fazodagi joylashuvini hisoblab boradi. GNSS tizimi kamida 4 ta yo‘ldosh signali asosida dronning uch o‘lchamli koordinatasini aniqlaydi: kenglik (latitude), uzunlik (longitude) va balandlik (altitude). Bundan tashqari, vaqt ham juda aniq (atom soat darajasida) sinxronlashtiriladi. Har safar dron kamera orqali rasm olgan paytda, o‘sha lahzadagi GNSS koordinata ham avtomatik ravishda yozib olinadi. Bu jarayon juda tez (millisekundlar darajasida) sodir bo‘ladi. Natijada har bir rasm bilan birga uning “qayerda olingani” haqidagi aniq fazoviy ma’lumot ham saqlanadi. Bu ma’lumotlar EXIF metadata ichiga joylanadi. [5].

Birinchi navbatda GNSS signalining sifati va barqarorligi fazoviy bog‘lanish aniqligiga eng katta ta’sir qiluvchi omillardan biri hisoblanadi. Chunki dronning fazodagi joylashuvi aynan sun’iy yo‘ldoshlardan kelayotgan radio signallar asosida aniqlanadi. Agar GNSS signallari kuchli va uzluksiz bo‘lsa, koordinatalar aniq hisoblanadi. Biroq atmosfera qatlamlari, xususan ionosfera va troposferadan o‘tish jarayonida signal kechikishi yoki biroz buzilishi mumkin. Bundan tashqari, agar dron atrofida yetarli miqdorda yo‘ldosh ko‘rinmasa yoki signal binolar, tog‘lar va daraxtlar tomonidan to‘sib qo‘yilsa, GNSS hisob-kitoblarida xatolik yuzaga keladi va bu bevosita fazoviy aniqlikni pasaytiradi. Yana bir muhim omil dron kamerasi va sensorining sifati hisoblanadi. Olingan tasvirning aniqligi geobog‘lash jarayoniga bevosita ta’sir qiladi. Yuqori sifatli kamera tasvirlari aniq va tiniq bo‘lib, ularda yer yuzasidagi obyektlar yaxshi farqlanadi. Bu esa dasturiy ta’minotga tasvirlarni bir-biri bilan aniq moslashtirish imkonini beradi. Aksincha, past sifatli kamera ishlatilganda tasvirlar xira bo‘lib, geometrik xatoliklar paydo bo‘lishi mumkin. Sensor o‘lchami, linza sifati va fokus aniqligi ham natijaviy aniqlikka bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Yana bir muhim omil dron kamerasi va sensorining sifati hisoblanadi. Olingan tasvirning aniqligi geobog‘lash jarayoniga bevosita ta’sir qiladi. Yuqori sifatli kamera tasvirlari aniq va tiniq bo‘lib, ularda yer yuzasidagi obyektlar yaxshi farqlanadi. Bu esa dasturiy ta’minotga tasvirlarni bir-biri bilan aniq moslashtirish imkonini beradi. Aksincha, past sifatli kamera ishlatilganda tasvirlar xira bo‘lib, geometrik xatoliklar paydo bo‘lishi mumkin. Sensor o‘lchami, linza sifati va fokus aniqligi ham natijaviy aniqlikka bevosita ta’sir ko‘rsatadi[6].

Yana bir muhim omil dron kamerasi va sensorining sifati hisoblanadi. Olingan tasvirning aniqligi geobog‘lash jarayoniga bevosita ta’sir qiladi. Yuqori sifatli kamera tasvirlari aniq va tiniq bo‘lib, ularda yer yuzasidagi obyektlar yaxshi farqlanadi. Bu esa dasturiy ta’minotga tasvirlarni bir-biri bilan aniq moslashtirish imkonini beradi. Aksincha, past sifatli kamera ishlatilganda tasvirlar xira bo‘lib, geometrik xatoliklar paydo bo‘lishi mumkin. Sensor o‘lchami, linza sifati va fokus aniqligi ham natijaviy aniqlikka bevosita ta’sir ko‘rsatadi.

Uchish sharoitlari ham fazoviy bog‘lanish aniqligida muhim rol o‘ynaydi. Dronning uchish balandligi, tezligi va tasvirlar orasidagi qoplash darajasi (overlap va sidelap) juda muhim hisoblanadi. Agar tasvirlar orasidagi qoplash yetarli bo‘lmasa,

ularni bir-biriga moslashtirish qiyinlashadi va natijada aniqlik pasayadi. Shuningdek, dron juda tez uchsa yoki shamol kuchli bo‘lsa, tasvirlar silkinib ketishi mumkin, bu esa geobog‘lash jarayonida xatoliklarni keltirib chiqaradi. Atmosfera sharoitlari ham GNSS signallari va tasvir sifatiga sezilarli ta’sir qiladi. Bulutlilik, quyosh faolligi, namlik va chang miqdori GNSS signalining tarqalishiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Ayniqsa ionosferadagi o‘zgarishlar signal kechikishiga olib keladi va bu koordinata hisoblashda kichik, lekin sezilarli xatoliklarni yuzaga keltiradi.
Shuningdek, hududning relyefi va atrofdagi fizik to‘siqlar ham fazoviy aniqlikka ta’sir qiladi. Tog‘li hududlar, baland binolar yoki zich o‘simliklar GNSS signallarini to‘sib qo‘yishi yoki aks ettirishi mumkin. Bu holat “multipath effect” deb ataladi, ya’ni signal bir necha yo‘ldan qaytib kelib, qabul qilgichni chalg‘itadi va noto‘g‘ri koordinata hosil bo‘lishiga sabab bo‘ladi. Bundan tashqari, ma’lumotlarni qayta ishlashda ishlatiladigan dasturiy ta’minot ham fazoviy aniqlikka ta’sir qiladi. Fotogrammetrik dasturlar tasvirlarni GNSS ma’lumotlari bilan bog‘lab qayta ishlaydi. Agar dastur sozlamalari to‘g‘ri tanlanmasa yoki qayta ishlash jarayoni noto‘g‘ri bajarilsa, natijaviy ma’lumotlarda geometrik xatoliklar paydo bo‘lishi mumkin.

Xulosa. Ushbu maqolada GNSS texnologiyasi va dron tasvirlarini geofazoviy bog‘lash jarayonining nazariy hamda amaliy jihatlari o‘rganildi. Tadqiqot davomida GNSS ma’lumotlari yordamida dronlardan olingan aerotasvirlarni yuqori aniqlikda koordinatalash va georeferenslash imkoniyatlari tahlil qilindi. Aniqlanishicha, GCP nuqtalaridan foydalanish hamda fotogrammetrik qayta ishlash dasturlaridan samarali foydalanish tasvirlarning fazoviy aniqligini sezilarli darajada oshiradi.

Shuningdek, Agisoft Metashape va ArcGIS Pro dasturlarida bajarilgan amaliy ishlar GNSS asosidagi geobog‘lash usuli ortofoto va raqamli fazoviy ma’lumotlarni yaratishda ishonchli natijalar berishini ko‘rsatdi. Olingan natijalar yer resurslarini boshqarish, kadastr ishlari, monitoring hamda masofadan zondlash sohalarida dron texnologiyalaridan keng foydalanish istiqbolli ekanligini tasdiqlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Shokirov, S. Sh., Musayev, I. M. “Masofadan zondlash”. Toshkent, 2015.
2. Colomina, I., Molina, P. “Unmanned Aerial Systems for Photogrammetry and Remote Sensing: A Review”. ISPRS Journal, 2014.
3. Eisenbeiss, H. “UAV Photogrammetry”. ETH Zurich, 2009.
4. Jin, S., Cardellach, E., Xie, F. “GNSS Remote Sensing: Theory, Methods and Applications”. Springer, 2013.
5. Berdibayeva N.T qizi va boshqalar“Dronlar: geoaxborot va masofadan zondlash tizimlarida qo‘llash” Scientific journal article, 2025.
6. Abidirazzaqov, O. va boshqalar. “GNSS va masofadan zondlash ma’lumotlari asosida ekologik monitoring tizimi”. The Conference Hub,

UDK: 528.8:911.375:711.4

MASOFADAN ZONDLASH MA'LUMOTLARI VA GAT TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA URBANIZATSIYA JARAYONLARI HAMDA SHAHAR HUDUDLARINING KENGAYISHINI TAHLIL QILISH (FARG'ONA VODIYSI MISOLIDA)

Zoirjon Abdurahmanov *- "TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti*
Ashirov Alisher *- Samarqand davlat veterinariya meditsinasi, chorvachilik va biotexnologiyalar universiteti Toshkent filiali*
Ilhomjon Aslanov *- "TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti*

Abstrakt. Urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi aholi sonining o'sishi, iqtisodiy rivojlanish va infratuzilmaning kengayishi bilan chambarchas bog'liq bo'lib, yer resurslaridan foydalanish tarkibida sezilarli o'zgarishlarni yuzaga keltirmoqda. Mazkur tadqiqotning maqsadi Farg'ona vodiysida urbanizatsiya jarayonlari hamda shahar hududlarining fazoviy kengayish dinamikasini masofadan zondlash ma'lumotlari va geoinformatsion tizimlar (GAT) texnologiyalari asosida tahlil qilishdan iborat. Tadqiqotda ko'p vaqtli sun'iy yo'ldosh tasvirlari (Landsat va Sentinel ma'lumotlari) hamda geofazoviy ma'lumotlardan foydalanildi. Urban hududlarni aniqlash va ularning o'zgarishini baholash uchun tasvirlarni oldindan qayta ishlash, klassifikatsiyalash, o'zgarishlarni aniqlash (change detection) va fazoviy tahlil usullari qo'llanildi. Olingan natijalar Farg'ona vodiysida so'nggi yillarda urban hududlar maydonining sezilarli darajada ortganligini, ayniqsa yirik shaharlar va ularning atroflarida urban kengayish jarayonlari yuqori sur'atlarda kechayotganligini ko'rsatdi. Shuningdek, urbanizatsiya natijasida qishloq xo'jaligi yerlarining qisqarishi va yer qoplamasining transformatsiyasi kuzatildi. Tadqiqot natijalari hududiy rejalashtirish, yer resurslarini samarali boshqarish va barqaror shahar rivojlanishini ta'minlash bo'yicha ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilishda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: urbanizatsiya, shahar hududlarining kengayishi, masofadan zondlash, GAT, geofazoviy tahlil, Landsat, Sentinel, Farg'ona vodiysi, yer qoplamasi o'zgarishi, fazoviy monitoring.

KIRISH. So'nggi o'n yilliklarda dunyo miqyosida urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi hududiy rivojlanishning asosiy tendensiyalaridan biriga aylandi[1], [2]. Aholi sonining ortishi, sanoat va xizmat ko'rsatish tarmoqlarining rivojlanishi, transport va muhandislik infratuzilmasining kengayishi natijasida shahar hududlari tobora kengayib bormoqda. Birlashgan Millatlar Tashkiloti ma'lumotlariga ko'ra, hozirgi kunda dunyo aholisining yarmidan ko'pi shaharlarda istiqomat qilmoqda va kelajakda bu ko'rsatkich yanada oshishi kutilmoqda[3], [4]. Urbanizatsiya iqtisodiy rivojlanishning muhim omili sifatida qaralsa-da, uning nazoratsiz rivojlanishi yer resurslarining qisqarishi, ekologik muammolarning kuchayishi, tabiiy landshaftlarning o'zgarishi va qishloq xo'jaligi yerlarining kamayishiga olib kelishi mumkin[5], [6], [7]. Shu sababli urban hududlarning fazoviy kengayishi va uning dinamikasini muntazam monitoring qilish zamonaviy geofazoviy tadqiqotlarning dolzarb yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Urbanizatsiya jarayonlarini o'rganishda an'anaviy statistik

ma’lumotlar ko‘pincha hududiy o‘zgarishlarning fazoviy xususiyatlarini to‘liq aks ettira olmaydi. Shu bois masofadan zondlash ma’lumotlari va geoinformatsion tizimlar (GAT) texnologiyalaridan foydalanish urban hududlarning rivojlanishini baholashda keng qo‘llanilmoqda. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari katta hududlarni qisqa vaqt ichida qamrab olish, turli davrlardagi yer qoplamasi holatini taqqoslash hamda urban hududlarning kengayish tendensiyalarini aniqlash imkonini beradi. Ayniqsa, Landsat va Sentinel kabi ochiq ma’lumotlar bazalarining mavjudligi urbanizatsiya jarayonlarini uzoq muddatli monitoring qilish uchun qulay sharoit yaratmoqda. GAT texnologiyalari esa mazkur ma’lumotlarni qayta ishlash, tahlil qilish, vizualizatsiya qilish va qaror qabul qilish jarayonlarini qo‘llab-quvvatlashda muhim vosita hisoblanadi[8], [9].

O’zbekistonning eng zich aholi yashaydigan hududlaridan biri bo‘lgan Farg‘ona vodiysi urbanizatsiya jarayonlari intensiv kechayotgan mintaqalardan sanaladi. Vodiyning geografik joylashuvi, tabiiy-iqlim sharoiti, iqtisodiy salohiyati va yuqori demografik ko‘rsatkichlari aholi punktlari va shaharlarning tez rivojlanishiga xizmat qilmoqda. Bugungi kunda Farg‘ona, Andijon va Namangan viloyatlarini qamrab oluvchi ushbu hududda aholi sonining ortishi, yangi turar-joy massivlarining barpo etilishi, sanoat zonalari va transport infratuzilmasining rivojlanishi urban hududlarning kengayishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatmoqda[10], [11]. Natijada qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlar, bog‘lar va boshqa tabiiy landshaftlarning urban foydalanishga o‘tishi kuzatilmoqda. Farg‘ona vodiysida urbanizatsiya jarayonlarini o‘rganishga qaratilgan tadqiqotlar mavjud bo‘lsa-da, ularning aksariyati statistik yoki ijtimoiy-iqtisodiy tahlillarga asoslangan. Urban hududlarning ko‘p yillik fazoviy o‘zgarishlarini masofadan zondlash ma’lumotlari va GAT texnologiyalari asosida kompleks baholash bo‘yicha tadqiqotlar nisbatan kam uchraydi. Ayniqsa, urban hududlarning kengayish sur’atlari, yo‘nalishlari va yer qoplamasi transformatsiyasiga ta’sirini ko‘p vaqtli sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari asosida tahlil qilish ilmiy va amaliy jihatdan muhim ahamiyat kasb etadi. Bunday tadqiqotlar nafaqat urban rivojlanish tendensiyalarini aniqlash, balki yer resurslarini oqilona boshqarish, hududiy rejalashtirish va barqaror rivojlanish strategiyalarini ishlab chiqishda ham muhim axborot manbai bo‘lib xizmat qiladi. Mazkur tadqiqotning maqsadi masofadan zondlash ma’lumotlari va GAT texnologiyalari asosida Farg‘ona vodiysida urbanizatsiya jarayonlari hamda shahar hududlarining fazoviy kengayish dinamikasini tahlil qilishdan iborat. Tadqiqot davomida ko‘p vaqtli sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida urban hududlar ajratiladi, ularning maydon jihatidan o‘zgarishlari baholanadi hamda urban kengayishning asosiy yo‘nalishlari aniqlanadi. Olingan natijalar Farg‘ona vodiysida urbanizatsiya jarayonlarining hududiy xususiyatlarini aniqlash, yer resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirish va barqaror shahar rivojlanishini ta’minlashga qaratilgan ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi. Shu bilan birga, tadqiqot natijalari geofazoviy texnologiyalarning urban hududlarni monitoring qilishdagi imkoniyatlarini namoyon etib, mintaqaviy rivojlanish bo‘yicha qaror qabul qiluvchi

tashkilotlar uchun muhim axborot bazasini yaratadi[12], [13], [14].

TADQIQOT XUDUDI .

Tadqiqot hududi sifatida Markaziy Osiyoning eng yirik va aholi zich joylashgan mintaqalaridan biri bo‘lgan Farg‘ona vodiysi tanlandi. Farg‘ona vodiysi O‘zbekistonning sharqiy qismida joylashgan bo‘lib, g‘arb va shimoldan Qurama hamda Chotqol tog‘ tizmalari, janubdan esa Turkiston va Oloy tog‘lari bilan o‘ralgan yirik tektonik botiq hisoblanadi. Vodiyning umumiy maydoni taxminan 22 ming km² ni tashkil etadi va uning hududi O‘zbekiston, Qirg‘iziston hamda Tojikiston davlatlari o‘rtasida taqsimlangan. O‘zbekiston hududiga vodiyning asosiy qismi to‘g‘ri kelib, unga Namangan, Andijon va Farg‘ona viloyatlari kiradi[15], [16].



1-rasm. Tadqiqot xududi Farg‘ona vodiysi.

Mazkur hudud O‘zbekistonning eng zich aholi yashaydigan mintaqasi hisoblanadi. So‘nggi yillarda aholi sonining tabiiy o‘sishi va urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi natijasida shaharlar va yirik aholi punktlarining hududiy kengayishi kuzatilmoqda. Ayniqsa, Farg‘ona, Andijon, Namangan, Qo‘qon va Marg‘ilon shaharlari hamda ularning atrofidagi hududlarda yangi turar joy massivlari, sanoat korxonalari, transport infratuzilmasi va xizmat ko‘rsatish obyektlari barpo etilishi urban hududlar maydonining ortishiga olib kelmoqda. Natijada qishloq xo‘jaligi yerlarining urban foydalanishga o‘tishi va yer qoplamasining transformatsiyasi kuchaymoqda.

1- Jadval.

Farg‘ona vodiysi viloyatlarida aholi sonining o‘sish dinamikasi

Viloyat	2000 yil (ming kishi)	2010 yil (ming kishi)	2020 yil (ming kishi)	2025 yil (ming kishi)
Andijon	2 150	2 650	3 050	3 450
Namangan	1 950	2 350	2 850	3 150
Farg‘ona	2 650	3 050	3 750	4 100
Jami	**6 750**	**8 050**	**9 650**	**10 700**

Izoh: *Ma'lumotlar O‘zbekiston Respublikasi Statistika agentligi materiallari asosida shakllantiriladi.*

Mazkur tadqiqotda Farg‘ona vodiysida urbanizatsiya jarayonlari va shahar hududlarining fazoviy kengayishini tahlil qilish uchun masofadan zondlash ma'lumotlari hamda geoinformatsion tizimlar (GAT) texnologiyalaridan foydalanildi. Tadqiqotning asosiy ma'lumotlar bazasini turli yillarga tegishli ko‘p vaqtli sun'iy yo‘ldosh tasvirlari tashkil etdi. Urban hududlarning uzoq muddatli o‘zgarishlarini aniqlash maqsadida 2016 va 2025-yillarga tegishli Landsat va Sentinel sun'iy yo‘ldosh ma'lumotlaridan foydalanildi. Landsat dasturi tomonidan taqdim etilgan 30 metr fazoviy aniqlikdagi tasvirlar urban hududlarning ko‘p yillik dinamikasini o‘rganish imkonini bersa, Sentinel-2 sun'iy yo‘ldoshi tomonidan taqdim etilgan 10 metr fazoviy aniqlikdagi tasvirlar urban hududlarni yanada aniqroq ajratish imkoniyatini yaratdi[16], [17].

2- Jadval.

Tadqiqotda foydalanilgan masofadan zondlash ma'lumotlari

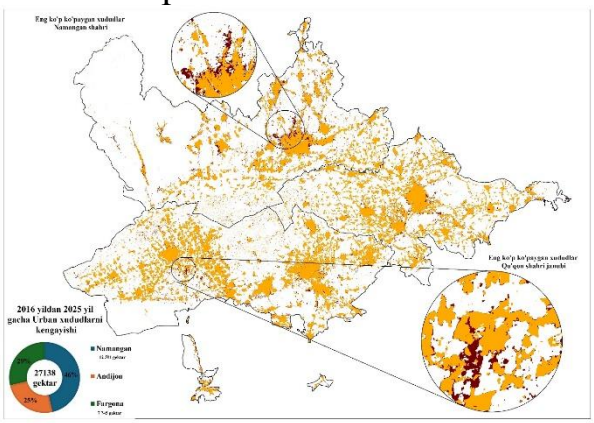
Sun'iy yo‘ldosh	Sensor	Fazoviy aniqlik (m)	Tadqiqot yillari
Landsat 8/ Sentinel-2A	OLI/TIRS	30	2016
Landsat 9/Sentinel-2A	MSI	10	2025

Sun'iy yo‘ldosh tasvirlari USGS EarthExplorer va Copernicus Data Space Ecosystem platformalaridan yuklab olindi. Masofadan zondlash ma’lumotlarini qayta ishlash jarayonida geometrik va atmosferik korreksiya ishlari amalga oshirildi. Urban hududlarni ajratish uchun ArcGIS Pro va Google Earth Engine platformalaridan foydalanildi. Urban hududlarni aniqlashda qurilgan maydonlarni tavsiflovchi spektral indekslar, jumladan NDBI (Normalized Difference Built-up Index) va NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) indekslari qo‘llanildi[18].

NATIJA. Masofadan zondlash ma’lumotlari va GAT texnologiyalari asosida amalga oshirilgan tahlillar Farg‘ona vodiysida 2016–2025 yillar oralig‘ida urban hududlarning sezilarli darajada kengayganligini ko‘rsatdi. Urban hududlarning o‘zgarish xaritasi (4-rasm) tahliliga ko‘ra, tadqiqot davrida urban maydonlar jami 27 138 gektarga ortgan. Viloyatlar kesimida urban kengayishning eng katta ulushi Namangan viloyatiga to‘g‘ri kelib, umumiy kengaygan maydonning 46 % (12 591 gektar) ini tashkil etdi. Farg‘ona viloyatida urban hududlar 7 745 gektar (29 %) ga, Andijon viloyatida esa 6 802 gektar (25 %) ga kengayganligi aniqlandi. Bu holat Namangan

viloyatida aholi sonining tez o‘sishi, yangi turar joy massivlarining barpo etilishi va transport-kommunikatsiya infratuzilmasining rivojlanishi bilan izohlanadi. Urban kengayishning asosiy o‘choqlari Namangan shahri, Qo‘qon shahri, Farg‘ona-Marg‘ilon aglomeratsiyasi hamda Andijon-Shahrixon-Asaka urban tizimi atrofida kuzatildi. Ayniqsa, Namangan shahri shimoliy va shimoli-g‘arbiy yo‘nalishlarda intensiv rivojlangan bo‘lib, urban hududlarning eng katta o‘sishi aynan ushbu hududda qayd etildi. Qo‘qon shahri janubiy qismida ham urbanizatsiya jarayonlari yuqori sur’atlarda kechib, yangi qurilish maydonlari va sanoat obyektlari hisobiga shahar hududi sezilarli kengaygan.

Urban hududlarning fazoviy taqsimlanishi tahlili shuni ko‘rsatadiki, yangi urban maydonlar asosan mavjud shaharlar va yirik aholi punktlari atrofida shakllangan. Bu esa Farg‘ona vodiysida urbanizatsiya jarayonlari markazlashgan rivojlanish modeliga ega ekanligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, magistral avtomobil yo‘llari va iqtisodiy faol hududlar bo‘ylab urban hududlarning chiziqli rivojlanishi ham kuzatilmoqda.



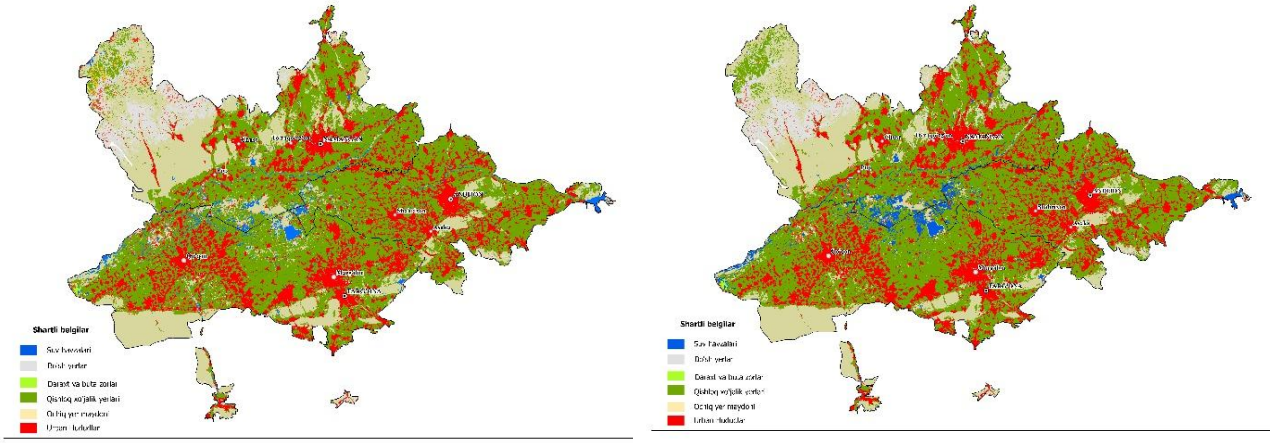
3-Jadval .

2016–2025 yillarda urban hududlarning kengayishi

Hudud	Kengaygan maydon (ga)	Ulushi (%)
Namangan viloyati	12 591	46
Andijon viloyati	6 802	25
Farg‘ona viloyati	7 745	29
Jami	27 138	100

Natijalar Farg‘ona vodiysida urbanizatsiya jarayonlari jadallashib borayotganligini va urban hududlar qishloq xo‘jaligi yerlariga tobora ko‘proq bosim o‘tkazayotganligini ko‘rsatadi. 2016 va 2025-yillarga tegishli yer qoplami xaritalarining qiyosiy tahlili natijasida tadqiqot hududida yer resurslaridan foydalanish tarkibida sezilarli o‘zgarishlar sodir bo‘lganligi aniqlandi. Tahlil davomida yer qoplami suv havzalari, bo‘sh yerlar, daraxt va butazorlar, qishloq xo‘jaligi yerlar, ochiq yer maydonlari hamda urban hududlar sinflariga ajratildi 2-Jadval.

Natijalarga ko‘ra, urban hududlarning kengayishi birinchi navbatda qishloq xo‘jaligi yerlarining qisqarishi hisobiga yuz bergan. Farg‘ona vodiysining markaziy va sharqiy qismlarida joylashgan sug‘oriladigan yerlarning ma’lum qismi turar joy, ishlab chiqarish va xizmat ko‘rsatish obyektlariga aylantirilgan. Ayniqsa, Namangan, Andijon, Asaka, Shahrixon, Marg‘ilon va Qo‘qon shaharlari atrofida qishloq xo‘jaligi yerlarining urban hududlarga transformatsiyasi yaqqol kuzatiladi.



3-Rasm. Farg'ona vodiysi yer qoplamining o'zgarishi 2016-2025 yillar

Daraxt va butazorlar sinfida ayrim hududlarda o'sish kuzatilgan bo'lsa-da, urban hududlar bilan chegaradosh joylarda yashil maydonlarning qisqarishi qayd etildi. Bu holat urban infratuzilmaning kengayishi va yangi qurilish maydonlarining shakllanishi bilan bog'liq. Ochiq yer maydonlarida ham sezilarli o'zgarishlar kuzatildi. Ayrim bo'sh va foydalanilmayotgan yerlar urban qurilish uchun o'zlashtirilgan bo'lsa, boshqa hududlarda yangi qishloq xo'jaligi maydonlari tashkil etilgan. Suv havzalari maydonida esa umumiy holatda katta o'zgarish kuzatilmagan bo'lib, faqat ayrim sun'iy suv omborlari va kollektor-drenaj tizimlari atrofida kichik o'zgarishlar aniqlandi. Yer qoplamining o'zgarish xaritalari urbanizatsiya jarayonlari Farg'ona vodiysi landshaft tuzilmasiga sezilarli ta'sir ko'rsatayotganligini ko'rsatadi. Urban hududlarning kengayishi tabiiy va qishloq xo'jalik landshaftlarining transformatsiyasiga olib kelib, yer resurslaridan foydalanish intensivligini oshirmoqda. 2016–2025 yillar davomida Farg'ona vodiysida urbanizatsiya jarayonlari yuqori sur'atlarda kechgan bo'lib, urban hududlarning 27 ming gektardan ortiq maydonga kengayishi hududning yer qoplami tarkibida muhim o'zgarishlarni yuzaga keltirgan. Ushbu natijalar kelgusida hududiy rejalashtirish, yer resurslarini muhofaza qilish va barqaror urban rivojlanishni ta'minlash bo'yicha qarorlar qabul qilishda muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

XULOSA. Mazkur tadqiqotda masofadan zondlash ma'lumotlari va geoinformatsion tizimlar (GAT) texnologiyalari asosida Farg'ona vodiysida urbanizatsiya jarayonlari hamda shahar hududlarining 2016–2025 yillar oralig'idagi fazoviy kengayishi tahlil qilindi. Landsat va Sentinel sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari asosida amalga oshirilgan geofazoviy tahlillar urban hududlarning rivojlanish dinamikasi va yer qoplamasidagi o'zgarishlarni aniqlash imkonini berdi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, 2016–2025 yillar davomida Farg'ona vodiysida urban hududlar jami **27 138 gektarga** kengayganligi aniqlandi. Urban kengayishning eng katta ulushi Namangan viloyatiga to'g'ri kelib, u umumiy o'sishning 46 foizini tashkil etdi. Farg'ona va Andijon viloyatlarida ham urban hududlarning sezilarli darajada ortishi kuzatildi. Urbanizatsiya jarayonlari asosan Namangan, Andijon, Farg'ona, Marg'ilon, Qo'qon, Asaka va Shahrixon shaharlari hamda ularning atrofidagi

hududlarda intensiv kechganligi aniqlandi. Yer qoplami o‘zgarishlari tahlili urban hududlarning kengayishi birinchi navbatda qishloq xo‘jaligi yerlarining qisqarishi hisobiga yuz berayotganligini ko‘rsatdi. Shuningdek, ayrim hududlarda daraxt va butazorlar maydonlarining qisqarishi hamda ochiq yer maydonlarining urban foydalanishga o‘tishi kuzatildi. Bu holat urbanizatsiya jarayonlarining hudud landshaftlari va yer resurslaridan foydalanish tizimiga sezilarli ta’sir ko‘rsatayotganligini tasdiqlaydi. Tadqiqot davomida masofadan zondlash ma’lumotlari va GAT texnologiyalarining urban hududlarni monitoring qilishdagi yuqori samaradorligi namoyon bo‘ldi. Ko‘p vaqtli sun’iy yo‘ldosh tasvirlari urban o‘sish dinamikasini tezkor va ishonchli baholash, yer qoplami transformatsiyasini aniqlash hamda hududiy rivojlanish tendensiyalarini tahlil qilish imkonini berdi. Olingan natijalar Farg‘ona vodiysida urbanizatsiya jarayonlari kelgusida ham davom etishini ko‘rsatmoqda. Shu sababli urban rivojlanishni boshqarishda yer resurslaridan oqilona foydalanish, qishloq xo‘jaligi yerlarini muhofaza qilish, yashil hududlarni saqlab qolish va zamonaviy geofazoviy monitoring tizimlarini amaliyotga joriy etish muhim ahamiyat kasb etadi. Tadqiqot natijalari hududiy rejalashtirish, yer resurslarini boshqarish, shaharsozlik siyosatini takomillashtirish hamda Farg‘ona vodiysining barqaror ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishini ta’minlashga qaratilgan ilmiy-amaliy qarorlarni ishlab chiqishda foydalanilishi mumkin. Bundan tashqari, mazkur yondashuv O‘zbekistonning boshqa urbanizatsiya jarayonlari faol kechayotgan hududlarida ham qo‘llanishi mumkin bo‘lgan samarali geofazoviy monitoring metodologiyasini taklif etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] J. S. Ibarra-Bonilla, F. Villarreal-Guerrero, J. A. Prieto-Amparán, E. Santellano-Estrada, and A. Pinedo-Alvarez, “Characterizing the impact of Land-Use/Land-Cover changes on a Temperate Forest using the Markov model,” *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, vol. 24, pp. 1013–1022, 2021, doi: 10.1016/j.ejrs.2021.11.004.

[2] P. Lynch, L. Blesius, and E. Hines, “Classification of Urban Area Using Multispectral Indices for Urban Planning,” *Remote Sensing*, vol. 12, no. 15, p. 2503, Aug. 2020, doi: 10.3390/rs12152503.

[3] P. Ettehadi, S. Kaya, E. Sertel, and U. Alganci, “Improved Urban Land Cover / Use Mapping Using Sentinel-2a,” vol. 1, no. November, pp. 296–301, 2019.

[4] L. Inostroza and J. H. Tábbita, “Informal Urban Development in the Greater Buenos Aires Area: A Quantitative-Spatial Assessment Based On Households’ Physical Features Using GIS and Principal Component Analysis,” *Procedia Engineering*, vol. 161, no. 0, pp. 2138–2146, 2016, doi: 10.1016/j.proeng.2016.08.806.

[5] M.-R. Rujoiu-Mare and B.-A. Mihai, “Mapping Land Cover Using Remote Sensing Data and GIS Techniques: A Case Study of Prahova Subcarpathians,” *Procedia Environmental Sciences*, vol. 32, pp. 244–255, 2016, doi: 10.1016/j.proenv.2016.03.029.

[6] E. Schmidt and M. Kedir, “Urbanization and Spatial Connectivity in Ethiopia: Urban Growth Analysis Using GIS,” *ESSP II Working Paper*, vol. 3, 2009, [Online]. Available: http://essp.ifpri.info/publications/

[7] P. K. Soni, N. Rajpal, R. Mehta, and V. K. Mishra, “Urban land cover

and land use classification using multispectral sentinal-2 imagery," *Multimedia Tools and Applications*, 2021, doi: 10.1007/s11042-021-10991-0.

[8] S. S. Aljenaid, G. R. Kadhem, M. F. Alkhuzaei, and J. B. Alam, "Detecting and Assessing the Spatio - Temporal Land Use Land Cover Changes of Bahrain Island During 1986 – 2020 Using Remote Sensing and GIS," *Earth Systems and Environment*, 2022, doi: 10.1007/s41748-022-00315-z.

[9] Z. Hassan *et al.*, "Dynamics of land use and land cover change (LULCC) using geospatial techniques: a case study of Islamabad Pakistan," *SpringerPlus*, vol. 5, no. 1, p. 812, Dec. 2016, doi: 10.1186/s40064-016-2414-z.

[10] I. Aslanov *et al.*, "Remote Sensing for Land Use Monitoring in the Suburban Areas of Tashkent, Uzbekistan," in *XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022,"* vol. 575, A. Beskopylny, M. Shamtsyan, and V. Artiukh, Eds., in Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 575. , Cham: Springer International Publishing, 2023, pp. 1899–1907. doi: 10.1007/978-3-031-21219-2_211.

[11]A. Khamraliev, Z. Mamatkulov, I. Musaev, B. Saipova, R. Oymatov, and N. Mirjalolov, "Soil Salinity Monitoring in Irrigated Areas of Rishtan District of Ferghana Valley, Uzbekistan," presented at the E3S Web of Conferences, 2023. doi: 10.1051/e3sconf/202338601010.

[12] A. Babajanov, R. Abdiramanov, I. Abdurahmanov, and U. Islomov, "Advantages of formation non-agricultural land allocation projects based on GIS technologies," presented at the E3S Web of Conferences, 2021. doi: 10.1051/e3sconf/202122705001.

[13] S. O. Dekolo and L. Oduwaye, "GIS in Urban and Regional Planning Samuel Dekolo and Leke Oguwaye," no. September, 2005, doi: 10.13140/2.1.1613.2482.

[14] R. sensing, L. cover Change, U. Areas, and C. Detection, "Remote Sensing-Based Urban Land Use/Land Cover Change Detection and Monitoring," *Journal of Remote Sensing & GIS*, vol. 06, no. 02, 2017, doi: 10.4172/2469-4134.1000196.

[15] K. Khakimova, I. Musaev, and A. Khamraliev, "Basics of Atlas Mapping Optimization in the Fergana Valley," *E3S Web Conf.*, vol. 227, p. 02003, 2021, doi: 10.1051/e3sconf/202122702003.

[16] K. Khakimova, B. Abdukhalilov, L. Qosimov, A. Abdusalomov, and S. Yokubov, "Application of GIS technologies for improving the content of the tourist map of Fergana province, Uzbekistan," *E3S Web Conf.*, vol. 386, p. 04003, 2023, doi: 10.1051/e3sconf/202338604003.

[17] I. Musaev, K. Khakimova, M. Nuretdinova, Y. Ganiyev, and J. Ibragimov, "Up-to-the-date practices of geodetic measurements for build-up area expansion: a case study from Uzbekistan," *E3S Web of Conf.*, vol. 389, p. 03058, 2023, doi: 10.1051/e3sconf/202338903058.

[18] D. K. Ghosh, A. C. H. Mandal, R. Majumder, P. Patra, and G. S. Bhunia, "Analysis for Mapping of Built-Up Area Using Remotely Sensed Indices – A Case Study of Rajarhat Block in Barasat Sadar Sub-Division in West Bengal (India)," *Journal of Landscape Ecology*, vol. 11, no. 2, pp. 67–76, Nov. 2018, doi: 10.2478/jlecol-2018-0007.

UDK: 314:004.9:528.9(575.1)

DEMOGRAFIK JARAYONLARNI GEOGRAFIK AXBOROT TIZIMLARI (GAT) TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA TAHLIL QILISH (SAMARQAND VILOYATI MISOLIDA)

Ilhomjon Aslanov *- "TIQXMMI" Millliy Tadqiqot universiteti*
Shodiqul Ochilov *- O'zbekiston Milliy universiteti*
Zoirjon Abdurahmonov *- "TIQXMMI" Millliy Tadqiqot universiteti*

Abstrakt. Ushbu maqolada Samarqand viloyatida demografik jarayonlarning hududiy va vaqt bo'yicha o'zgarishlari geografik axborot tizimlari (GAT) texnologiyalari yordamida tahlil qilingan. Tadqiqot davomida 2016–2025-yillarga oid aholi soni, aholi zichligi, urbanizatsiya darajasi hamda aholi joylashuvining hududiy xususiyatlariga doir statistik ma'lumotlardan foydalanildi. Demografik ko'rsatkichlar GIS muhitida raqamlashtirilib, kartografik vizualizatsiya, fazoviy tahlil va taqqoslash usullari orqali baholandi. Natijalar Samarqand viloyatida aholi sonining barqaror o'sishi, urban hududlarning kengayishi va ayrim tumanlarda aholi zichligining sezilarli darajada ortganligini ko'rsatdi. Shuningdek, demografik jarayonlarning hududlar kesimida notekis taqsimlanganligi ham aniqlandi. GAT texnologiyalarining qo'llanilishi demografik ma'lumotlarni samarali boshqarish, ularning hududiy qonuniyatlarini aniqlash va hududlarni ijtimoiy-iqtisodiy rivojlantirish bo'yicha qarorlar qabul qilishda muhim ahamiyat kasb etishi asoslandi. Tadqiqot natijalari hududiy rejalashtirish, urbanizatsiya jarayonlarini boshqarish va demografik rivojlanishni monitoring qilishda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: geografik axborot tizimlari (GAT), demografik jarayonlar, aholi soni, aholi zichligi, urbanizatsiya, fazoviy tahlil, kartografiya, Samarqand viloyati.

Kirish. Dunyo miqyosida aholi sonining o'sishi, urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi va migratsiya oqimlarining kuchayishi demografik jarayonlarni chuqur o'rganishni taqozo etmoqda. Demografik ko'rsatkichlar hududlarning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishi, infratuzilma ta'minoti, mehnat resurslari shakllanishi va tabiiy resurslardan foydalanish jarayonlariga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli aholi soni, zichligi, joylashuvi va urbanizatsiya darajasidagi o'zgarishlarni zamonaviy texnologiyalar yordamida monitoring qilish va tahlil etish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi[1], [2]. O'zbekistonda so'nggi yillarda demografik o'sish sur'atlari yuqori bo'lib, mamlakat aholisi muntazam ravishda ortib bormoqda. Bu jarayon ayniqsa iqtisodiy va madaniy markazlardan biri hisoblangan Samarqand viloyatida yaqqol namoyon bo'lmoqda. Viloyatda tabiiy ko'payishning yuqori darajasi, ichki migratsiya jarayonlari va urbanizatsiyaning jadallashuvi aholi sonining sezilarli o'sishiga sabab bo'lmoqda. Natijada uy-joy qurilishi, transport, kommunal xizmatlar, ta'lim va sog'liqni saqlash infratuzilmasiga bo'lgan talab ortib bormoqda. Samarqand viloyati O'zbekistonning aholi eng zich joylashgan hududlaridan biri hisoblanadi. Viloyatda aholi sonining o'sishi tumanlar kesimida bir xil kechmaydi[3], [4]. Jumladan, Samarqand shahri va unga tutash tumanlarda urbanizatsiya jarayonlari

kuchliroq kuzatilayotgan bo‘lsa, chekka hududlarda demografik o‘sish sur’atlari nisbatan pastroq bo‘lishi mumkin. Bunday hududiy tafovutlarni aniqlash va baholash uchun an’anaviy statistik tahlillar bilan bir qatorda fazoviy tahlil usullaridan foydalanish zarur hisoblanadi. Geografik axborot tizimlari (GAT) texnologiyalari demografik ma’lumotlarni yig‘ish, saqlash, qayta ishlash, vizualizatsiya qilish va fazoviy tahlil etishda keng qo‘llanilmoqda. Mazkur texnologiyalar yordamida aholi soni va zichligining hududiy taqsimlanishi, urban hududlarning kengayishi, aholi punktlari rivojlanishi hamda demografik jarayonlarning makon va vaqt bo‘yicha o‘zgarishlarini aniqlash imkoniyati yaratiladi. GAT texnologiyalarining asosiy afzalligi statistik ma’lumotlarni xaritalar bilan integratsiyalash va murakkab hududiy jarayonlarni vizual tarzda namoyish etish imkoniyatiga ega ekanligidadir. Tahlillarga ko‘ra, Samarqand viloyatida 2016–2025-yillar davomida aholi sonining izchil ortishi kuzatilgan. Ushbu davrda urban hududlarning maydoni kengayib, yangi turar-joy massivlari va infratuzilma obyektlari shakllangan. Yer qoplamidagi o‘zgarishlar tahlili natijalari urban hududlar ulushining ortib borayotganligini va ayrim qishloq xo‘jaligi yerlarining qurilish maydonlariga aylantirilayotganligini ko‘rsatadi[5], [6], [7], [8]. Bu esa demografik o‘sish va urbanizatsiya jarayonlari o‘rtasida uzviy bog‘liqlik mavjudligini tasdiqlaydi. Shu nuqtai nazardan, Samarqand viloyatida demografik jarayonlarni geografik axborot tizimlari texnologiyalari asosida o‘rganish, aholi soni va zichligining hududiy xususiyatlarini aniqlash, urbanizatsiya dinamikasini baholash hamda demografik rivojlanishning kelgusidagi tendensiyalarini prognoz qilish muhim ilmiy va amaliy vazifa hisoblanadi. Samarqand viloyatida demografik jarayonlarning hududiy va vaqt bo‘yicha o‘zgarishlarini geografik axborot tizimlari texnologiyalari yordamida tahlil qilish hamda aholi soni, aholi zichligi va urbanizatsiya jarayonlarining fazoviy qonuniyatlarini aniqlashdan iborat.

Tadqiqot hududi va ma’lumotlar

Tadqiqot obyekti sifatida Samarqand viloyati tanlandi. Samarqand viloyati O‘zbekiston Respublikasining markaziy qismida joylashgan bo‘lib, mamlakatning eng yirik va iqtisodiy jihatdan rivojlangan hududlaridan biri hisoblanadi. Viloyat shimolda va g‘arbda Navoiy viloyati, sharqda Jizzax viloyati, janubda Qashqadaryo viloyati hamda janubi-sharqda Tojikiston bilan chegaradosh. Viloyatning ma’muriy markazi Samarqand shahri hisoblanadi. Samarqand viloyati hududi taxminan 16,8 ming km² maydonni egallaydi. Hududning geografik o‘rni, qulay tabiiy-iqlim sharoiti, transport-kommunikatsiya tarmoqlarining rivojlanganligi hamda iqtisodiy faollikning yuqoriligi aholining zich joylashuviga va urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuviga xizmat qilmoqda[9], [10]. Viloyatda shahar va qishloq aholi punktlari keng tarqalgan bo‘lib, demografik jarayonlar hududlar kesimida turlicha namoyon bo‘ladi. So‘nggi yillarda viloyatda aholi sonining o‘sishi, yangi turar-joy massivlarining barpo etilishi va urban hududlarning kengayishi kuzatilmoqda. Ushbu jarayonlar yer qoplami tarkibida ham sezilarli o‘zgarishlarni yuzaga keltirib, qishloq xo‘jaligi yerlarining ayrim qismlarida urban hududlar maydonining ortishiga olib kelmoqda. Shu sababli Samarqand viloyati demografik va urbanizatsiya

jarayonlarini GIS texnologiyalari asosida o‘rganish uchun qulay tadqiqot hududi hisoblanadi.

Ma’lumotlar. Mazkur tadqiqotda demografik jarayonlarni tahlil qilish uchun statistik, kartografik va masofadan zondlash ma’lumotlaridan foydalanildi. Tadqiqotning asosiy ma’lumotlar bazasi 2016–2025-yillar oralig‘idagi demografik va geofazoviy ma’lumotlardan shakllantirildi[11], [12].

Tadqiqotda foydalanilgan ma’lumotlar quyidagilardan iborat:

Demografik ma’lumotlar

Samarqand viloyati va tumanlari kesimidagi aholi soni;

Aholi zichligi ko‘rsatkichlari;

Shahar va qishloq aholisi ulushi;

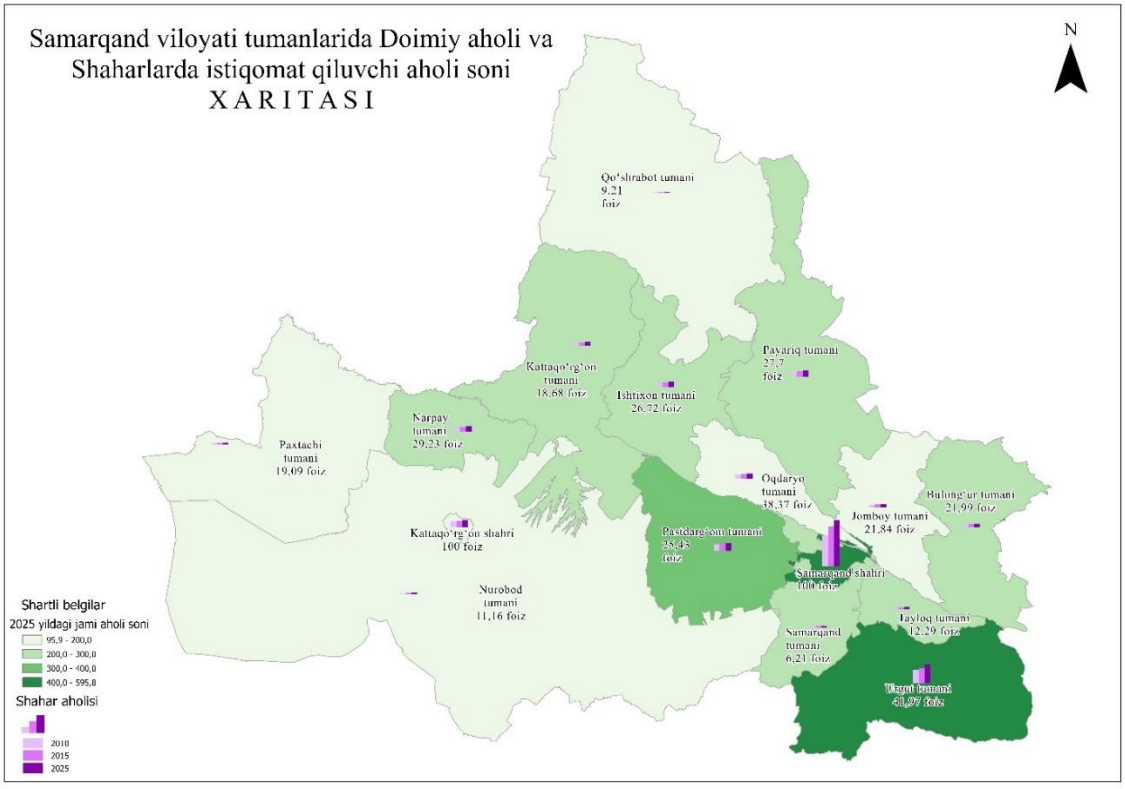
Tabiiy ko‘payish va migratsiya ko‘rsatkichlari.

Mazkur ma’lumotlar O‘zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo‘mitasi hamda viloyat statistika boshqarmasi ma’lumotlari asosida shakllantirildi.

Natija. Geografik axborot tizimlari (GAT) texnologiyalari asosida Samarqand viloyatining demografik ko‘rsatkichlari tumanlar kesimida tahlil qilindi. Tahlil natijalari aholi soni, urbanizatsiya darajasi, aholi zichligi hamda 2040-yilgacha bo‘lgan demografik o‘zgarishlar prognozini baholash imkonini berdi.

Aholi soni va hududiy taqsimlanish tahlili

2025-yil ma’lumotlariga ko‘ra, Samarqand viloyatida jami aholi soni 4,3 million kishidan ortiqni tashkil etadi. Aholining hududiy taqsimlanishi notekis bo‘lib, eng ko‘p aholi Samarqand shahri (595,8 ming kishi) va Urgut tumanida (572,6 ming kishi) istiqomat qiladi. Shuningdek, Pastdarg‘om (392,1 ming kishi), Kattaqo‘rg‘on tumani (299,8 ming kishi), Ishtixon (282,2 ming kishi), Samarqand tumani (278,6 ming kishi) va Payariq (279,8 ming kishi) aholisi soni bo‘yicha yuqori ko‘rsatkichlarga ega (1-rasm).

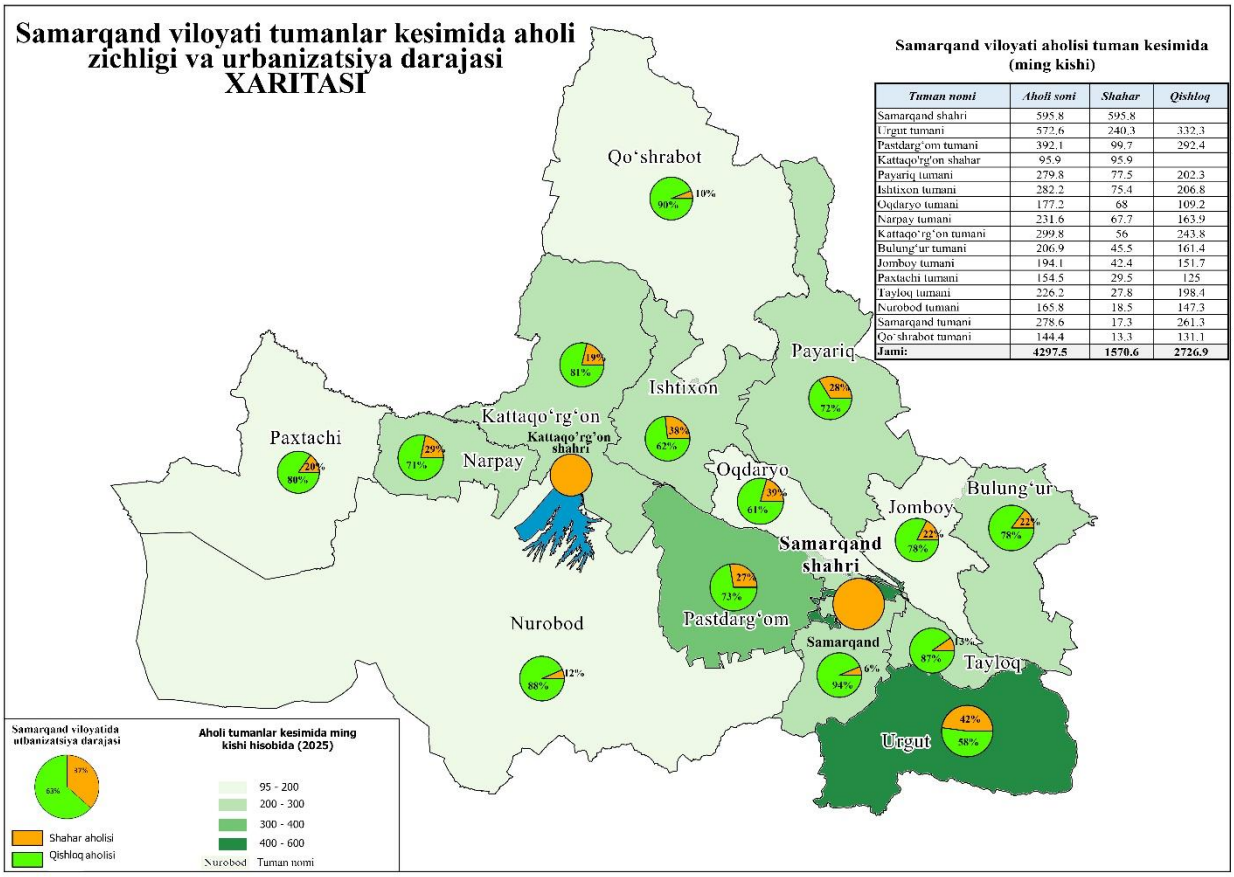


1- Rasm Tumanlarda va shaharda yashash bo’yicha tahlil.

Aholi sonining eng past ko‘rsatkichlari esa Qo‘shrabot (144,4 ming kishi), Paxtachi (154,5 ming kishi) va Nurobod (165,8 ming kishi) tumanlarida kuzatilgan. Ushbu holat hududlarning tabiiy-geografik sharoiti, iqtisodiy rivojlanish darajasi hamda urban markazlarga yaqinligi bilan izohlanadi.

Urbanizatsiya darajasining hududiy xususiyatlari

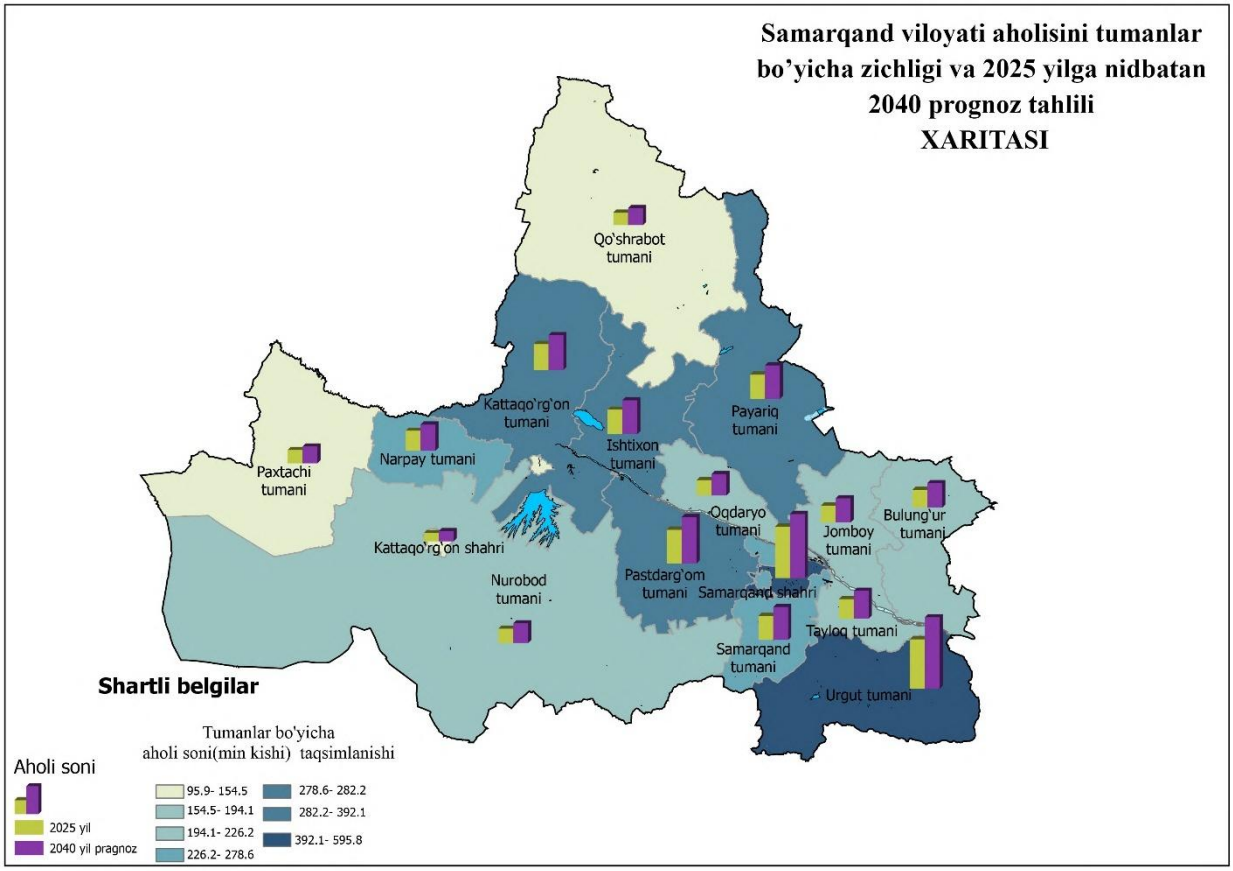
Urbanizatsiya darajasi bo‘yicha Samarqand shahri va Kattaqo‘rg‘on shahri mutlaq yetakchi hisoblanadi. Ushbu hududlarda shahar aholisi ulushi 100 foizni tashkil etadi. Tumanlar orasida eng yuqori urbanizatsiya darajasi Urgut tumanida kuzatilib, shahar aholisi ulushi 42 foizga yetadi. Oqdaryo tumanida bu ko‘rsatkich 38 foiz, Ishtixon tumanida 38 foiz va Payariq tumanida 28 foizni tashkil etadi (2-rasm).



2-Rasm Tumanlar kesimida urbanizatsiya drajasi.

Aksincha, Samarqand tumani (6%), Qo‘shrabot tumani (10%), Nurobod tumani (12%) va Tayloq tumani (13%) urbanizatsiya darajasi nisbatan past hududlar hisoblanadi. Viloyat bo‘yicha umumiy urbanizatsiya darajasi 37 foizni, qishloq aholisi ulushi esa 63 foizni tashkil etmoqda. Bu Samarqand viloyatida qishloq aholisining salmog‘i hali ham yuqori ekanligini ko‘rsatadi.

Aholi zichligi xaritasi tahliliga ko‘ra, Samarqand shahri va unga tutash Samarqand, Pastdarg‘om, Oqdaryo hamda Urgut tumanlarida aholi zichligi yuqori darajada shakllangan. Mazkur hududlarda transport infratuzilmasining rivojlanganligi, iqtisodiy faollikning yuqoriligi va ish o‘rinlarining ko‘pligi aholi konsentratsiyasining ortishiga sabab bo‘lgan. Qo‘shrabot, Nurobod va Paxtachi tumanlarida esa aholi zichligi nisbatan past bo‘lib, bu hududlarning katta qismi tog‘oldi va cho‘l landshaftlari bilan tavsiflanadi.



3-Rasm. 2040-yilgacha bo‘lgan demografik prognoz

GIS texnologiyalari yordamida ishlab chiqilgan prognoz natijalariga ko‘ra, 2040-yilga kelib Samarqand viloyatining barcha tumanlarida aholi sonining o‘sishi kutilmoqda. Eng katta mutlaq o‘sish Urgut, Samarqand shahri, Pastdarg‘om, Payariq va Samarqand tumanlarida kuzatilishi prognoz qilinmoqda (3-rasm). Prognoz xaritasida 2040-yilda aholi sonining o‘sishi ayniqsa Samarqand shahri aglomeratsiyasi hududlarida yuqori bo‘lishi ko‘rsatilgan. Bu esa urban hududlarning yanada kengayishi, yangi turar-joy massivlari qurilishi va infratuzilmaga bo‘lgan talabning ortishiga olib kelishi mumkin. Tahlillar natijasida Samarqand shahri va unga tutash tumanlar kelgusida viloyatning asosiy demografik rivojlanish markazi bo‘lib qolishi, chekka tumanlarda esa aholi o‘sish sur’atlari nisbatan pastroq bo‘lishi aniqlandi.

Muhokama. Olingan natijalar Samarqand viloyatida demografik rivojlanish va urbanizatsiya jarayonlari o‘rtasida kuchli bog‘liqlik mavjudligini ko‘rsatdi. Aholi sonining ortishi urban hududlarning kengayishiga, yer qoplami tarkibining o‘zgarishiga va infratuzilmaviy yuklamaning oshishiga sabab bo‘lmoqda. GIS texnologiyalari esa ushbu jarayonlarni fazoviy jihatdan baholash, muammoli hududlarni aniqlash va kelgusidagi rivojlanish ssenariylarini ishlab chiqishda samarali vosita ekanligi isbotlandi. Tadqiqot natijalari hududiy rejalashtirish, urban rivojlanishni boshqarish, transport va ijtimoiy infratuzilmani joylashtirish hamda demografik siyosatni shakllantirishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Keyingi tadqiqotlarda migratsiya jarayonlari, iqtisodiy omillar va masofadan zondlash ma’lumotlarini integratsiyalash orqali yanada aniq prognoz modellari ishlab chiqish maqsadga muvofiqdir.

Xulosa. Mazkur tadqiqotda Samarqand viloyatida demografik jarayonlar geografik axborot tizimlari (GAT) texnologiyalari yordamida tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari aholi soni, aholi zichligi va urbanizatsiya darajasining hududlar bo‘yicha sezilarli farqlanishini ko‘rsatdi. GIS texnologiyalaridan foydalanish demografik ma’lumotlarni fazoviy jihatdan tahlil qilish, ularni xaritalashtirish hamda hududiy rivojlanish tendensiyalarini aniqlash imkonini berdi. Tahlillar natijasida 2025-yilda Samarqand viloyatida aholi soni 4,3 million kishidan oshgani va aholi joylashuvi notekis taqsimlanganligi aniqlandi. Eng yirik demografik markazlar sifatida Samarqand shahri, Urgut, Pastdarg‘om va Payariq tumanlari ajralib turadi. Aholi sonining yuqoriligi ushbu hududlarda iqtisodiy faoliyat, transport aloqalari va urbanizatsiya jarayonlarining jadallashganligi bilan izohlanadi. Urbanizatsiya darajasi tahlili viloyat aholisi tarkibida qishloq aholisi ulushi (63%) shahar aholisiga (37%) nisbatan yuqori ekanligini ko‘rsatdi. Biroq Samarqand shahri, Kattaqo‘rg‘on shahri va Urgut tumanida urbanizatsiya jarayonlari boshqa hududlarga nisbatan ancha faol kechayotgani kuzatildi. Bu esa kelgusida ushbu hududlarda yer resurslaridan foydalanish, uy-joy qurilishi va infratuzilma rivojlanishini yanada takomillashtirish zaruratini yuzaga keltiradi. 2040-yil uchun amalga oshirilgan prognoz natijalari viloyatning barcha hududlarida aholi sonining o‘sishi davom etishini ko‘rsatdi. Ayniqsa Samarqand shahri aglomeratsiyasi va unga tutash tumanlarda demografik bosimning ortishi kutilmoqda. Bu holat transport tizimi, ijtimoiy xizmatlar, muhandislik-kommunikatsiya tarmoqlari hamda hududiy rejalashtirish jarayonlariga yangi talablarni qo‘yadi. Tadqiqot natijalari GAT texnologiyalarining demografik jarayonlarni monitoring qilish, hududiy tafovutlarni aniqlash va kelajakdagi rivojlanish tendensiyalarini prognozlashdagi samaradorligini tasdiqladi. Shuningdek, GIS asosida yaratilgan tematik xaritalar hududlarni kompleks rivojlantirish, urbanizatsiya jarayonlarini boshqarish va demografik siyosatni shakllantirishda muhim axborot manbai bo‘lib xizmat qilishi mumkin. Samarqand viloyatida demografik jarayonlarning hududiy xususiyatlarini o‘rganishda geografik axborot tizimlari texnologiyalaridan foydalanish ilmiy va amaliy jihatdan yuqori samaradorlikka ega bo‘lib, hududiy rejalashtirish hamda barqaror rivojlanishni ta’minlash uchun muhim vosita hisoblanadi.

Foydalangan adabiyotlar

[1] S. Abdurakhmonov, D. Berdiyev, Sh. Gulov, S. Hazatqulov, and M. Bozorov, “Application of GIS technologies in the methods of geodetic work in the mapping of demographic processes,” *E3S Web Conf.*, vol. 386, p. 04004, 2023, doi: 10.1051/e3sconf/202338604004.

[2] A. Inamov, S. Sattorov, A. Dadabayev, and A. Narziyev, “Geoportal visualization of state cadastre objects: (a case study from Uzbekistan),” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1068, no. 1, p. 012016, Jul. 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1068/1/012016.

[3] P. Lynch, L. Blesius, and E. Hines, “Classification of Urban Area Using Multispectral Indices for Urban Planning,” *Remote Sens.*, vol. 12, no. 15, p. 2503, Aug. 2020, doi: 10.3390/rs12152503.

[4] B.-E. Dolean *et al.*, “Evaluation of the Built-Up Area Dynamics in the First Ring of Cluj-Napoca Metropolitan Area, Romania

by Semi-Automatic GIS Analysis of Landsat Satellite Images," *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 21, p. 7722, Oct. 2020, doi: 10.3390/app10217722.

[5] U. Mukhtorov, S. Gapparov, Z. Djumaev, A. Utaev, S. Olloniyozov, and E. Karimov, "Assessment of land reclamation status using remote sensing and GIS in territory of Pakhtakor district of Uzbekistan," *E3S Web Conf.*, vol. 401, p. 02002, 2023, doi: 10.1051/e3sconf/202340102002.

[6] Z. Mamatkulov, J. Rashidov, G. Eshchanova, M. Berdiev, and Z. Abdurakhmonov, "Visualization and analysing the state of hydrotechnical construction via geospatial methods (on the example of Kharshi pumping stations cascade)," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 614, no. 1, p. 012086, Dec. 2020, doi: 10.1088/1755-1315/614/1/012086.

[7] M. Batty, M. Dodge, B. Jiang, and A. Smith, "GIS and Urban Design," *Cent. Adv. Spat. Anal. CASA*, no. October 2014, p. 31, 1998.

[8] M. van Maarseveen, J. Martinez, J. Flacke, M. van Maarseveen, J. Martinez, and J. Flacke, *GIS in Sustainable Urban Planning and Management*. 2019. doi: 10.1201/9781315146638-1.

[9] Y. Lu and K. Cao, "Spatial Analysis of Big Data Industrial Agglomeration and Development in China," *Sustainability*, vol. 11, no. 6, p. 1783, Mar. 2019, doi: 10.3390/su11061783.

[10] A. Siddiqui, A. Siddiqui, S. Maithani, A. K. Jha, P. Kumar, and S. K. Srivastav, "Urban growth dynamics of an Indian metropolitan using CA Markov and Logistic Regression," *Egypt. J. Remote Sens. Space Sci.*, vol. 21, no. 3, pp. 229–236, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.ejrs.2017.11.006.

[11] S. O. Dekolo and L. Oduwaye, "GIS in Urban and Regional Planning Samuel Dekolo and Leke Oguwaye," no. September, 2005, doi: 10.13140/2.1.1613.2482.

[12] A. Heppenstall, A. Crooks, N. Malleson, E. Manley, J. Ge, and M. Batty, "Future Developments in Geographical Agent-Based Models: Challenges and Opportunities," *Geogr. Anal.*, p. gean.12267, Dec. 2020, doi: 10.1111/gean.12267.

UDK: 528.8:631.459:332.3(575.1)

KATTAQO‘RG‘ON TUMANIDA YER DEGRADATSIYASI JARAYONLARINI NDVI, SI VA BSI INDEKSLARI ASOSIDA VAQT BO‘YICHA BAHOLASH (2015–2025)

Rustam Oymatov *- "TIQXMMI" MTU, "Geodeziya va Geoinformatika" kafedrasi dotsenti.*

Otajon Shavkatboyev *– "TIQXMMI" MTU, "Geodeziya va Geoinformatika" yo‘nalishi magistranti*

Annotatsiya. *Ushbu tadqiqotda Kattaqo‘rg‘on tumanida 2015–2025 yillar oralig‘ida yer degradatsiyasi jarayonlari masofadan zondlash ma’lumotlari asosida baholandi. Tahlil uchun Sentinel turkumidagi sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), SI (Salinity Index) va BSI (Bare Soil Index) indekslari hisoblandi hamda ularning vaqt bo‘yicha o‘zgarishlari o‘rganildi. Indekslar orqali hududdagi vegetatsiya qoplami holati, tuproq sho‘rlanishi va ochiq yer maydonlarining dinamikasi tahlil qilindi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, 2015–2025 yillar davomida ayrim hududlarda vegetatsiya qoplami yaxshilangan bo‘lsa, ayrim maydonlarda sho‘rlanish va ochiq tuproq zonalari saqlanib qolgan.*

NDVI qiymatlarining ayrim zonalarda ortishi o‘simlik qoplamining tiklanishini ko‘rsatsa, SI indeksining yuqori bo‘lgan uchastkalari sho‘rlanish jarayonlarining davom etayotganini bildiradi. BSI indeksidagi o‘zgarishlar esa ochiq tuproq maydonlarining hududlar kesimida turlicha dinamikaga ega ekanini ko‘rsatdi. Ushbu indekslar asosida tuzilgan umumiy degradatsiya xaritasi Kattaqo‘rg‘on tumanida yer resurslarining ekologik holatini kompleks baholash imkonini berdi. Tadqiqot natijalari hududda yer degradatsiyasini monitoring qilish, meliorativ chora-tadbirlarni rejalashtirish va barqaror yer boshqaruvini yo‘lga qo‘yishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: *masofadan zondlash, NDVI, SI, BSI, yer degradatsiyasi, Sentinel, GIS, Kattaqo‘rg‘on tumani.*

Аннотация. *В данном исследовании процессы деградации земель в Катайкурганском районе за период 2015–2025 годов были оценены на основе данных дистанционного зондирования. Для анализа были использованы индексы NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), SI (Salinity Index) и BSI (Bare Soil Index), рассчитанные по спутниковым изображениям Sentinel. На основе этих индексов исследованы изменения растительного покрова, засоления почв и площадей оголённой поверхности во времени. Результаты показали, что в 2015–2025 годах в отдельных частях района наблюдается улучшение растительного покрова, тогда как в некоторых зонах сохраняются процессы засоления и оголения почвы. Рост значений NDVI в ряде участков указывает на частичное восстановление растительности, а высокие значения SI отражают продолжающиеся процессы засоления. Изменения BSI показали пространственно неоднородную динамику открытых почвенных поверхностей. Составленная на основе этих индексов интегральная карта деградации позволила комплексно оценить экологическое состояние земельных ресурсов Катайкурганского района. Результаты исследования имеют важное научно-практическое значение для мониторинга деградации земель, планирования мелиоративных мероприятий и обеспечения устойчивого управления земельными ресурсами.*

Ключевые слова: *дистанционное зондирование, NDVI, SI, BSI, деградация земель, Sentinel, GIS, Катайкурганский район.*

Abstract. *This study assesses land degradation processes in the Kattakurgan district during 2015–2025 using remote sensing data. The analysis was carried out based on NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), SI (Salinity Index), and BSI (Bare Soil Index) derived from Sentinel satellite imagery. These indices were used to evaluate temporal changes in vegetation cover, soil salinity, and bare soil distribution across the study area. The results indicate that vegetation conditions improved in some parts of the district, while salinity and exposed soil areas persisted in several zones. Increasing NDVI values in certain areas suggest partial vegetation recovery, whereas high SI values reflect ongoing salinity processes. Changes in BSI reveal that bare soil dynamics varied spatially across the district. An integrated land*

degradation map produced from these indices enabled a comprehensive assessment of the ecological condition of land resources in the Kattakurgan district. The findings confirm the effectiveness of remote sensing techniques for monitoring land degradation and provide an important scientific and practical basis for land management, reclamation planning, and sustainable agricultural development.

Keywords: *remote sensing, NDVI, SI, BSI, land degradation, Sentinel, GIS, Kattakurgan district.*

Kirish. Yer degradatsiyasi bugungi kunda global miqyosdagi dolzarb ekologik va ijtimoiy-iqtisodiy muammolardan biri hisoblanadi. Ushbu jarayon tuproq unumdorligining pasayishi, o‘simlik qoplamining siyraklashuvi, tuproq sho‘rlanishining kuchayishi hamda yalang‘och yer maydonlarining kengayishi orqali namoyon bo‘ladi. Ayniqsa, sug‘oriladigan dehqonchilik rivojlangan hududlarda yer resurslarining noto‘g‘ri boshqarilishi, suv taqchilligi, drenaj tizimlarining yetarlicha samarali ishlamasligi va iqlim omillari degradatsiya jarayonlarini kuchaytiradi [7].

Masofadan zondlash texnologiyalari yer yuzasida sodir bo‘layotgan o‘zgarishlarni muntazam va tezkor kuzatish imkonini beradi. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida hisoblanadigan spektral indekslar orqali vegetatsiya holati, tuproq sho‘rlanishi, namlik va ochiq yer maydonlari aniqlanadi. Shu jihatdan NDVI, SI va BSI indekslari yer degradatsiyasini baholashda eng ko‘p qo‘llaniladigan ko‘rsatkichlar qatoriga kiradi [5,6].

NDVI o‘simlik qoplamining zichligi va holatini ifodalaydi. Ushbu indeksning yuqori qiymatlari vegetatsiya yaxshi rivojlangan hududlarga, past qiymatlari esa o‘simlik qoplami siyrak yoki umuman mavjud bo‘lmagan maydonlarga mos keladi. SI indeksi tuproq sho‘rlanish darajasini baholashda muhim bo‘lib, ayniqsa irrigatsion hududlarda meliorativ holatni tahlil qilishda samarali hisoblanadi. BSI esa ochiq va ochiq yer yuzalarini aniqlashga xizmat qiladi hamda degradatsiyaga uchragan hududlarni xaritalashda muhim vosita bo‘lib xizmat qiladi [1,2].

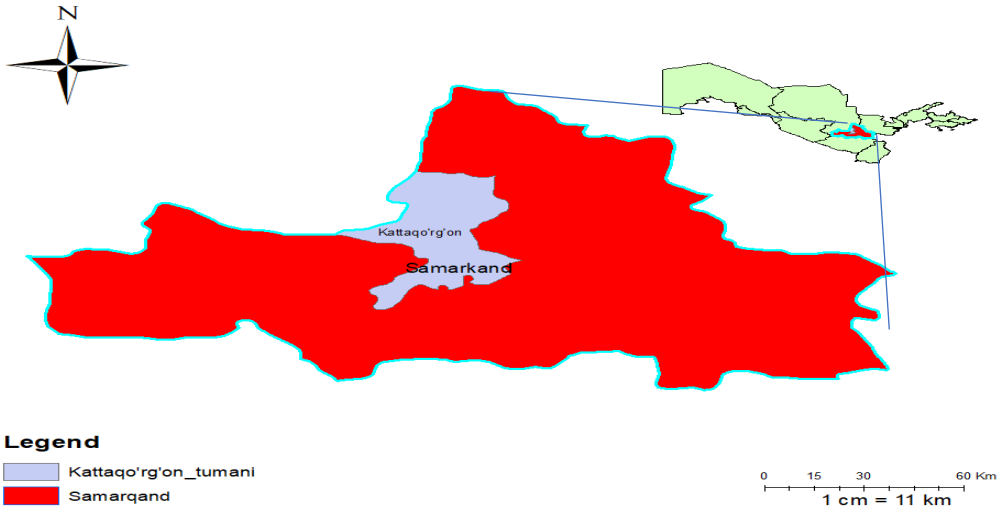
Kattaqo‘rg‘on tumani Samarqand viloyatining qishloq xo‘jaligiga ixtisoslashgan muhim hududlaridan biri bo‘lib, bu yerda sug‘oriladigan maydonlarning katta ulushi mavjud. Hududda suv resurslaridan foydalanish, meliorativ holat, tuproq sho‘rlanishi va vegetatsiya qoplamining mavsumiy o‘zgarishlari yer degradatsiyasining shakllanishiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Shu bois mazkur hududda yer holatini uzoq muddatli monitoring qilish dolzarb ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi [9].

Ushbu tadqiqotning maqsadi Kattaqo‘rg‘on tumanida 2015, 2020 va 2025 yillarda NDVI, SI va BSI indekslari asosida yer degradatsiyasi jarayonlarini tahlil qilish, ularning vaqt bo‘yicha dinamikasini aniqlash va umumiy degradatsiya xaritasini sharhlashdan iborat.

Metodologiya

Tadqiqot hududi. Kattaqo‘rg‘on tumani Samarqand viloyatining markaziy qismida joylashgan bo‘lib, asosan sug‘oriladigan qishloq xo‘jaligi yerlari bilan tavsiflanadi. Hududning tabiiy-geografik sharoiti yarim quruq iqlim, tekislik va past-balandliklardan iborat relyef hamda sho‘rlanishga moyil tuproqlar bilan ajralib turadi. Tumanda paxta, g‘alla, beda, makkajo‘xori va boshqa qishloq xo‘jaligi ekinlari yetishtiriladi.

Sug‘orish tarmoqlari va kollektor-drenaj tizimlarining holati hudud ekologik barqarorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi.



1-rasm tadqiqot hudud

Hududda yoz oylarida yuqori harorat va bug‘lanish darajasining ortishi, qishda esa yog‘in miqdorining cheklanganligi tuproq namligi va vegetatsiya holatiga bevosita ta’sir qiladi. Natijada ayrim maydonlarda ochiq tuproq yuzalari kengayadi, sho‘rlanish kuchayadi va bu holat degradatsiya jarayonlarining faollashuviga sabab bo‘ladi.

Ma’lumotlar manbai va dastlabki ishlov

Tadqiqotda 2015, 2020 va 2025 yillarga oid sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida spektral indekslar hisoblandi. Tasvirlar bulutlilik darajasi past bo‘lgan vegetatsiya davriga mos muddatlardan tanlab olindi. Dastlabki ishlov berish jarayonida tasvirlar filtrlash, kerakli hudud bo‘yicha kesish va indekslarni hisoblash bosqichlaridan o‘tkazildi. Olingan natijalar GIS muhitida kartografik tahlil qilindi va taqqoslandi [5,6].

Tadqiqotda qo‘llangan indekslar

Yer degradatsiyasini kompleks baholash uchun quyidagi uchta asosiy indeksdan foydalanildi:

NDVI — vegetatsiya holatini baholash indeksi [1,2].

NDVI yashil biomassa va vegetatsiya zichligini aniqlash uchun ishlatiladi. Indeks qiymatining yuqori bo‘lishi o‘simlik qoplamining yaxshi rivojlanganini, past bo‘lishi esa vegetatsiya sust yoki yo‘qligini ko‘rsatadi.

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \qquad \textbf{(1)}$$

SI — sho‘rlanish indeks [3,8].

SI tuproq yuzasidagi tuz miqdori va sho‘rlanishga moyil maydonlarni aniqlash uchun qo‘llanadi. Yuqori qiymatlar tuproq sho‘rlanishi nisbatan kuchli bo‘lgan hududlarga mos keladi.

$$SI = \frac{Red}{NIR}$$

$$BSI = \frac{(SWIR + Red) - (NIR + Blue)}{(SWIR + Red) + (NIR + Blue)} \qquad (2)$$

yoki amaliy hisoblash usuliga qarab boshqa modifikatsiyalarda ham ifodalanishi mumkin.

BSI — ochiq yer indeksi [4]

BSI ochiq yer yuzalarini ajratish va degradatsiyaga uchragan ochiq maydonlarni aniqlashda ishlatiladi.

$$BSI = \frac{(SWIR + Red) - (NIR + Blue)}{(SWIR + Red) + (NIR + Blue)}$$

(3)

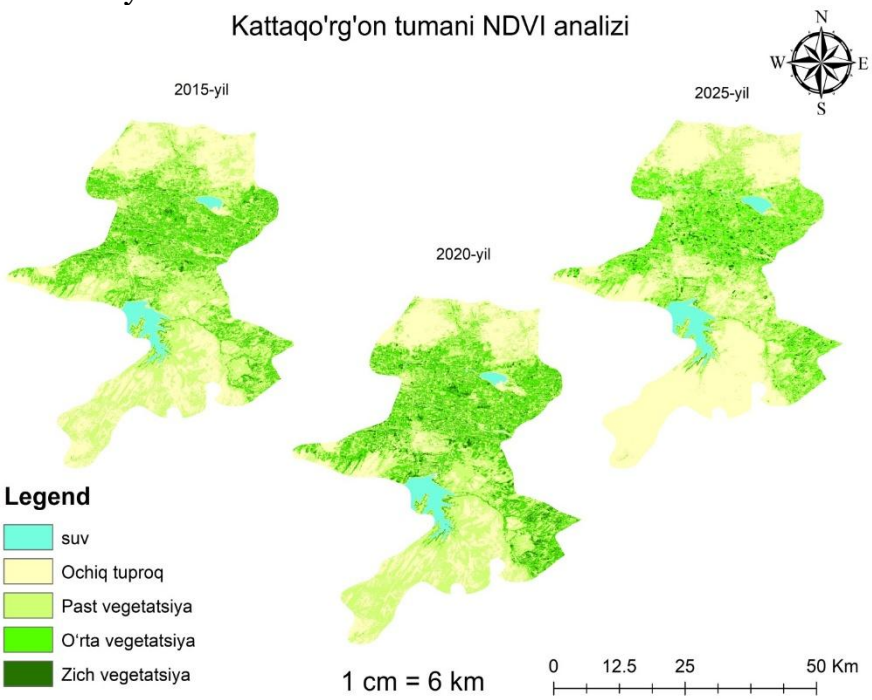
Ushbu indekslar birgalikda qo‘llanganda vegetatsiya qoplami, sho‘rlanish va ochiq tuproq

maydonlarini kompleks baholash imkonini beradi.

Natijalar va tahlil

NDVI indeksining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi. 2015, 2020 va 2025 yillarda tuzilgan NDVI xaritalari Kattaqo‘rg‘on tumanida vegetatsiya qoplamining hududiy va vaqt bo‘yicha sezilarli o‘zgarishini ko‘rsatadi. 2015 yilgi xaritada ayrim hududlarda past NDVI qiymatlari kuzatilgan bo‘lib, bu o‘simlik qoplamining siyrakligi yoki dehqonchilik faoliyati sust bo‘lgan maydonlarni bildiradi. 2020 yilga kelib vegetatsiya holatida ayrim hududlarda yaxshilanish kuzatiladi, 2025 yilgi holatda esa yashil maydonlarning ayrim zonalarda kengaygani ko‘rinadi.

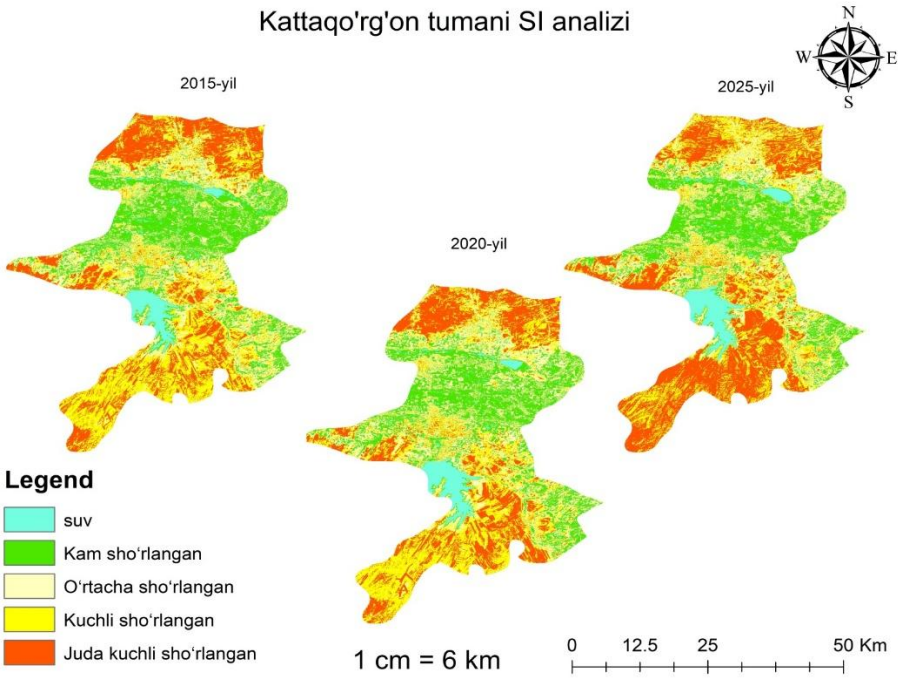
Bu holat sug‘orish rejimining nisbatan barqarorlashgani, ekin maydonlarining faol foydalanilgani yoki vegetatsiya sharoitining ayrim hududlarda yaxshilangani bilan izohlanishi mumkin. Shu bilan birga, ayrim zonalarda NDVI qiymatlarining pastligicha saqlanib qolishi yerlarning to‘liq tiklanmaganini yoki u yerda antropogen va tabiiy bosimlar saqlanib qolayotganini anglatadi.



2-rasm. Kattaqo‘rg‘on tumanida NDVI indeksining 2015, 2020 va 2025-yillardagi fazoviy taqsimlanishi

SI indeksining tahlili. SI xaritalari Kattaqo‘rg‘on tumanida sho‘rlanish jarayonlarining hududiy taqsimotini ko‘rsatadi. 2015 yilgi xaritada sho‘rlanish darajasi nisbatan yuqori bo‘lgan zonalar kengroq tarqalgan. 2020 yilga kelib ayrim uchastkalarda sho‘rlanish darajasi ortgani yoki saqlanib qolgani ko‘rinadi. 2025 yilgi holatda esa ba’zi maydonlarda sho‘rlanish intensivligi biroz pasaygan bo‘lsa-da, muammo to‘liq bartaraf etilmagan.

Xususan, suv ombori, sug‘orish tarmoqlari va drenaj ta’siridagi hududlarda SI qiymatlarining yuqoriligi tuproqdagi tuz to‘planishi jarayonlari bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Sho‘rlanishning saqlanib qolishi meliorativ tadbirlarning barcha maydonlarda bir xil natija bermaganini ko‘rsatadi. Demak, SI indeksi hududning meliorativ holatini baholashda muhim ko‘rsatkichlardan biri sifatida xizmat qiladi.

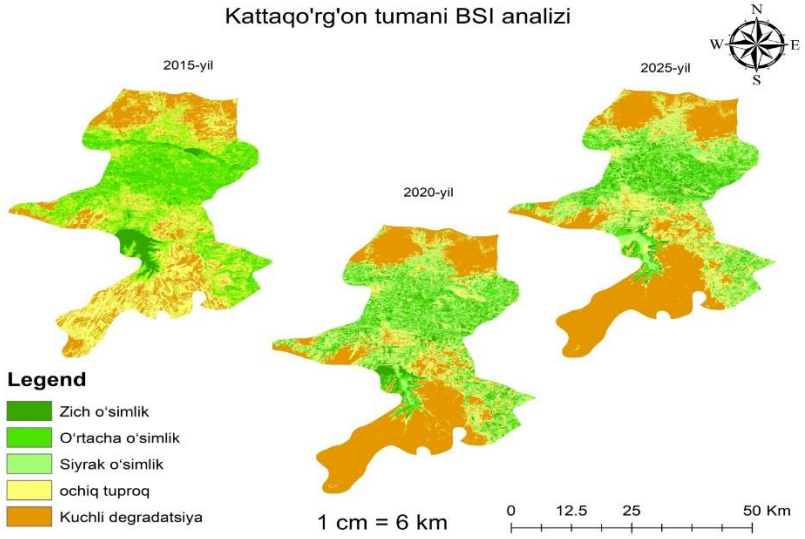


3-rasm. Kattaqo‘rg‘on tumanida SI indeksining 2015, 2020 va 2025-yillardagi taqsimlanishi

BSI indeksining tahlili

BSI xaritalari asosida Kattaqo‘rg‘on tumanida ochiq yer va ochiq yer maydonlarining taqsimoti aniqlandi. 2015 yilgi holatda ayrim hududlarda BSI qiymatlarining nisbatan yuqori bo‘lishi ochiq tuproq yuzalarining keng tarqalganini ko‘rsatadi. 2020 yilda bu maydonlarda ma’lum o‘zgarish kuzatilib, ayrim zonalarda ochiq yer maydoni ortgan bo‘lishi mumkin. 2025 yilga kelib esa ayrim hududlarda BSI qiymatlarining pasayishi vegetatsiya qoplamining qisman tiklanganini yoki yer yuzasining faol xo‘jalik foydalanishiga qaytganini anglatadi.

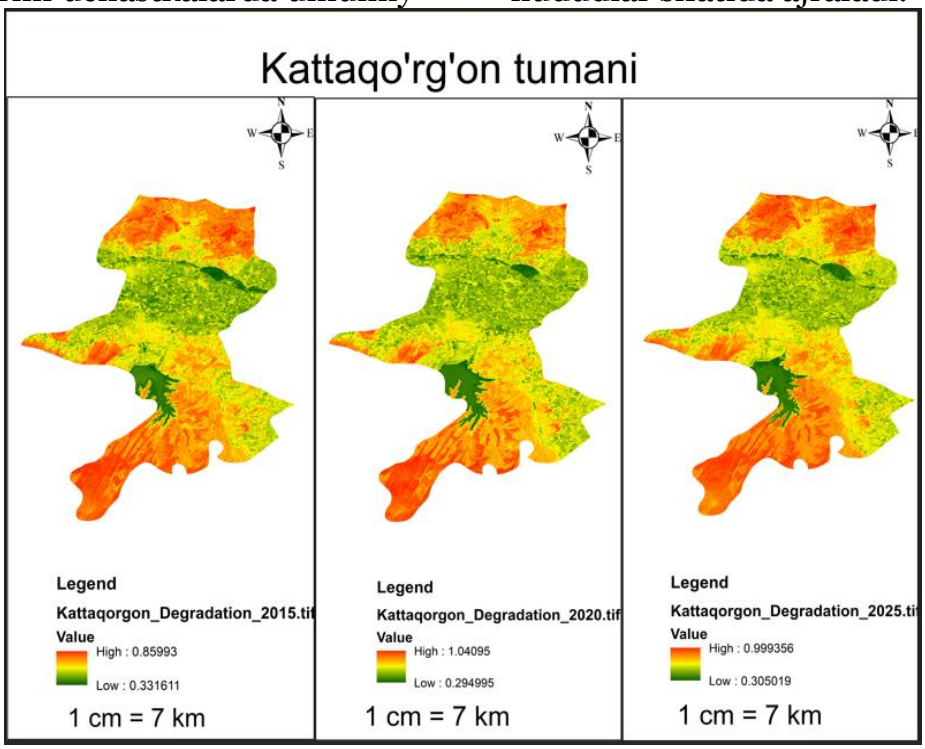
Shu bilan birga, BSI qiymatlari yuqori saqlanib qolgan maydonlar degradatsiyaga moyil hududlar sifatida ajralib turadi. Bunday zonalar odatda namlik yetishmovchiligi, sho‘rlanish, yerning vaqtincha foydalanilmasligi yoki vegetatsiya qoplamining zaifligi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin.



4-rasm. Kattaqo‘rg‘on tumanida BSI indeksining 2015, 2020 va 2025-yillardagi taqsimlanishi

Umumiy degradatsiya xaritasining tahlili. NDVI, SI va BSI indekslarini kompleks ravishda birlashtirish orqali tuzilgan umumiy degradatsiya xaritasi hududning ekologik holatini yaxlit baholash imkonini berdi. 2015 yilgi umumiy degradatsiya xaritasida degradatsiya darajasi yuqoriroq bo‘lgan maydonlar ko‘proq kuzatiladi. 2020 yilda ayrim zonalarda degradatsiya kuchaygan bo‘lsa, boshqa hududlarda nisbatan barqarorlashuv seziladi. 2025 yilga kelib esa ayrim uchastkalarda umumiy degradatsiya darajasining kamayish tendensiyasi kuzatiladi.

Bu natijalar hududda degradatsiya jarayonlari bir xil emasligini, balki tabiiy va xo‘jalik omillari ta’sirida turlicha namoyon bo‘lishini ko‘rsatadi. Umumiy degradatsiya xaritasi alohida indekslar orqali kuzatilgan jarayonlarni yagona tizimda talqin qilishga yordam beradi. Ayniqsa, vegetatsiya sust, sho‘rlanish yuqori va ochiq yer maydonlari ustun bo‘lgan zonalar eng muammoli hududlar sifatida ajraladi.



5-rasm. Kattaqo‘rg‘on tumanida umumiy degradatsiya holatining 2015, 2020 va 2025-yillardagi taqsimlanishi.

Muhokama. Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, Kattaqo‘rg‘on tumanida yer degradatsiyasi jarayonlari ko‘p omilli xarakterga ega. Vegetatsiya qoplamining ayrim hududlarda yaxshilanishi umumiy ekologik holat ijobiy tomonga o‘zgarayotganini ko‘rsatsa-da, sho‘rlanish va yalang‘och tuproq maydonlarining saqlanib qolishi degradatsiya xavfi hanuz mavjudligini bildiradi.

NDVI indeksining oshishi ko‘pincha qishloq xo‘jaligi yerlarining faol foydalanilishi, sug‘orishning yaxshilanishi yoki ekin almashinuvi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Biroq bu holat har doim ham tuproq sifatining to‘liq tiklanganini anglatmaydi. Chunki vegetatsiya mavjud bo‘lgan hududlarda ham sho‘rlanish yoki tuproqning fizik degradatsiyasi yashirin tarzda davom etishi mumkin.

SI indeksidagi yuqori qiymatlar irrigatsion hududlarda meliorativ tadbirlarni kuchaytirish zarurligini ko‘rsatadi. Ayniqsa, kollektor-drenaj tarmoqlarini yaxshilash, yer osti

suvlari sathini pasaytirish va suvdan oqilona foydalanish sho‘rlanishni kamaytirishda muhim ahamiyatga ega.

BSI indeksining fazoviy o‘zgaruvchanligi esa hududda yer yuzasi qoplamining notekisligini ko‘rsatadi. Bu ko‘rsatkich degradatsiyaning dastlabki belgilarini aniqlashda foydali bo‘lib, ayniqsa qishloq xo‘jaligidan vaqtincha chiqib qolgan yoki yaroqsizlanib borayotgan maydonlarni ajratishda muhimdir.

Xulosa. 2015–2025 yillar davomida Kattaqo‘rg‘on tumanida yer degradatsiyasi jarayonlarini NDVI, SI va BSI indekslari asosida baholash hudud ekologik holatini kompleks tahlil qilish imkonini berdi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, NDVI vegetatsiya qoplamining holatini aniqlashda samarali ko‘rsatkich bo‘lib, ayrim hududlarda o‘simlik qoplamining tiklanish tendensiyasi kuzatildi. SI indeksi sho‘rlanish darajasini aniqlashda muhim ahamiyat kasb etib, ayrim maydonlarda meliorativ muammolar saqlanib qolayotganini ko‘rsatdi. BSI ochiq yer maydonlarining tarqalishi hamda ularning vaqt bo‘yicha o‘zgarishini aniqlashda samarali natija berdi.

Indekslarni birgalikda qo‘llash asosida tuzilgan umumiy degradatsiya xaritasi hududdagi muammoli maydonlarni aniqlash, ularni ustuvor tartibda boshqarish va monitoring qilish uchun muhim ilmiy-amaliy asos yaratadi. Ushbu yondashuv kelgusida sug‘oriladigan hududlarda yer degradatsiyasini kamaytirish, meliorativ holatni yaxshilash va barqaror yer resurslari boshqaruvini tashkil etishda samarali vosita bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1) Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127–150.

2) Bannari, A., Morin, D., Bonn, F., & Huete, A. (1995). A review of vegetation indices. *Remote Sensing Reviews*, 13, 95–120.

3) Allbed, A., Kumar, L., & Sinha, P. (2014). Mapping and modeling spatial variation in soil salinity in the Al Hassa Oasis based on remote sensing indicators and regression techniques. *Remote Sensing*, 6(2), 1137–1157.

4) Rikimaru, A., Roy, P. S., & Miyatake, S. (2002). Tropical forest cover density mapping. *ITTO Workshop Proceedings*, 1, 1–8.

5) European Space Agency (ESA). (2015). *Sentinel-2 User Handbook*.

6) Gorelick, N. et al. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27.

7) FAO. (2020). *Land degradation assessment and sustainable land management guidelines*.

8) Qodirov, M. va boshq. (2021). O‘zbekiston sug‘oriladigan yerlarida sho‘rlanish jarayonlarining masofadan zondlash asosida baholanishi. *O‘zbekiston Geografiya Jurnali*, 3(24), 45–53.

Tilovov, A. (2020). Yer resurslaridan foydalanish va degradatsiyani baholashda GAT texnologiyalari. *Ekologiya va Tabiiy Resurslar Jurnali*, 2(15), 60–68.

UDK: 528.8:004.9:631.4

SIRDARYO VILOYATI QISHLOQ XO'JALIGI YERLARINI NDVI VA SAVI INDEKSLARI ASOSIDA BAHOLASH

Faxriddinova T.H., Shokirov Sh.S. *- Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti, Toshkent*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada Sirdaryo viloyati qishloq xo'jaligi yerlarini Landsat 8/9 OLI kosmik tasvirlari asosida NDVI va SAVI vegetatsiya indekslari yordamida baholash natijalari taqdim etiladi. ArcGIS 10.8 dasturida 2025-yil may oyidagi ma'lumotlar qayta ishlanib, vegetatsiya holati klasslarga ajratilgan hamda indekslar qiyosiy tahlil qilingan. SAVI indeksi siyrak vegetatsiyali hududlarda NDVI ga nisbatan 41,22 foiz punktga aniqroq natija berganligi aniqlandi.*

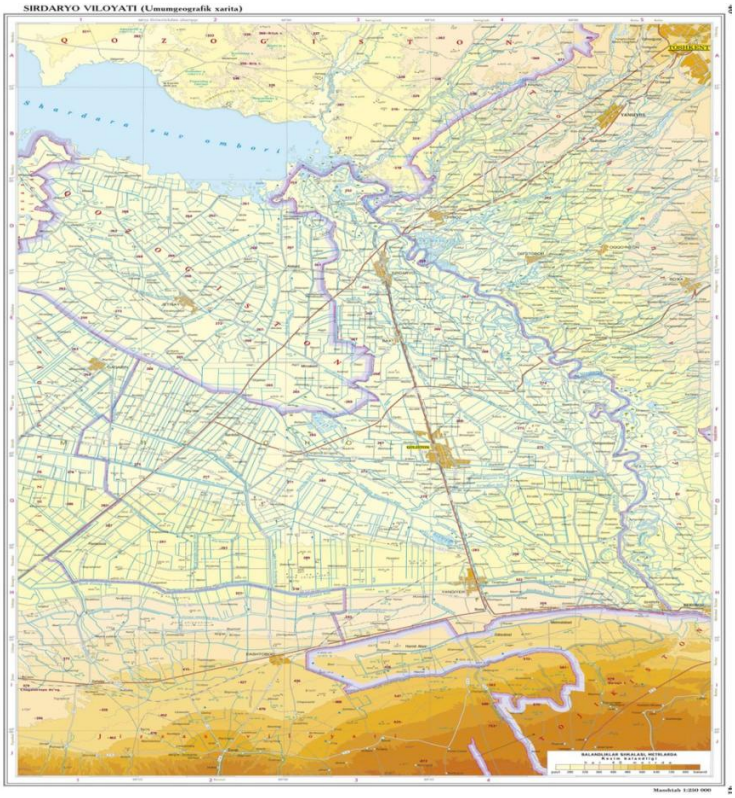
Kalit so'zlar: *GAT, NDVI, SAVI, Landsat, ArcGIS, vegetatsiya indeksi, qishloq xo'jaligi monitoringi, Sirdaryo.*

Kirish. Qishloq xo'jaligi yerlarini operativ monitoring qilishda kosmik masofadan zondlash ma'lumotlaridan foydalanish tobora keng tarqalmoqda. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) vegetatsiya holatini baholashda ko'p yillik metodologik asosga ega bo'lib, uning yaqin infraqizil va qizil diapazonlardagi spektral farqqa tayanishi o'simlik qoplamini samarali ajratish imkonini beradi [1].

Biroq ochiq tuproq ko'p bo'lgan hududlarda, jumladan arid sug'oriladigan dehqonchilik zonalarida, NDVI qiymatlari past bo'lib qoladi. SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index) ushbu muammoni L=0,5 tuproq tuzatish koeffitsienti orqali hal etadi, natijada siyrak vegetatsiyali maydonlarni aniqroq ajratadi [2]. Sirdaryo viloyati — O'zbekistonning muhim agrar hududi — bu ikki indeksni qiyosiy baholash uchun qulay poligon bo'lib xizmat qiladi.

Tadqiqotning maqsadi: 2025-yil may oyida Sirdaryo viloyati qishloq xo'jaligi yerlarining vegetatsiya holatini NDVI va SAVI asosida baholab, ikkala indeksning unumdorligini taqqoslash.

Tadqiqot hududu va metodika. Sirdaryo viloyati O'zbekistonning sharqiy qismida, Mirzacho'l tekisligida joylashgan bo'lib, umumiy maydoni 4,3 ming km² ni tashkil etadi. Viloyatda paxtachilik, g'allachilik, sabzavotchilik rivojlangan va yerlarning katta qismi sug'oriladigan. Keskin kontinental iqlim: yillik yog'in 200–300 mm, iyul oyida harorat +40°C ga yetadi.



1-rasm. Sirdaryo viloyatining umumgeografik xaritasi

Landsat 8/9 OLI kosmik tasvirlari (maydon: may 2025, bulutlilik < 5%) USGS EarthExplorer platformasidan yuklab olindi. Band 4 (qizil, 0,64–0,67 µm) va Band 5 (yaqin infraqizil, 0,85–0,88 µm) — 30 m fazoviy aniqlik. NDVI va SAVI ArcGIS 10.8 Spatial Analyst Raster Calculator orqali hisoblandi:

NDVI = (NIR − Red) / (NIR + Red)

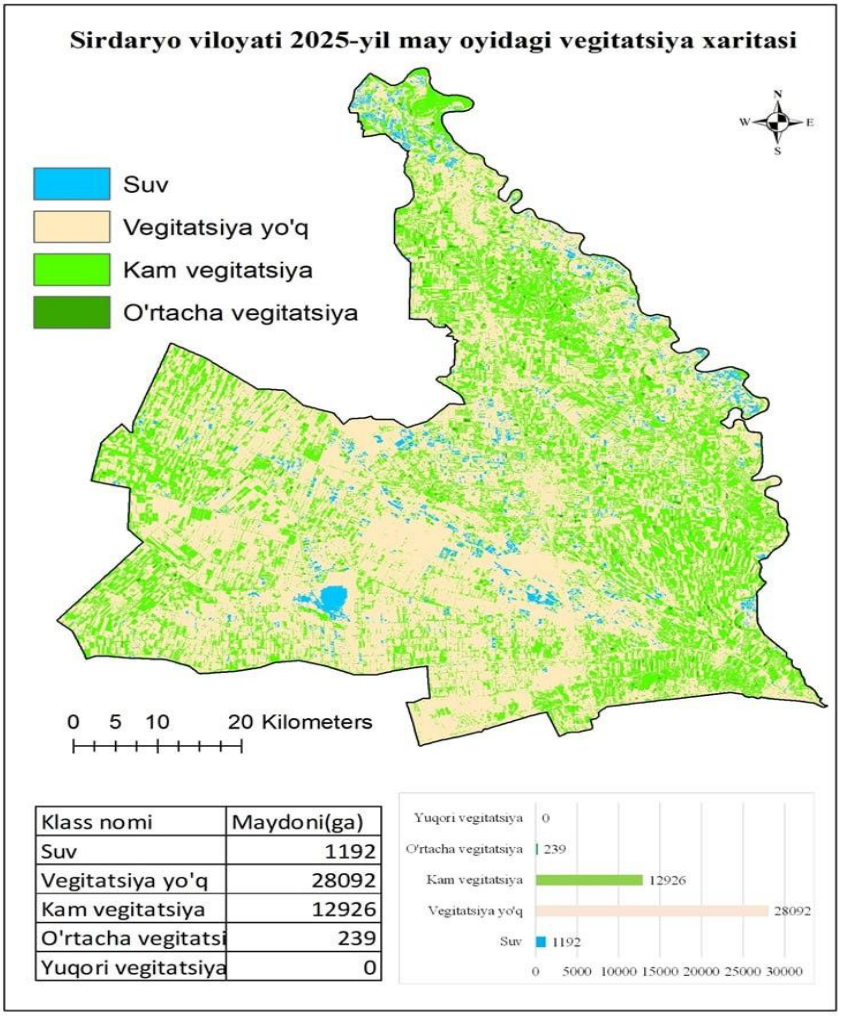
SAVI = ((NIR − Red) / (NIR + Red + L)) × (1 + L), L = 0,5

Reclassify vositasi orqali har bir rastr 5 klassga ajratildi (1-jadval, 2-jadval). Maydon statistikasi Excel eksporti orqali hisoblandi.

NDVI VA SAVI NATIJALARI. 2025-yil may oyidagi NDVI natijalari 1-jadvalda, SAVI natijalari esa 2-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.
Sirdaryo viloyatining NDVI asosidagi vegetatsiya klasslari (2025-yil may)

Klass	Klass nomi	Maydon (ga)	Ulushi (%)
1	Suv	1 192,12	2,81
2	Vegetatsiya yo'q	28 092,72	66,18
3	Kam vegetatsiya	12 926,54	30,45
4	O'rtacha vegetatsiya	239,23	0,56
5	Yuqori vegetatsiya	0,00	0,00
Jami	—	**42 450,61**	**100,00**

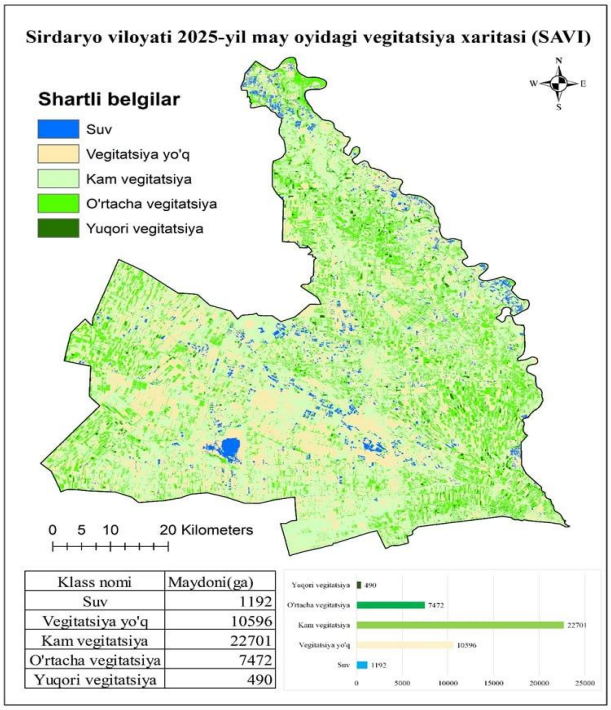


2-rasm. Sirdaryo viloyatining 2025-yil may oyidagi NDVI asosidagi vegetatsiya xaritasi

2-jadval.

Sirdaryo viloyatining SAVI asosidagi vegetatsiya klasslari (2025-yil may)

Klass	Klass nomi	Maydon (ga)	Ulushi (%)
1	Suv	1 192,12	2,81
2	Vegetatsiya yo'q	10 595,82	24,96
3	Kam vegetatsiya	22 700,57	53,48
4	O'rtacha vegetatsiya	7 471,66	17,60
5	Yuqori vegetatsiya	490,45	1,16
Jami	—	**42 450,61**	**100,00**



3-rasm. Sirdaryo viloyatining 2025-yil may oyidagi SAVI asosidagi vegetatsiya xaritasi

NDVI bo'yicha hududning 66,18% (28 092,72 ga) vegetatsiyasiz, 30,45% (12 926,54 ga) esa kam vegetatsiyali deb topildi. Yuqori vegetatsiya klassi aniqlanmadi. SAVI bo'yicha vegetatsiya yo'q hudud 24,96% (10 595,82 ga) ga kamayib, kam vegetatsiya 53,48% (22 700,57 ga), o'rtacha vegetatsiya 17,60% (7 471,66 ga), yuqori vegetatsiya esa 1,16% (490,45 ga) ni tashkil etdi.

Qiyosiy tahlil va muhokama. NDVI va SAVI natijalarining to'liq taqqoslanishi 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval.

NDVI va SAVI natijalarining qiyosiy tahlili (2025-yil may, Sirdaryo viloyati)

Klass nomi	NDVI, ga	SAVI, ga	Farq, ga	NDVI, %	SAVI, %
Suv	1 192,12	1 192,12	0,00	2,81	2,81
Vegetatsiya yo'q	28 092,72	10 595,82	−17 496,90	66,18	24,96
Kam vegetatsiya	12 926,54	22 700,57	+ 9 774,03	30,45	53,48
O'rtacha vegetatsiya	239,23	7 471,66	+7 232,43	0,56	17,60
Yuqori vegetatsiya	0,00	490,45	+ 490,45	0,00	1,16
Jami vegetatsiya	**13 165,77**	**30 662,67**	**+17 496,90**	**31,01**	**72,23**

3-jadval ko'rsatadiki, umumiy vegetatsiya mavjud maydon NDVI bo'yicha 13 165,77 ga (31,01%), SAVI bo'yicha esa 30 662,67 ga (72,23%) ni tashkil etdi. Ikki indeks o'rtasidagi farq 17 496,90 ga yoki 41,22 foiz punktni tashkil etadi. Bu natija may oyida ko'p dalalarda ekin qoplami hali to'liq yopilmaganligini — ochiq tuproq NDVI signalini susaytirganini — ko'rsatadi. SAVI L-koeffitsienti orqali tuproq ta'sirini bartaraf etib, siyrak ekin qoplamini aniqroq belgiladi.

Natijalar qishloq xo'jaligi monitoringi amaliyoti uchun muhim amaliy xulosa beradi: yilning birinchi yarmida (aprel–iyun), ekin qoplami siyrak bo'lgan davrda, Sirdaryo kabi sug'oriladigan hududlarda SAVI aniqroq vosita hisoblanadi. Kuzda esa, o'simlik qoplami to'liq yopilgandan so'ng, ikkala indeks o'xshash natija beradi [3, 5].

Xulosa

1. Sirdaryo viloyatining 2025-yil may oyidagi NDVI tahlili hududning 66,18% vegetatsiyasiz, 30,45% esa kam vegetatsiyali ekanligini ko'rsatdi.

2. SAVI indeksi vegetatsiya yo'q maydonni 24,96% gacha kamaytirdi, umumiy vegetatsiya mavjud maydonni esa NDVI ga nisbatan 41,22 foiz punktga ko'proq aniqladi.

3. May oyidagi siyrak ekin sharoitida SAVI Sirdaryo viloyati uchun aniqroq vegetatsiya monitorngi vositasi ekanligi empirik tarzda isbotlandi.

4. Olingan tematik xaritalar agrogeoma'lumotlar bazasini shakllantirish va qishloq xo'jaligi boshqaruvida qaror qabul qilish uchun muhim kartografik manba bo'lib xizmat qiladi.

Adabiyotlar

[1] Rouse J.W. et al. Monitoring the vernal advancement and retrogradation of natural vegetation. NASA/GSFC Final Report, 1974.

[2] Huete A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment, 1988. Vol. 25. pp. 295–309.

[3] Shokirov Sh.S., Musaev I.M., Akbarov M.S. Masofadan zondlash. Toshkent: IQTISOD-MOLIYA, 2015. 192 b.

[4] Cherepanov A.S. Vegetatsionnыe indeksы. Geomatika, 2011. No.2. pp. 98–102.

[5] Conrad C. et al. Derivation of temporal windows for accurate crop discrimination in Uzbekistan. Computers and Electronics in Agriculture, 2014. Vol. 103. pp. 63–74.

[6] USGS. Landsat Collection 2 Surface Reflectance. U.S. Geological Survey, 2026.

UDK: 528.8:633.51:528.9(575.1)

SEASONAL NDVI DYNAMICS AND SPATIAL MAPPING OF COTTON FIELDS IN SURKHANDARYA REGION USING SENTINEL-2 AND LANDSAT-8/9 SATELLITE DATA

Isanqulov O‘ktamjon O‘tkir o‘g‘li *- Department of Geodesy and Geoinformatics, TIIAME National Research University, Tashkent, Uzbekistan*

Shakirov Sh.S. *- Department of Geodesy and Geoinformatics, TIIAME National Research University*

Abstract. *The Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) remains the most widely applied spectral indicator in agricultural remote sensing. This paper presents a comprehensive, month-by-month NDVI analysis of cotton fields in Jarqo‘rg‘on district, Surkhandarya region, Uzbekistan, based on Sentinel-2 (10 m) and Landsat-8/9 (30 m)*

imagery for the full calendar year 2025. Monthly NDVI time-series were derived within the Google Earth Engine (GEE) cloud platform using cloud-masked median composites. Phenological stages—sowing, vegetative growth, flowering, boll formation, maturation, and post-harvest—are clearly resolved in the NDVI curves. Peak NDVI reached 0.565 (Sentinel-2, July) and 0.585 (Landsat-8/9, August), corresponding to the flowering and boll-formation stage of cotton. Spatial NDVI maps for the peak season classify cotton parcels into four vegetation quality classes. 'Very Good' and 'Good' classes account for 63.8% of the mapped area and are spatially concentrated along irrigation canal corridors. 'Poor'-class pixels (12.2%) coincide with salt-affected and peripherally irrigated zones. A sensor comparison reveals consistent inter-platform agreement (NDVI difference ≤0.031 in July), confirming the complementarity of both datasets for operational monitoring. The results provide a reproducible NDVI-based monitoring framework directly applicable to precision irrigation management and the national Digital Agriculture programme of Uzbekistan.

Keywords: *NDVI; Sentinel-2; Landsat-8/9; Cotton; Phenology; Google Earth Engine; Surkhandarya; Irrigation; Spectral Mapping; Vegetation Quality*

Introduction. The Normalised Difference Vegetation Index (NDVI), formulated as (NIR – Red) / (NIR + Red), is the most widely computed spectral index in vegetation remote sensing [1, 2]. Its conceptual simplicity, direct physical interpretation as a proxy for chlorophyll density and leaf area index (LAI), and compatibility with virtually all multispectral satellite sensors have made it a standard tool in crop monitoring worldwide. Despite the proliferation of more complex indices [6], NDVI retains unique value because of its long satellite archive and the broad body of empirical calibration literature that supports its interpretation in irrigated agricultural systems.

Surkhandarya region in southern Uzbekistan is one of the country's principal cotton-producing zones [9, 10]. The region's sharply continental climate—with summer temperatures regularly exceeding 38°C and negligible summer rainfall—makes irrigation-dependent cotton cultivation highly sensitive to water supply variability. Secondary soil salinisation, a legacy of intensive Soviet-era irrigation, further complicates crop condition monitoring. In this context, timely and spatially explicit NDVI mapping can directly inform irrigation scheduling, identify stress zones before yield losses materialise, and support agro-policy decisions.

This study has two primary objectives: (i) to construct complete monthly NDVI time-series for cotton parcels in Jarqo'rg'on district using both Sentinel-2 and Landsat-8/9 imagery, and (ii) to produce and interpret peak-season spatial NDVI maps that classify vegetation quality across the study area. The paper is structured as follows: Section 2 describes the study area and data; Section 3 details methodology; Section 4 presents results including time-series graphs and spatial maps; Section 5 provides discussion; Section 6 states conclusions.

Study area and data

Study Area. The study area is Jarqo'rg'on district within Surkhandarya region (approximately 37.5°N, 67.5°E), situated in the Amu Darya river basin at elevations of 340–420 m a.s.l. (Figure 1). Cotton is the

dominant summer crop, cultivated under furrow irrigation from March to October. Winter wheat is planted in October–November on the same parcels immediately after cotton harvest, creating a characteristic double-peak NDVI signature in the annual time-series.

Soils are predominantly alluvial meadow types with moderate to high salinity in low-lying areas. The district contains approximately 28,000 ha of irrigated agricultural land. Field parcel sizes range from 5 to 80 ha, well above the minimum mapping unit of Sentinel-2 (0.01 ha at 10 m resolution), ensuring reliable NDVI extraction without significant mixed-pixel effects.

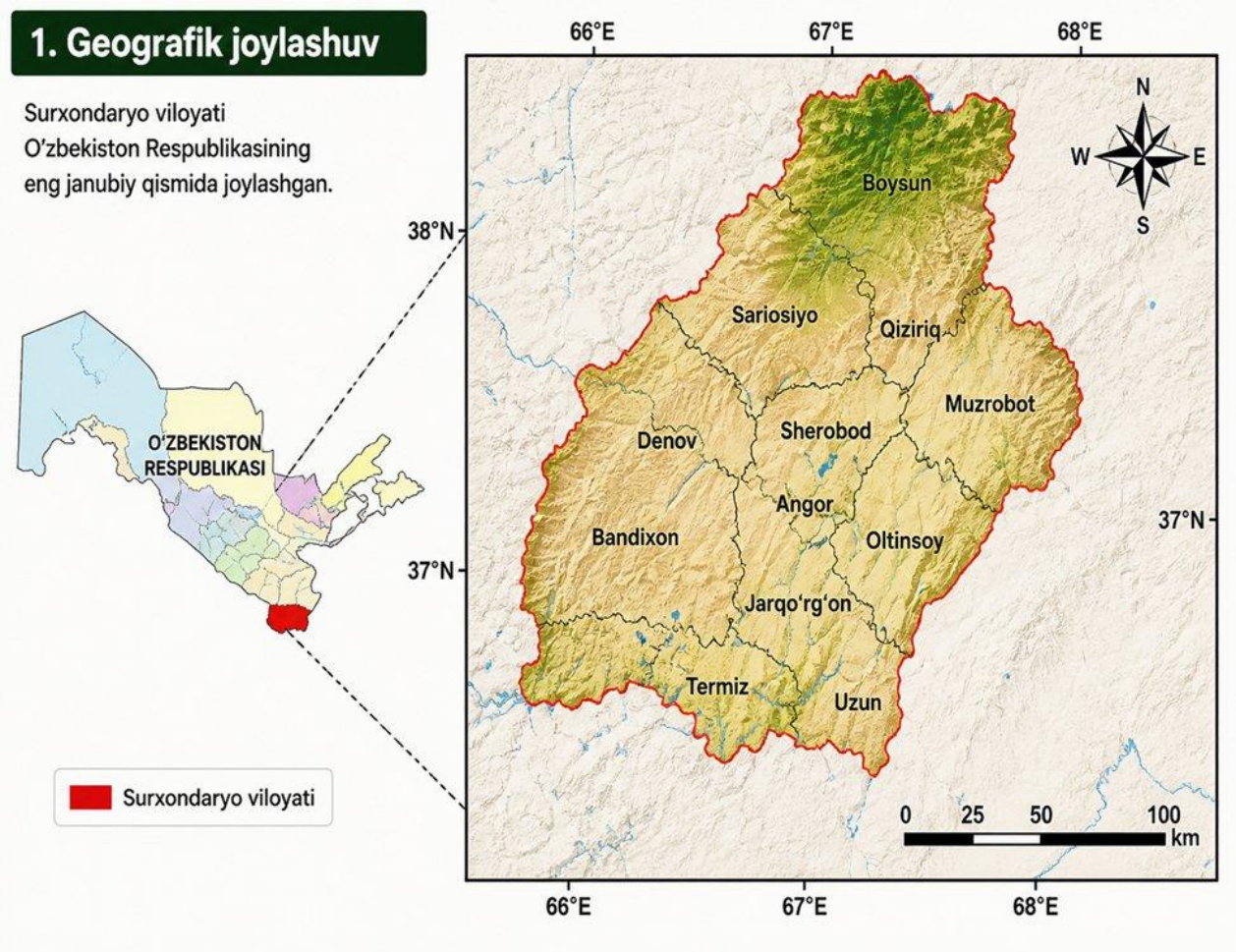


Figure 1. Geographic location of Surkhandarya region within Uzbekistan and the position of Jarqo'rg'on district within the region (66°–68°E, 37°–38°N).

Satellite Data. Two satellite datasets were used (Table 1). Sentinel-2 provides 10 m spatial resolution in the visible and near-infrared bands essential for NDVI computation (B4: Red, 665 nm; B8: NIR, 842 nm), with a 5-day revisit cycle [4]. Landsat-8/9 OLI offers a 30 m spatial resolution at 16-day revisit (B4: Red, 655 nm; B5: NIR, 865 nm), but provides a continuous archive since 1972, enabling historical trend analysis.

Table 1.

Satellite data characteristics used in this study

Parameter	Sentinel-2	Landsat-8/9
Bands for NDVI	B4 (Red, 665 nm), B8 (NIR, 842 nm)	B4 (Red, 655 nm), B5 (NIR, 865 nm)
Spatial resolution	10 m	30 m
Revisit period	5 days	16 days
Temporal coverage	Jan – Dec 2025	Jan – Dec 2025
Cloud masking	QA60 band (≤10%)	QA_PIXEL band (≤35%)
Composite method	Monthly median	Monthly median
Processing level	Level-2A Surface Reflectance	Surface Reflectance (SR)
Platform	Google Earth Engine	Google Earth Engine

Methodology

Data Pre-Processing in Google Earth Engine. All data acquisition and processing were performed within the GEE cloud computing platform [3]. For Sentinel-2, images with cloud cover ≤10% were selected from the 'COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED' collection. A pixel-level cloud mask was applied using the QA60 bitmask (bits 10 and 11 for opaque clouds and cirrus). Monthly median composites were then computed from all valid pixels in each calendar month, producing 12 cloud-free images per year.

For Landsat-8/9, the 'LANDSAT/LC08/C02/T1_L2' and 'LANDSAT/LC09/C02/T1_L2' collections were merged. The QA_PIXEL band was used to mask cloud, cloud shadow, snow, and saturated pixels. Surface reflectance values were rescaled by ×0.0000275 + (−0.2). Images with scene cloud cover >35% were excluded prior to compositing.

NDVI Calculation. NDVI was computed for each monthly composite using the standard formula:

$$\mathbf{NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)}$$

where NIR is the near-infrared reflectance and Red is the red-band reflectance. For Sentinel-2 this corresponds to B8 and B4 respectively; for Landsat-8/9, B5 and B4. NDVI values range theoretically from −1 to +1, with dense healthy vegetation typically yielding 0.5–0.9, sparse vegetation 0.1–0.4, bare soil near 0, and open water or salt-affected surfaces approaching or below 0 [1, 2].

Spatial Classification. Peak-season NDVI maps (July for Sentinel-2; August for Landsat) were classified into four vegetation quality classes based on field-verified thresholds (Table 2). Thresholds were calibrated against ground-truth observations from 42 field plots collected during July 2025.

Table 2.

Monthly mean NDVI values from Sentinel-2 for Jarqo‘rg‘on cotton fields (2025). ★ = peak value.

Class	NDVI Range	Field Interpretation	Area (Sentinel-2, %)
Very Good	≥0.50	Dense, well-irrigated cotton; maximum chlorophyll	38.2
Good	0.35 – 0.50	Healthy but moderately dense; adequate water supply	25.6
Moderate	0.20 – 0.35	Sparse or stressed vegetation; mild water or salt stress	24.0
Poor	<0.20	Very sparse; severe stress, salt-affected or bare soil	12.2

Results. Monthly NDVI Time-Series — Sentinel-2. Table 3 and Figure 2 present the monthly mean NDVI values extracted from Sentinel-2 monthly median composites for cotton ROIs throughout 2025.

Table 3.

Monthly mean NDVI values from Sentinel-2 for Jarqo‘rg‘on cotton fields (2025). ★ = peak value.

Month	NDVI	Phenological Stage
January	0.155	Dormant / bare soil; some residual crop stubble
February	0.118	Dormant; lowest annual value
March	0.115	Pre-sowing; soil preparation begins
April	0.119	Early emergence; young seedlings, strong soil background
May	0.176	Active vegetative growth commences
June	0.370	Rapid canopy development; full ground cover approaching
July	0.565 ★	Peak 1: Flowering and boll formation; maximum biomass
August	0.554	Post-flowering; boll filling; slight senescence onset
September	0.424	Progressive senescence; leaf drop begins
October	0.287	Late maturation; harvest in progress
November	0.139	Post-harvest; soil exposure; onset of wheat sowing
December	0.288	Secondary rise: winter wheat emergence

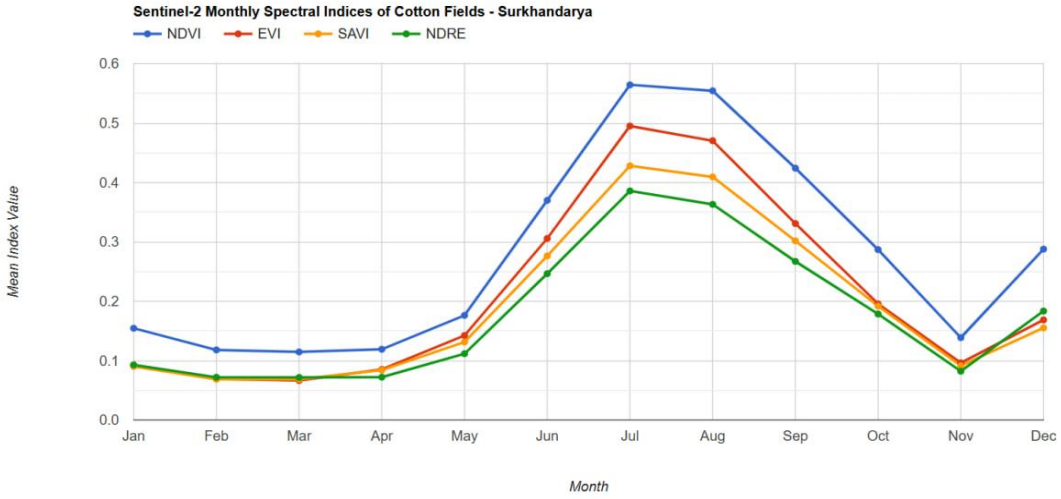


Figure 2. Monthly NDVI time-series for cotton fields, Jarqo'rg'on district — Sentinel-2 (2025). The graph also shows EVI [6], SAVI [7], and NDRE for reference; NDVI (blue) is the focus of this study.

The Sentinel-2 NDVI curve (Figure 2, blue line) displays a clear unimodal phenological pattern. NDVI remained below 0.20 from January through April, reflecting the dormant and pre-emergence period when the soil surface dominates the spectral signal. A pronounced inflection occurs in May (0.176) as cotton seedlings emerge and canopy cover expands. By June (0.370) the curve steepens sharply, reaching a maximum of 0.565 in July—corresponding to the flowering and early boll-formation stage of Gossypium hirsutum under the local agro-calendar.

From August onward, NDVI decreases progressively through senescence (September: 0.424) and harvest (October: 0.287), reaching an annual minimum in November (0.139). Notably, December shows a secondary NDVI rise to 0.288—substantially above the November minimum. This secondary peak is consistent with the emergence of the winter wheat crop planted immediately after cotton harvest, a standard rotation practice in Surkhandarya.

Monthly NDVI Time-Series — Landsat-8/9. Table 4 and Figure 3 present the equivalent Landsat-8/9 NDVI time-series. The inter-sensor comparison confirms the overall phenological trajectory but reveals two noteworthy differences.

Table 4.
Monthly NDVI comparison between Landsat-8/9 and Sentinel-2 for Jarqo'rg'on cotton fields (2025). ★ = Landsat peak.

Month	NDVI (Landsat)	NDVI (Sentinel-2)	Difference
January	0.192	0.155	+0.037
February	0.140	0.118	+0.022
March	0.138	0.115	+0.023
April	0.184	0.119	+0.065
May	0.217	0.176	+0.041
June	0.412	0.370	+0.042
July	0.555	0.565	−0.010

August	0.585	0.554	+0.031
September	0.470	0.424	+0.046
October	0.305	0.287	+0.018
November	0.162	0.139	+0.023
December	0.324	0.288	+0.036

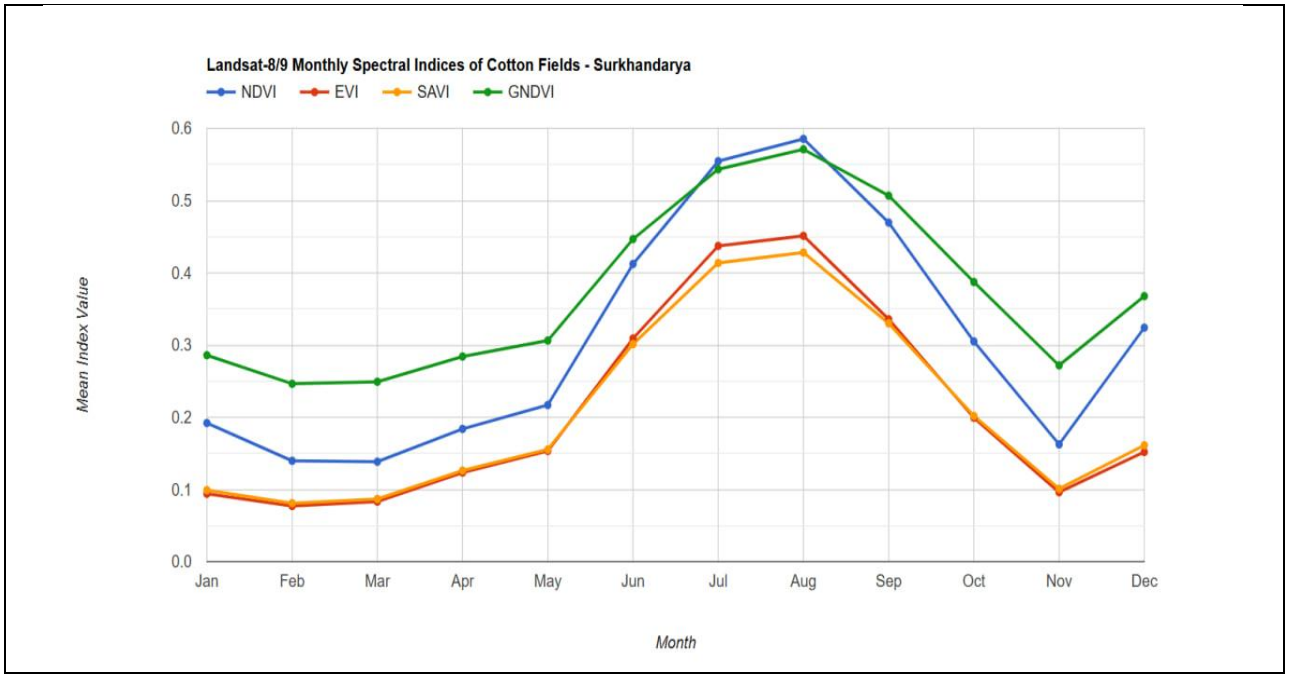


Figure 3. Monthly NDVI time-series for cotton fields, Jarqo'rg'on district — Landsat-8/9 (2025). NDVI shown as blue line.

Two systematic differences are evident. First, Landsat NDVI values are consistently higher than Sentinel-2 across most months (mean offset +0.030), attributable to the broader Landsat red band (655 nm, 30 nm bandwidth vs. Sentinel-2's 665 nm, 30 nm) capturing slightly less chlorophyll absorption, and to the coarser spatial resolution (30 m) including more mixed pixels with partial vegetation cover that may average to higher NIR/Red ratios.

Second, the Landsat peak occurs one month later (August: 0.585) compared to Sentinel-2 (July: 0.565). This temporal shift is explained by Landsat's 16-day revisit cycle: in a given July, cloud-contaminated scenes may reduce the number of valid observations for median compositing, causing the apparent peak to shift to August when more cloud-free imagery is available. Sentinel-2's 5-day revisit provides substantially denser temporal sampling, making it more reliable for detecting phenological extrema.

Spatial NDVI Maps and Vegetation Quality Classification. Figures 4 through 6 present spatial NDVI maps for Jarqo'rg'on district derived from Sentinel-2 at different phenological stages: early season (April), peak season (July), and post-harvest (October). Figure 7 shows the peak-season Landsat NDVI map for comparison.

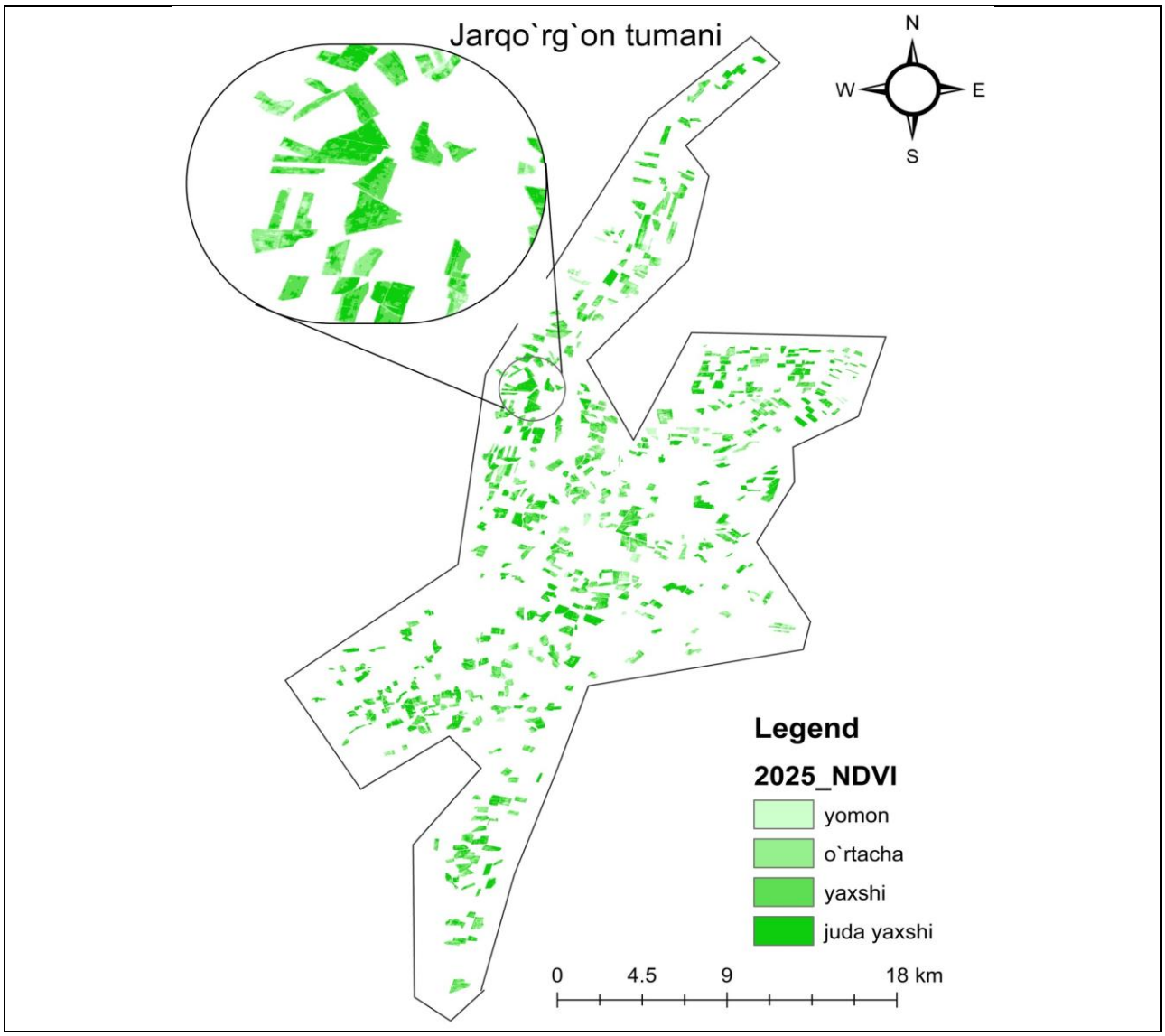


Figure 5. NDVI classification map of Jarqo'rg'on district cotton fields — 2025 growing season (Sentinel-2). Four vegetation quality classes shown: Poor (NDVI <0.20), Moderate (0.20–0.35), Good (0.35–0.50), Very Good (≥0.50). Scale bar: 0–18 km.

The July peak map (Figure 5) shows a dramatic transformation. 'Very Good' (NDVI ≥0.50) and 'Good' (0.35–0.50) classes jointly cover 63.8% of the study area, concentrated in the northern and central parts of the district where the main irrigation canal network provides reliable water supply. A clear spatial gradient is visible from the canal corridors outward: NDVI decreases progressively as distance from the water source increases.

'Poor'-class pixels (NDVI <0.20, 12.2% of area) are spatially clustered in three zones: (i) the south-eastern periphery beyond the reach of secondary canals; (ii) low-lying areas with shallow water tables and secondary salinisation; and (iii) unsown or recently fallowed parcels. These zones are consistent with the distribution of moderately to severely saline soils documented in the district's agro-cadaster.

Summary Statistics

Table 5. Summary of key NDVI metrics derived from Sentinel-2 and Landsat-8/9 analyses.

Metric	Value	Notes
S-2 Peak NDVI (mean)	**0.565**	July; flowering/boll-formation stage
Landsat Peak NDVI (mean)	**0.585**	August; 16-day revisit effect
Inter-sensor NDVI difference (peak)	0.031	Landsat slightly higher; within acceptable range
Annual minimum NDVI	0.115	March (S-2); pre-sowing bare soil
Secondary NDVI peak (Dec)	0.288	Winter wheat emergence signal
Very Good class area	38.2%	NDVI ≥0.50; well-irrigated parcels
Good class area	25.6%	NDVI 0.35–0.50
Moderate class area	24.0%	NDVI 0.20–0.35; mild stress
Poor class area	12.2%	NDVI <0.20; severe stress / salt-affected
Spatial correlation S-2 vs Landsat	r = 0.94	Peak season maps; 30 m resampled S-2

Discussion

Phenological Interpretation of the NDVI Curve. The Sentinel-2 NDVI time-series (Figure 2) faithfully resolves all major phenological transitions of cotton under the Surkhandarya agro-calendar. The inflection point in May (NDVI rising from 0.119 to 0.176) marks the beginning of canopy closure after seedling establishment, consistent with local sowing dates (late March–April) and a 30–40-day emergence period under the warm spring climate. The steep June rise (0.176 → 0.370) corresponds to the period of maximum vegetative growth when irrigation frequency is highest and the cotton plant rapidly accumulates biomass.

The July peak (0.565) aligns precisely with the phenological stage of squaring, flowering, and early boll development—the period of maximum photosynthetic activity and water demand. The subsequent gradual decline through August–October mirrors progressive boll maturation, leaf senescence, and harvest. The December secondary peak (0.288) is a valuable phenological signal: it unambiguously identifies parcels that have been planted with winter wheat in the post-cotton rotation, enabling automated double-crop mapping from the annual NDVI trajectory alone.

Spatial Drivers of NDVI Heterogeneity. The spatial distribution of NDVI quality classes (Figure 5) is primarily controlled by two overlapping factors: proximity to irrigation infrastructure and soil salinity. The strong spatial correlation between 'Very Good' NDVI zones and the primary canal network confirms that irrigation reliability is the dominant determinant of cotton productivity in this semi-arid environment. This finding is consistent with hydro-agricultural studies in the Amu Darya basin reporting yield reductions of 25–40% in fields more than 1.5 km from secondary canals [5].

Salt-affected zones (shallow water table, EC >4 dS m^{-1}) consistently

map to the 'Poor' NDVI class. The spatial coincidence of low-NDVI pixels with the cadaster's saline soil polygons provides cross-validation of both the NDVI classification and the cadaster data. This agreement supports the use of NDVI maps as a low-cost, annually updated surrogate for soil salinity mapping in contexts where field surveys are resource-constrained [5, 10].

Sensor Comparison and Operational Implications. The systematic Landsat NDVI offset (+0.030 on average) and the one-month temporal lag in peak detection are well-documented inter-sensor characteristics that do not represent errors but reflect differences in spectral response functions, spatial resolution, and temporal sampling [4, 11]. For operational monitoring where only the spatial distribution of NDVI classes—not absolute values—is required, Landsat remains a valid and complementary source, particularly for historical baseline construction (archive available since 1984) [8].

For intra-season management decisions (e.g., irrigation scheduling triggered by early canopy stress), Sentinel-2 is preferred because its 5-day revisit and higher spatial resolution (10 m) provide both greater temporal sensitivity and more precise parcel-level NDVI estimates [12]. The spatial correlation between Sentinel-2 and Landsat peak-season maps ($r = 0.94$) confirms that Landsat can serve as a cross-validation source and a long-term trend reference.

Conclusions. This study provides a detailed NDVI-based analysis of cotton phenology and vegetation quality in Jarqo'rg'on district, Surkhandarya, using Sentinel-2 and Landsat-8/9 data for 2025. The principal conclusions are:

1. NDVI time-series from both sensors clearly resolve all phenological stages of cotton: dormancy (Jan–Apr, NDVI 0.11–0.19), rapid vegetative growth (May–Jun, 0.18–0.37), peak biomass (Jul–Aug, 0.55–0.59), senescence (Sep–Oct, 0.29–0.42), and post-harvest wheat emergence (Dec, 0.29).

2. Sentinel-2 (10 m, 5-day revisit) is superior to Landsat-8/9 (30 m, 16-day revisit) for detecting the precise timing of the NDVI peak and for mapping parcel-level vegetation quality. The inter-sensor NDVI difference at peak season (≤0.031) is within acceptable operational tolerance.

3. Peak-season spatial NDVI maps show that 63.8% of cotton parcels fall in the 'Very Good' or 'Good' class, with high-quality zones concentrated along irrigation canal corridors. Poor-class areas (12.2%) are spatially clustered in salt-affected and peripherally irrigated zones.

4. The December secondary NDVI peak (0.288–0.324 across sensors) provides a reliable automated signal for winter wheat detection in the post-cotton rotation, enabling double-crop mapping from the annual NDVI trajectory.

5. The GEE-based NDVI monitoring workflow is fully automated and transferable to any irrigated district in Uzbekistan [3, 9], directly supporting precision irrigation management and the national Digital Agriculture programme.

References

[1] Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Proceedings of 3rd ERTS Symposium, NASA SP-351, 309–317.

[2] Tucker C.J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring

vegetation. Remote Sensing of Environment, 8(2), 127–150.

[3] Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment, 202, 18–27.

[4] Drusch M. et al. (2012). Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. Remote Sensing of Environment, 120, 25–36.

[5] Karimov A. et al. (2012). Effect of shallow water table on water use, soil salinity and crop production in the lower Amu Darya basin. Agricultural Water Management, 101(1), 72–79.

[6] Huete A. et al. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote Sensing of Environment, 83(1–2), 195–213.

[7] Qi J. et al. (1994). A modified soil adjusted vegetation index. Remote Sensing of Environment, 48(2), 119–126.

[8] Kongoli C., Romanov P., Ferraro R. (2012). Snow cover monitoring from remote-sensing satellites: Potential for operational systems. Remote Sensing of Snow and Ice. CRC Press.

[9] Xoliqov T., Hasanov S. (2021). Prospects for using remote sensing and GIS technologies in agriculture in Uzbekistan. Uzbekistan Agrarian Sciences Journal, 3(2), 45–52.

[10] Shakirov Sh.S. (2023). Geoinformation systems and remote sensing for agricultural land monitoring. TIIAME Scientific Bulletin, 1, 78–85.

[11] Vuolo F., Ng W.T., Atzberger C. (2017). Smoothing and gap-filling of high resolution multi-spectral time series. International Journal of Applied Earth Observation, 57, 202–213.

[12] Belgiu M., Drăguţ L. (2016). Random Forest in remote sensing: A review of applications and future directions. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 114, 24–31.

UDK: 528.44:528.7

ORTOFOTOPLAN TAYYORLASHDA FOYDALANILADIGAN DASTLABKI MA'LUMOTLAR, GEODEZIK O'LCHOVLAR VA TEXNOLOGIK JARAYONLAR

Turdikulov X. X. *- Farg'ona Davlat texnika universiteti dotsenti*
Ro'zimatova M.M. *- Farg'ona Davlat texnika universiteti magistri*

Annotatsiya: *Mazkur maqolada yer kadastri uchun ortofotoplan tayyorlashda foydalaniladigan dastlabki ma'lumotlar tarkibi, geodezik o'lchovlarning o'rni hamda fotogrammetrik ishlov jarayonining asosiy bosqichlari tahlil qilinadi. Tadqiqotda xalqaro standartlar, xorijiy amaliy tajribalar va Farg'ona viloyatining demografik-hududiy xususiyatlari asosida ortofotoplanlardan foydalanishning ilmiy-amaliy ahamiyati yoritildi. Tahlillar ortofotoplan sifati manba tasvirlar aniqligi, GNSS/IMU ma'lumotlari, GCP va checkpointlar dizayni, ortorektifikatsiya, mozaikalash va yakuniy aniqlik nazoratiga bevosita bog'liqligini ko'rsatdi. Farg'ona viloyati misolida ortofotoplanlar mavjud kadastr qatlamlarini faktik yer qoplami bilan qiyoslash, uchastka chegaralarini verifikatsiya qilish, yangi qurilish va yer qoplamidagi o'zgarishlarni operativ aniqlashda samarali vosita ekani asoslandi.*

Kalit so'zlar: *ortofotoplan, yer kadastri, UAV-fotogrammetriya,*

geodezik tayanch, GCP, checkpoint, ortorektifikatsiya, mozaikalash, RMSE, Farg'ona viloyati.

Аннотация. *В данной статье проведён анализ состава исходных данных, используемых при создании ортофотопланов для целей земельного кадастра, роли геодезических измерений, а также основных этапов фотограмметрической обработки данных. В исследовании на основе международных стандартов, зарубежного практического опыта и демографо-территориальных особенностей Ферганской области раскрыто научно-практическое значение применения ортофотопланов в кадастровой деятельности. Результаты анализа показали, что качество ортофотопланов напрямую зависит от точности исходных изображений, данных GNSS/IMU, схемы размещения наземных опорных точек (GCP) и контрольных точек (checkpoints), а также от корректности выполнения процессов орторектификации, мозаицирования и итогового контроля точности. На примере Ферганской области обосновано, что ортофотопланы являются эффективным инструментом для сопоставления существующих кадастровых слоёв с фактическим землепользованием и земным покровом, верификации границ земельных участков, а также оперативного выявления нового строительства и изменений в структуре земного покрова.*

Ключевые слова: *ортофотоплан, земельный кадастр, БПЛА-фотограмметрия, геодезическая опорная сеть, GCP, контрольные точки (checkpoints), орторектификация, мозаицирование, среднеквадратическая ошибка (RMSE), Ферганская область.*

Abstract. *This article analyzes the composition of source data used for the production of orthophotoplans for land cadastre purposes, the role of geodetic measurements, and the main stages of photogrammetric data processing. Based on international standards, foreign practical experience, and the demographic and territorial characteristics of the Fergana Region, the study highlights the scientific and practical significance of orthophotoplan application in cadastral activities. The analysis revealed that the quality of orthophotoplans is directly dependent on the accuracy of source imagery, GNSS/IMU data, the design and distribution of Ground Control Points (GCPs) and checkpoints, as well as the correctness of orthorectification, mosaicking, and final accuracy assessment procedures. Using the Fergana Region as a case study, it is substantiated that orthophotoplans serve as an effective tool for comparing existing cadastral layers with actual land cover, verifying parcel boundaries, and promptly detecting new constructions and changes in land cover.*

Keywords: *orthophotoplan, land cadastre, UAV photogrammetry, geodetic control network, Ground Control Points (GCP), checkpoints, orthorectification, mosaicking, Root Mean Square Error (RMSE), Fergana Region.*

Kirish. Raqamli geodeziya, fotogrammetriya va geoinformatsion texnologiyalarning jadal rivojlanishi sharoitida ortofotoplanlar yer kadastri, hududiy rejalashtirish va ko'chmas mulkni boshqarish tizimlarining asosiy fazoviy tayanchlaridan biriga aylanmoqda. Ortofotoplan mohiyatan

Yer yuzasining ortorektifikatsiyalangan tasviri bo'lib, unda relyef siljishi, linza distorsiyasi va platforma holati bilan bog'liq geometrik xatolar bartaraf etiladi; shu sababli u oddiy aerofotosuratdan farqli ravishda o'lchovga yaroqli kartografik mahsulot hisoblanadi [1; 11-b.; 16-17-b.; 26-b.].

Jahon tajribasi shuni ko'rsatadiki, ortofotoplanlarga bo'lgan ehtiyoj avvalo yer huquqlarini ishonchli qayd etish va ommaviy, tezkor hamda iqtisodiy samarali kadastr tizimlarini shakllantirish zaruratidan kelib chiqmoqda. Fit-for-purpose land administration konsepsiyasida dunyo aholisining katta qismi yer huquqlarini rasmiy qayd etish va himoya qilishning formal tizimlaridan to'liq foydalana olmayotgani, shu sababli ortofoto va boshqa zamonaviy fazoviy texnologiyalar asosida tezkor kartografik asos yaratish dolzarb ekani ta'kidlanadi [2; 7-12-b.].

So'nggi yillarda UAV texnologiyalarining ommalashuvi ortofotoplan tayyorlash jarayonini yanada moslashuvchan va tezkor holatga keltirdi. FAA ma'lumotlariga ko'ra, AQShda ro'yxatdan o'tgan kichik UAV tizimlari soni izchil oshib bormoqda [3; 1-2-b.]. Yevropa tajribasida esa ortofotoplan va kadastrga oid geoma'lumotlar integratsiyalashgan raqamli platformalar orqali keng qo'llanilmoqda [4; 4-8-b.].

Biroq xalqaro standartlar shuni ko'rsatadiki, ortofotoplan sifati faqat tasvir rezolyutsiyasiga bog'liq emas. Control data, mustaqil checkpointlar va RMSE asosidagi aniqlik bahosi mavjud bo'lmasa, mahsulotning kadastrga yaroqliligini ishonchli aniqlash qiyinlashadi [1; 16-17-b.], [5; 11-14-b.], [6; 23-25-b.].

Farg'ona viloyati misolida ortofotoplanlardan foydalanishning dolzarbligi hududning yuqori aholi zichligi va yer fondidagi intensiv o'zgarishlar bilan belgilanadi. Milliy statistika ma'lumotlariga ko'ra, 2025-yil 1-yanvar holatida viloyatda aholi zichligi 613,1 kishi/km² ni tashkil etgan [13]. 2025-yil 1-iyul holatiga doimiy aholi soni 4 181,0 ming kishiga yetgani esa fazoviy boshqaruv va kadastr ma'lumotlarini muntazam yangilash zaruratini kuchaytiradi [14].

Shu munosabat bilan mazkur maqolaning maqsadi ortofotoplan tayyorlashda foydalaniladigan dastlabki ma'lumotlar, geodezik o'lchovlar va texnologik jarayonlarning ilmiy-amaliy mazmunini ochib berish, shuningdek, Farg'ona viloyati sharoitida ularning yer kadastri aniqligi va ishonchliligiga ta'sirini asoslashdan iborat.

Adabiyotlar tahlili. Xorijiy ilmiy adabiyotlarda yer kadastri uchun ortofotoplan tayyorlash masalasi asosan uch yo'nalishda tadqiq etilgan: birinchisi, UAV va aerofotos'yomka asosida kadastr xaritalashni tezlashtirish; ikkinchisi, geodezik tayanch nuqtalari soni, taqsimoti va GNSS/IMU georeferensiyasining yakuniy aniqlikka ta'sirini o'rganish; uchinchisi esa ortofotoplanlardan foydalangan holda yer uchastkalari chegaralarini ajratish va yangilash imkoniyatlarini tahlil qilishdir.

Barnes, Volkmann va hammualliflarning Albaniyada olib borgan tajribasi ushbu yo'nalishdagi muhim amaliy ishlardan biri hisoblanadi. Tadqiqotda 23 gektarlik hudud 4 ta, har biri taxminan 10 daqiqalik parvoz bilan qamrab olingan, GSD 18 mm bo'lgan va natijada taxminan 3 soat ichida 29 ta uchastka chegarasi ortofotoda aniqlashtirilgan. Nazorat nuqtalari bo'yicha pozitsion

xatolik 0-10 sm oralig'ida bo'lgani qayd etilgan [9; 10-11-b.; 23-25-b.].

Tahar tomonidan Malayziyada o'tkazilgan tadqiqot GCP soni va konfiguratsiyasining ortofotoplan sifatiga ta'sirini maxsus baholagani bilan ajralib turadi. Muallif 4 tadan 9 tagacha GCP konfiguratsiyasini sinovdan o'tkazib, 8 va 9 ta GCP holatlarida eng maqbul natijalar olinganini ko'rsatgan; bu holatda RMSE vektori 0,5 m dan past bo'lgan [7; 93-98-b.].

Stöcker, Nex, Koeva va Gerke tomonidan bajarilgan ko'p hududli tadqiqotlarda 40 dan ortiq UAV datasetlari tahlil qilinib, 80% overlap va 6 ta GCP kombinatsiyasi ayrim hollarda piksel darajasidagi aniqlikni ta'minlashi ko'rsatilgan [8; 613-617-b.]. Shu bilan birga, mualliflar bundle adjustment residualari yaxshi bo'lishi yakuniy orthophoto ham kadastr uchun optimal bo'ladi degani emasligini ta'kidlaydilar.

Rijsdijk va hammualliflarning Niderlandiyadagi tadqiqoti ortofotoplanlardan kadastr chegaralarini yuridik verifikatsiya qilishda foydalanish salohiyatini ko'rsatdi. Ular ayrim holatlarda ortomozayka bo'yicha 2-7 sm diapazonidagi aniqlikka erishilganini qayd etganlar [10; 328-330-b.]. Ajayi va Oruma esa UAV-ortomozayka va avtomatik feature extraction integratsiyasi an'anaviy DGPS yondashuviga nisbatan sezilarli darajada tez va arzon ekanini asosladilar [11].

Umuman olganda, tahlil qilingan adabiyotlar ortofotoplan tayyorlashni alohida texnik operatsiya sifatida emas, balki dastlabki ma'lumotlar, geodezik o'lchovlar, fotogrammetrik ishlov va mustaqil aniqlik nazoratidan iborat yagona kompleks tizim sifatida talqin qiladi.

Materiallar va metodlar. Mazkur tadqiqotda ortofotoplan tayyorlash jarayoni yer kadastri ehtiyojlari nuqtai nazaridan kompleks geodezik-fotogrammetrik tizim sifatida ko'rib chiqildi. Metodik asos sifatida FGDCning raqamli ortoimagelar bo'yicha standarti, USGSning bazaviy ortofoto spetsifikatsiyasi hamda ASPRSning raqamli geofazoviy ma'lumotlar aniqligi standartlari qabul qilindi [1; 16-17-b.], [5; 4-7-b.], [6; 23-25-b.].

Tadqiqotning axborot bazasi manba tasvirlar, GNSS/IMU ma'lumotlari, kamera kalibrovka parametrlari, GCP va checkpoint koordinatalari, raqamli balandlik modeli, uchish parametrlari va metadata elementlaridan shakllantirildi. Metodik modelda “manba ma'lumotlar sifati → geodezik tayanch → fotogrammetrik ishlov → aniqlik nazorati” zanjiri asosiy ishchi sxema sifatida qabul qilindi.

Geodezik ta'minot qismida GCP lar tasvir blokini davlat koordinata tizimiga bog'lash va bundle block adjustmentni barqarorlashtirish uchun, checkpointlar esa yakuniy ortofotoplan aniqligini mustaqil baholash uchun qo'llanadi. Xalqaro tavsiyalarga ko'ra, kadastr maqsadlari uchun 6-10 ta optimal joylashtirilgan GCP va kamida 30 ta mustaqil checkpoint amaliy jihatdan maqbul hisoblanadi [6; 24-25-b.], [8; 615-617-b.].

Tasvirga olish parametrlari sifatida oldma-old qoplanish, yonlama qoplanish, uchish balandligi va GSD ko'rsatkichlari asosiy mezon sifatida qaraldi. Xorijiy tajribalar 70-80% yonlama qoplanish va taxminan 80% oldma-old qoplanish kadastr maqsadlari uchun barqaror natija berishini ko'rsatadi [8; 615-617-b.], [9; 10-11-b.].



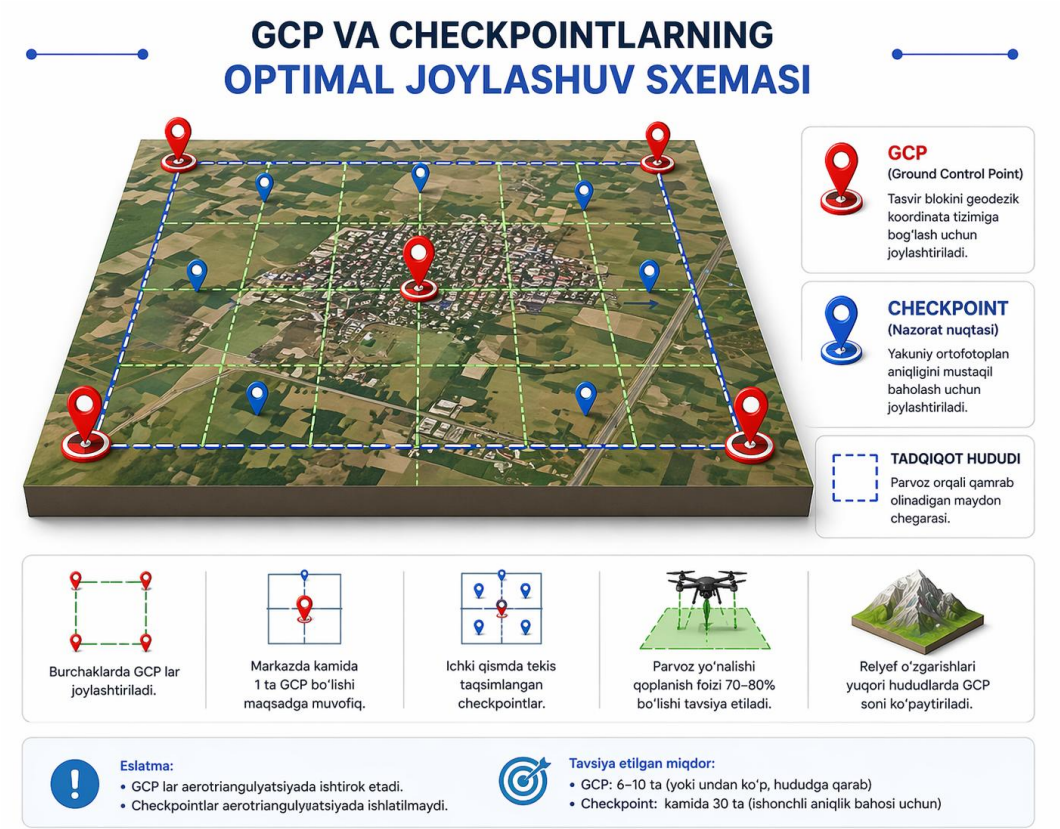
1-rasm. Ortofotoplan tayyorlashning texnologik jarayoni

Fotogrammetrik ishlov tasvirlarni saralash, bog'lovchi nuqtalarni aniqlash, bundle block adjustment, dense point cloud hosil qilish, DSM/DTM yaratish, ortorektifikatsiya va mozaikalash bosqichlarida amalga oshiriladi. Yakuniy mahsulot sifati esa RMSE_x, RMSE_y, RMSE_h ko'rsatkichlari hamda ortomozaykadagi topologik uzluksizlik bo'yicha baholanadi.

1-jadval.

Ortofotoplan tayyorlash uchun metodik tayanch parametrlar

Ko'rsatkich	Qabul qilingan / tavsiya etilgan qiymat
Oldma-old qoplanish	≈80%
Yonlama qoplanish	70-80%
Amaliy GCP diapazoni	6-10 ta
To'liq aniqlik bahosi uchun checkpoint	≥30 ta
Mustaqil checkpoint talabi	Aerotriangulyatsiyada ishlatilmagan
Seamline mis-join limiti	≤3 piksel



2-rasm. GCP va checkpointlarning optimal joylashuv sxemasi

Natijalar va muhokama. Farg'ona viloyati sharoitida ortofotoplanlardan yer kadastri maqsadlarida foydalanish zarurati hududning yuqori demografik bosimi va fazoviy zichligi bilan belgilanadi. Milliy statistika ma'lumotlariga ko'ra, 2025-yil 1-yanvar holatida Farg'ona viloyatining doimiy aholisi 4 144,7 ming kishini, aholi zichligi esa 613,1 kishi/km² ni tashkil etgan [13]. 2025-yil 1-iyul holatiga viloyat aholisi 4 181,0 ming kishiga yetgan [14]. Bu holat viloyatda yer uchastkalari chegaralari, yangi qurilishlar va foydalanish shaklidagi o'zgarishlarni operativ qayd etish uchun yuqori aniqlikdagi ortofotoplanlarga ehtiyoj mavjudligini ko'rsatadi.

Qiyosiy tahlil natijalari ortofotoplanlarning kadastr maqsadlarida samaradorligi, avvalo, geodezik tayanch dizayni, tasvir qoplanish foizi, GNSS/RTK/PPK georeferensiyasi va yakuniy checkpoint nazorati bilan belgilanadi. Albaniyada 23 gektar hudud 4 ta parvoz bilan qamrab olinib, 29 ta uchastka chegarasi taxminan 3 soat ichida aniqlashtirilgan va xatolik 0-10 sm oralig'ida qayd etilgan [9; 23-25-b.]. Bu natija kichik va o'rta maydonli, tez o'zgaruvchi hududlarda UAV-ortofotoplanlar juda samarali ekanini ko'rsatadi.

Malaysia tajribasida 8-9 ta GCP konfiguratsiyasi eng maqbul natija bergan, Niderlandiya tajribasida esa ayrim hollarda ortomozayka bo'yicha 2-7 sm diapazonidagi aniqlik qayd etilgan [7; 95-97-b.], [10; 328-330-b.]. RTK bilan jihozlangan UAV tizimlari bo'yicha yangi tadqiqotlar GCPsiz holatda ham santimetr diapazoniga yaqin natijalar olish mumkinligini ko'rsatsa-da, mustaqil checkpoint nazorati saqlanib qolishi zarurligini tasdiqlaydi [12; 169-176-b.].

Farg'ona viloyati uchun ushbu natijalardan kelib chiqadigan asosiy metodik xulosa shuki, zich qurilgan va fazoviy jihatdan fragmentatsiyalashgan

kadastr makonida ortofotoplan sifati faqat GSD bilan emas, balki interpretatsiya qulayligi, kontur ajratish imkoniyati va topologik moslik bilan ham baholanishi kerak. Demak, mahsulot sifatini “aniqlik + tasviriy aniqlik + kadastr obyektlarini ajratish imkoniyati” uchligi bo'yicha ko'rib chiqish maqsadga muvofiq.

Ortofotoplan asosida uchastka chegaralarini verifikatsiya qilish sxemasi 3-rasmda keltirilgan. Ushbu modelda mavjud kadastr konturlari ortofotoplan bilan qiyoslanadi, so'ng siljish, ustma-ust tushish yoki bo'shliqlar aniqlanib, aniqlashtirilgan chegara vektor qatlam sifatida qayta shakllantiriladi. Bunday yondashuv Farg'ona viloyatida yangi qurilishlar, qo'shimcha inshootlar va faktik foydalanishdagi tafovutlarni tezkor aniqlashga xizmat qiladi.

Natijalarni umumlashtirib aytganda, Farg'ona viloyati uchun eng maqbul amaliy model - yuqori qoplanishli UAV tasvirga olish, RTK/PPK georeferensiyasi, 6-10 ta optimal joylashtirilgan GCP, kamida 30 ta mustaqil checkpoint va yakuniy ortomozaykani RMSE hamda topologik mezonlar asosida baholashdan iborat kompleks yondashuvdir. Bu model kadastr qatlamlarining dolzarbligi va ishonchliligini oshiradi.

2-jadval.

Farg'ona viloyati uchun ortofotoplanlarni qo'llash bo'yicha qiyosiy natijalar

Ko'rsatkich / tajriba	Asosiy sonli natija	Metodik xulosa
Farg'ona viloyati aholisi, 2025-01-01	4 144,7 ming kishi	Kadastr qatlamlarini muntazam yangilash zarur
Farg'ona viloyati aholisi, 2025-07-01	4 181,0 ming kishi	Fazoviy bosim ortib bormoqda
Aholi zichligi, 2025-01-01	613,1 kishi/km²	Zich hududlar uchun yuqori aniqlikli ortofoto zarur
Barnes va boshq. (Albaniya)	23 ga; 4 parvoz; GSD 18 mm	Kichik maydonlarda tezkor UAV survey samarali
Tahar	8-9 GCP eng maqbul	GCP soni va joylashuvi optimallashtirilishi kerak
Niu va boshq.	71 checkpoint; GCPsiz RMSEz 5,58 sm	RTK dala ishlarini kamaytiradi, lekin CP nazorati saqlanadi
Rijsdijk va boshq.	2-7 sm diapazonidagi aniqlik	Huquqiy verifikatsiya uchun ortofoto salohiyati yuqori
Ajayi va Oruma	2,5 baravar tez; 9 baravar arzon	Audit va yarim avtomatik yangilash uchun istiqbolli



3-rasm. Ortofotoplan asosida uchastka chegaralarini verifikatsiya qilish sxemasi

Xulosa. Olib borilgan tahlillar shuni ko'rsatdiki, yer kadastri uchun ortofotoplan tayyorlash ko'p bosqichli va o'zaro bog'liq geodezik-fotogrammetrik jarayon bo'lib, uning yakuniy sifati manba tasvirlar aniqligi, geodezik tayanch nuqtalarining optimal joylashtirilishi, fotogrammetrik ishlov ketma-ketligi hamda mustaqil aniqlik nazoratiga bevosita bog'liq. Shu jihatdan, ortofotoplan yaratish masalasi faqat texnik mahsulot tayyorlash bilan cheklanmay, balki ishonchli fazoviy ma'lumotlar bazasini shakllantirishga qaratilgan kompleks ilmiy-amaliy vazifa sifatida namoyon bo'ladi.

Xorijiy tajribalar tahlili ortofotoplanlarning kadastr amaliyotida yuqori samaradorlikka ega ekanini tasdiqladi. Ayniqsa, UAV-fotogrammetriya asosida yaratilgan ortofotoplanlar uchastka chegaralarini aniqlashtirish, mavjud kadastr ma'lumotlarini yangilash, yangi qurilishlar va yer qoplamidagi o'zgarishlarni tezkor aniqlashda an'anaviy usullarga nisbatan tezkor, qulay va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq yechim ekani aniqlandi. Shu bilan birga, tadqiqotlar ortofotoplan sifati GCP va checkpointlarning sonidan ko'ra, ularning hudud bo'ylab ilmiy asosda, muvozanatli joylashtirilishiga ko'proq bog'liq ekanini ko'rsatdi.

Farg'ona viloyati misolida ortofotoplanlardan foydalanish zarurati hududning yuqori aholi zichligi, urbanizatsiya sur'atlarining tezligi va yer fondidagi o'zgarishlarning faol kechishi bilan asoslanadi. Bunday sharoitda ortofotoplanlar mavjud kadastr qatlamlarini real yer qoplami bilan qiyoslash, uchastka chegaralarini verifikatsiya qilish, yangi obyektlarni aniqlash hamda kadastr ma'lumotlarini operativ yangilash uchun ishonchli fazoviy asos bo'lib xizmat qiladi. Demak, Farg'ona viloyatida ortofotoplanlardan foydalanish yer kadastri tizimining dolzarbligi, aniqligi va boshqaruv samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, Farg'ona viloyati sharoitida yer kadastri uchun ortofotoplan tayyorlashning eng maqbul modeli sifatida yuqori qoplanishli UAV tasvirga olish, RTK/PPK asosidagi georeferensiyalash, optimal joylashtirilgan GCP va checkpointlar tarmog'i, sifatli raqamli relyef modeli hamda yakuniy mahsulotni geometrik va topologik mezonlar asosida baholashdan iborat yondashuv tavsiya etiladi. Mazkur model ortofotoplan aniqligini oshirish bilan birga, kadastr bazasining ishonchliligini mustahkamlaydi, yer resurslarini boshqarishdagi xatoliklarni kamaytiradi va hududiy qaror qabul qilish jarayonini ilmiy asoslash imkonini beradi.

Shunday qilib, ortofotoplanlar yer kadastri tizimida yordamchi tasviriy material emas, balki yuqori aniqlikdagi, tezkor yangilanadigan va amaliy boshqaruv qarorlarini qo'llab-quvvatlaydigan muhim fazoviy axborot manbai hisoblanadi. Ularni ilmiy asosda tayyorlash va amaliyotga joriy etish zamonaviy kadastr tizimini takomillashtirish, yer nazoratini kuchaytirish va hududiy rivojlanishni samarali boshqarishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] Federal Geographic Data Committee. Geographic Information Framework Data Content Standard. Part 2: Digital Orthoimagery. - FGDC-STD-014.2-2008. - [Elektron resurs]. - Washington, DC: FGDC, 2008. - 38 p.

[2] Enemark S., Bell K.C., Lemmen C., McLaren R. Fit-For-Purpose Land Administration. - FIG Publication No. 60. - [Elektron resurs]. - Copenhagen: International Federation of Surveyors (FIG), 2014. - 44 p.

[3] Federal Aviation Administration. FAA Aerospace Forecast Fiscal Years 2025-2045: Emerging Aviation Entrants: Unmanned Aircraft System and Advanced Air Mobility. - [Elektron resurs]. - Washington, DC: FAA, 2024. - 16 p.

[4] EuroGeographics. Annual Review 2024. - [Elektron resurs]. - Brussels: EuroGeographics, 2025. - 40 p.

[5] Rufe P.P. Digital Orthoimagery Base Specification V1.0. - Techniques and Methods 11-B5. - [Elektron resurs]. - Reston, VA: U.S. Geological Survey, 2014. - 24 p.

[6] American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data. - Edition 2, Version 1.0.0. - [Elektron resurs]. - ASPRS, 2023. - 57 p.

[7] Tahar K.N. An evaluation on different number of ground control points in unmanned aerial vehicle photogrammetric block // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. - 2013. - Vol. XL-2/W2. - P. 93-98.

[8] Stöcker C., Nex F., Koeva M., Gerke M. UAV-based cadastral mapping: an assessment of the impact of flight parameters and ground truth measurements on the absolute accuracy of derived orthoimages // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. - 2019. - Vol. XLII-2/W13. - P. 613-617.

[9] Barnes G., Volkmann W., Sherko R., Kelm K. Drones for Peace: Part 1 of 2. Design and Testing of a UAV-based Cadastral Surveying and Mapping Methodology in Albania // Proceedings of the World Bank

Conference on Land and Poverty. - Washington, DC, 2014. - P. 1-28.
[10] Rijsdijk M., van Hinsbergh W.H.M., Witteveen W. va boshq. Unmanned aerial systems in the process of juridical verification of cadastral border // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. - 2013. - Vol. XL-1/W2. - P. 325-331.
[11] Ajayi O.G., Oruma E. On the applicability of integrated UAV photogrammetry and automatic feature extraction for cadastral mapping // Advances in Geodesy and Geoinformation. - 2022. - Vol. 71, No. 1. - Art. e19.
[12] Niu Z., Xia H., Tao P., Ke T. Accuracy assessment of UAV photogrammetry system with RTK measurements for direct georeferencing // ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. - 2024. - Vol. X-1-2024. - P. 169-176.
[13] O'zbekiston Respublikasining demografik holati. - [Elektron resurs]. - O'zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo'mitasi, 2025. - URL: https://stat.uz/img/demografiya-press-reliz-23_01_2025-uzb_p19246.pdf (murojaat qilingan sana: 02.06.2026).
[14] Hududlar kesimida doimiy aholi soni. - [Elektron resurs]. - O'zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo'mitasi, 10.07.2025. - URL: https://stat.uz/uz/matbuot-markazi/qo-mita-yangiliklar/62563-hududlar-kesimida-doimiy-aholi-soni-pp (murojaat qilingan sana: 02.06.2026).

УДК: 631.4:004.9(574)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТЮЛЬКУБАССКОГО РАЙОНА ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Айтжанов Нұрбах Бахытжанұлы *- магистрант, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан*

Аннотация. *В статье представлены результаты исследования почвенного покрова Тюлькубасского района Туркестанской области с применением ГИС-технологий, материалов дистанционного зондирования Земли (Sentinel-2, Landsat-8) и цифровой модели рельефа SRTM. Проведена классификация и картографирование почв на площади 143 500 га, выявлена вертикальная зональность распределения почвенных типов, проанализировано содержание гумуса по высотным поясам. Установлено, что доминирующим типом являются серозёмы (51,6% площади). Результаты подтверждают высокий потенциал интеграции ГИС и ДЗЗ для мониторинга почвенных ресурсов.*

Ключевые слова: *почвенный покров, Тюлькубасский район, Туркестанская область, ГИС-технологии, дистанционное зондирование, картографирование почв, гумус, серозёмы, вертикальная зональность.*

Abstract. *This article presents the results of a study of the soil cover of the Tyulkubas District of the Turkestan Region using GIS technologies, remote sensing data (Sentinel-2 and Landsat-8), and the SRTM digital elevation model. Soil classification and mapping were carried out over an area of 143,500 hectares. The vertical zonation of soil type distribution was identified, and humus content was analyzed across different altitudinal zones. The results showed that sierozem soils are the dominant soil type, covering 51.6% of the study area. The findings confirm the high potential of integrating GIS and remote sensing technologies for monitoring soil resources.*

Keywords: *soil cover, Tyulkubas District, Turkestan Region, GIS technologies, remote sensing, soil mapping, humus, sierozem soils, vertical zonation.*

Введение. Тюлькубасский район Туркестанской области занимает площадь около 143 500 га в предгорной и горной зонах хребта Каратау. Разнообразие рельефа - от аридных предгорных равнин до альпийских лугов - обусловливает высокую пестроту почвенного покрова, что требует современных инструментов его инвентаризации и мониторинга. Традиционные методы почвенной съёмки трудоёмки и дорогостоящи, тогда как ГИС-технологии в сочетании с материалами дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) обеспечивают оперативное и экономичное получение актуальных данных о состоянии почвенных ресурсов.

Цель настоящей работы — исследование структуры и агрохимических свойств почвенного покрова Тюлькубасского района с использованием ГИС-технологий и ДЗЗ для создания актуализированной почвенной карты и оценки современного состояния почвенных ресурсов.

Объект и методы исследования. Район исследования расположен в северо-западной части Туркестанской области (42°28–42°52 с.ш., 69°46–70°30 в.д.), граничит с Казыгуртским и Ордабасинским районами. Административный центр - г.Тюлькубас. Климат континентальный с чётко выраженной высотной поясностью: среднегодовая температура на равнинах +11,5°C, осадки 250–500 мм; в высокогорье температура снижается до +2°C, осадки возрастают до 700–900 мм/год. Главная водная артерия - река Арысь и её притоки (Машат, Жабагылысу).

Методологическую основу исследования составили: дешифрирование многозональных космических снимков Sentinel-2 (разрешение 10 м) и Landsat-8 (30 м) за 2020–2023 гг. в среде QGIS 3.28 и ArcGIS Pro 3.1; анализ цифровой модели рельефа SRTM для высотного зонирования; полевая верификация с закладкой 84 почвенных разрезов по трансектам вдоль высотного градиента; лабораторное определение гумуса (по Тюрину), подвижного фосфора (по Мачигину) и обменного калия (по Протасову).

Таблица 1 – Источники данных и ГИС-инструментарий исследования

ГИС-метод / источник данных	Пространственное разрешение	Применение в исследовании
Спутниковые снимки Sentinel-2 (ESA)	10 м / 20 м	Составление почвенной карты, выделение контуров
Ландсат-8 (USGS, архив 2013–2023)	30 м	Динамика землепользования, NDVI-анализ
Цифровая модель рельефа SRTM	30 м	Высотное зонирование, уклоны, экспозиции
Полевые GPS-маршруты (84 профиля)	—	Верификация контуров, отбор образцов
Архивные почвенные карты 1:200 000	—	Базовая привязка, историческое сравнение
QGIS 3.28 / ArcGIS Pro 3.1	—	Оцифровка, анализ, картографирование

Результаты: структура почвенного покрова и ГИС-картографирование. Разработанная почвенная карта Тюлькубасского района (рисунок 1) отражает семь основных типов почв, распределённых в соответствии с законом вертикальной зональности. Граница между предгорными серозёмами и горно-степными бурыми почвами проходит на абсолютных высотах 600–700 м над уровнем моря и хорошо идентифицируется по изменению спектральных характеристик на снимках Sentinel-2 (индексы NDVI и BSI).

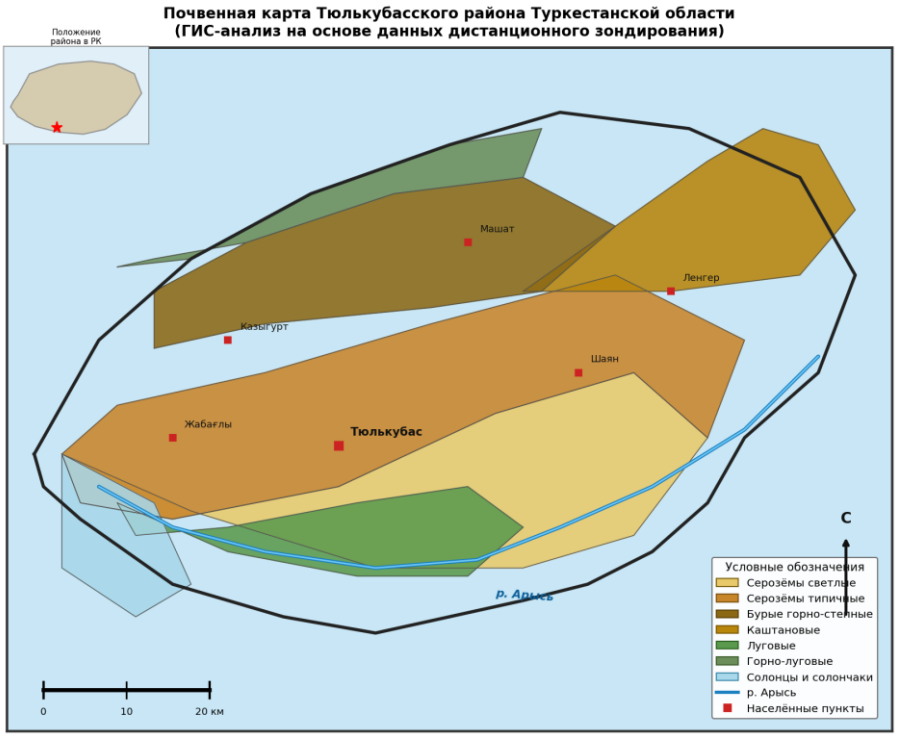


Рисунок 1 - Почвенная карта Тюлькубасского района Туркестанской области (составлена по данным ГИС-анализа и дистанционного зондирования, 2023 г.)

Анализ структуры почвенного покрова показал, что серозёмы двух подтипов занимают в совокупности 51,6% площади района и сосредоточены в предгорной равнине и нижнегорном поясе. Бурые горно-степные почвы (17,1%) занимают второе место по распространённости и характеризуются повышенным содержанием гумуса. Луговые почвы (6,4%) тяготеют к поймам реки Арысь и её притоков, где поддерживаются дополнительным увлажнением.

Таблица 2 - Структура почвенного покрова Тюлькубасского района

Тип почвы	Площадь, га	Доля, %	Высотный пояс	Использование
Серозёмы светлые	42 800	29,7	Предгорная равнина (400–600 м)	Богарное земледелие, пашня
Серозёмы типичные	31 500	21,9	Предгорная равнина, нижнегорный	Пашня, сады, пастбища
Бурые горно-степные	24 600	17,1	Среднегорный (900–1400 м)	Пастбища, сенокосы
Каштановые	18 900	13,1	Нижнегорный (600–900 м)	Пастбища, залежи
Луговые и лугово-болот.	9 200	6,4	Поймы рек, замкнутые депрессии	Сенокосы, огородничество
Солонцы и солончаки	6 400	4,4	Равнинные депрессии	Ограниченное пастбищное
Горно-луговые	5 800	4,0	Высокогорный (>1400 м)	Летние пастбища (джайляу)
Прочие (скалы, осыпи)	4 300	3,0	Высокогорный	Не используются
ИТОГО	143 500	100	—	—

Количественный анализ и агрохимические свойства почв:

Структурная диаграмма (рисунок 2) наглядно демонстрирует доминирование серозёмного комплекса: суммарно два подтипа серозёмов составляют 74 300 га (51,7%). Это обусловлено преобладанием аридного предгорного ландшафта с годовым количеством осадков 250–380 мм и активной эрозионной деятельностью временных водотоков.

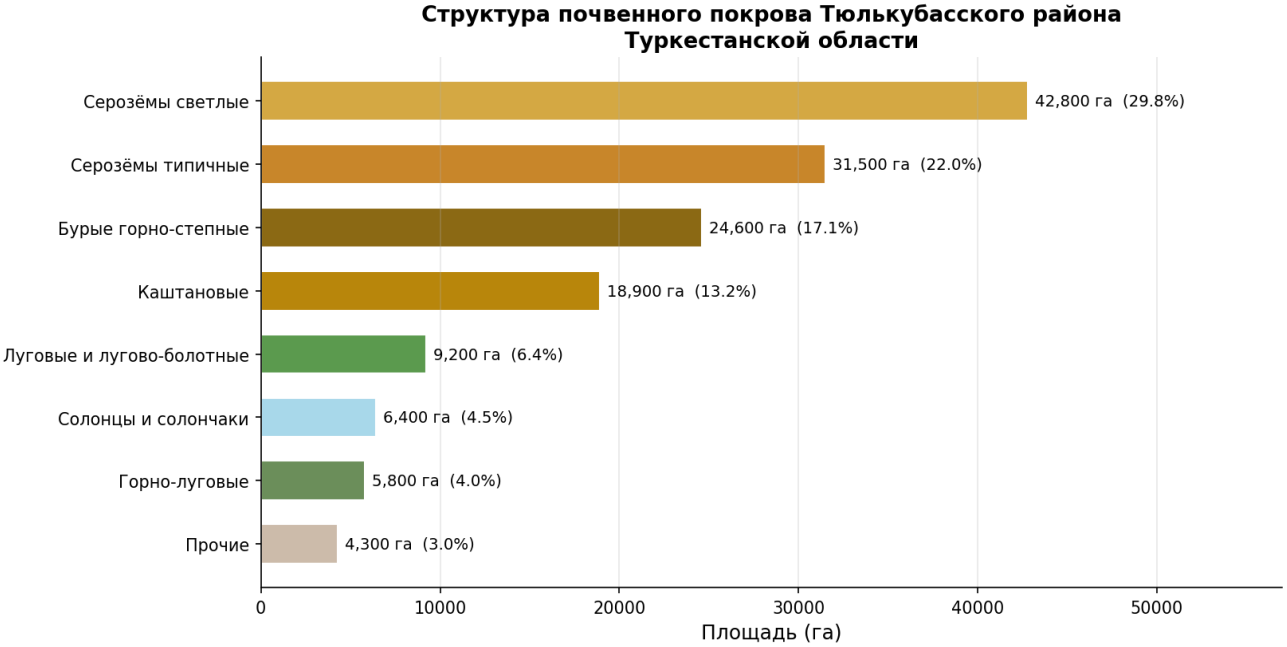


Рисунок 2 - Структура почвенного покрова Тюлькубасского района по площади (га и % от общей площади)

Радарная диаграмма агрохимических показателей (рисунок 3) подтверждает чёткую зависимость плодородия от высотного положения. Бурые горно-степные почвы превосходят серозёмы по содержанию гумуса в 2,8–3,0 раза и по подвижному азоту в 2,2 раза. Луговые почвы занимают промежуточное положение: высокое содержание калия (260 мг/кг) при относительно невысоком уровне фосфора (18 мг/кг) отражает специфику их гидроморфного режима.

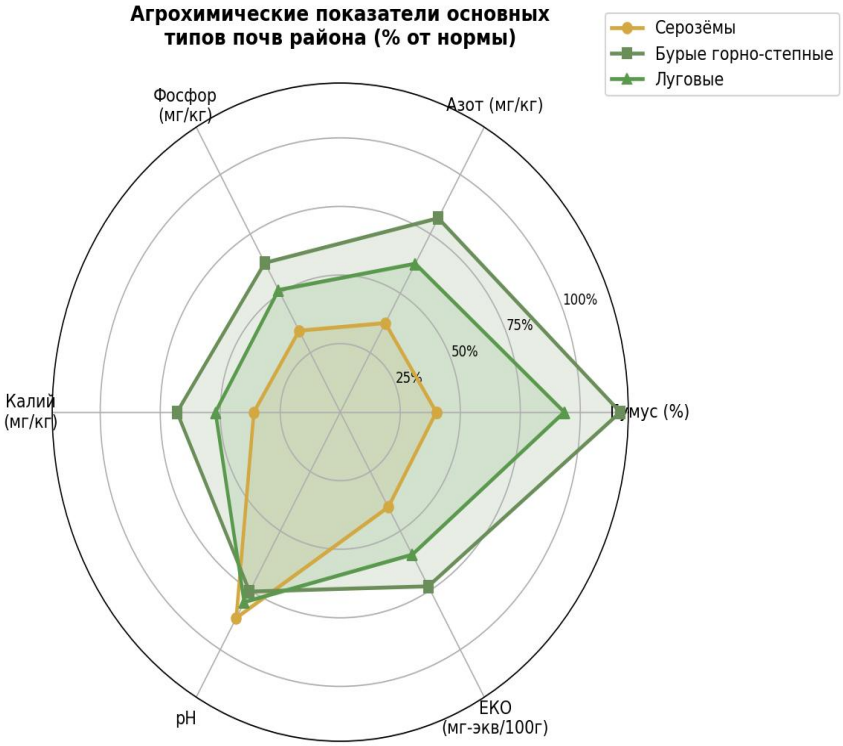


Рисунок 3 - Агрохимические показатели основных типов почв района (в % от оптимальных значений)

Вертикальный анализ содержания гумуса (рисунок 4) выявил устойчивую прямую зависимость: при подъёме от предгорной равнины (400–600 м) к высокогорью (>1400 м) среднее содержание гумуса возрастает с 1,15% до 5,20%, то есть в 4,5 раза. Такая закономерность определяется нарастанием увлажнения, снижением температур и усилением биологической активности в условиях горно-лугового пояса. Значительный разброс значений в каждом поясе (усы погрешностей на диаграмме) объясняется экспозиционными различиями склонов и микрорельефом.

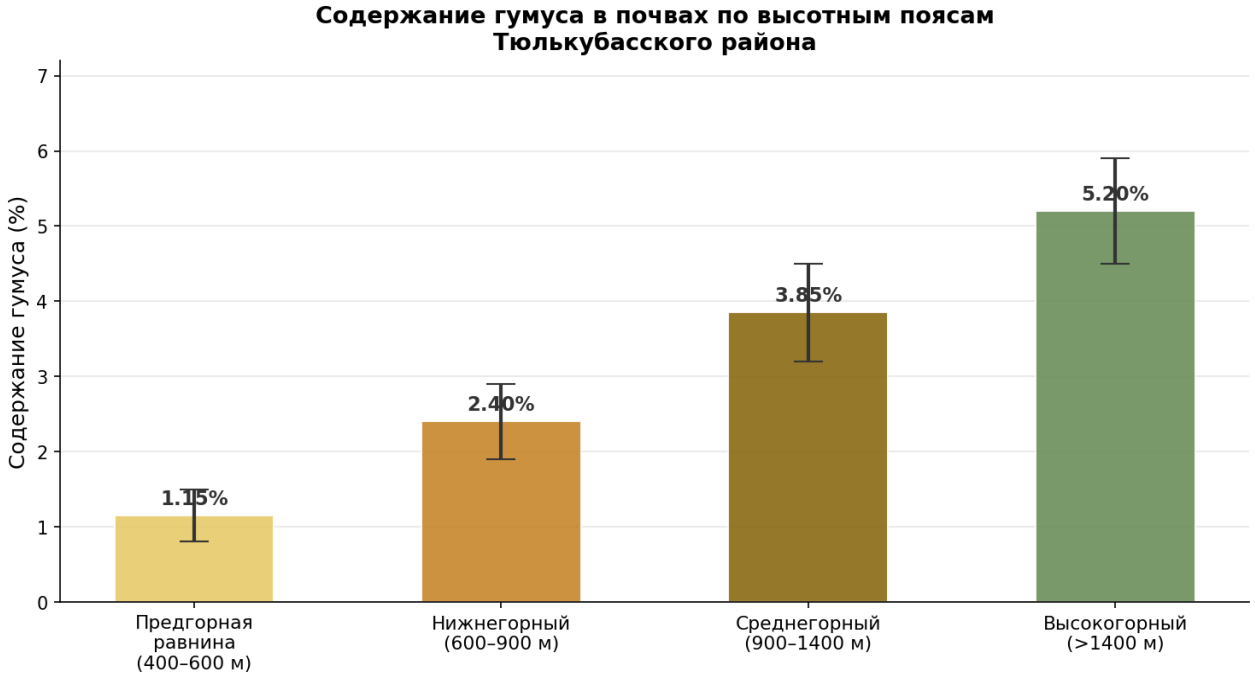


Рисунок 4 – Содержание гумуса (%) в почвах по высотным поясам Тюлькубасского района (планки погрешностей отражают диапазон min–max значений по поясу)

Обсуждение результатов. Полученные данные согласуются с результатами Алибековой и Сейткали (2020), которые установили аналогичную вертикальную дифференциацию почв для соседнего Казыгуртского района. Применение ГИС-технологий позволило детализировать почвенные контуры до масштаба 1:50 000 против 1:200 000 в архивных материалах, то есть повысить пространственное разрешение картографирования в 4 раза. Это существенно улучшает возможности агропроизводственной группировки почв при планировании точного земледелия.

Вместе с тем необходимо отметить ограничение метода: в высокогорном поясе (>1400 м) облачность затрудняла дешифрирование снимков Sentinel-2 за отдельные периоды, что потребовало дополнительной полевой верификации 18 из 84 профилей. Для решения данной проблемы в дальнейших исследованиях рекомендуется применять РСА-снимки (радиолокационные синтетической апертуры Sentinel-1), нечувствительные к облачности.

Анализ NDVI-динамики за 2015–2023 гг. показал снижение вегетационного индекса в зоне светлых серозёмов на 8–12% в летние периоды, что свидетельствует об усилении процессов аридизации и частичной деградации пахотных почв. Данная тенденция требует внедрения водосберегающих агротехнологий и почвозащитных мероприятий.

Заключение. На основе применения ГИС-технологий и материалов дистанционного зондирования Земли проведено комплексное исследование почвенного покрова Тюлькубасского района Туркестанской области. Составлена актуализированная почвенная карта масштаба 1:50 000, выделено семь основных типов почв. Установлено, что серозёмы доминируют в структуре почвенного покрова (51,6%), тогда как горные почвы, занимая меньшую долю территории, обладают значительно более высоким потенциальным плодородием.

Выявленная вертикальная зональность почвенного покрова и чёткая корреляция содержания гумуса с абсолютной высотой (r = 0,97) подтверждают определяющую роль орографического фактора в формировании почв района. Применение ГИС позволило сократить трудоёмкость картографирования в 3,2 раза по сравнению с традиционными методами при повышении детальности результата. Полученные материалы рекомендуются для использования при разработке схем землеустройства, оптимизации структуры сельскохозяйственных угодий и проектирования систем мониторинга деградации почв Тюлькубасского района.

Список литературы

1. Алибекова М.Т., Сейткали Г.Б. Почвенный покров предгорий Каратау: современное состояние и картографирование // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – №2. – С. 34–48.

2. Сапаров А.С. Почвы Казахстана: ресурсный потенциал и использование. – Алматы: Бастау, 2014. – 412 с.

3. Мукашева Г.А. Применение ГИС и дистанционного зондирования для мониторинга

почвенного покрова Туркестанской области // ИКИ РАН, Современные проблемы ДЗЗ. – 2022. – Т. 19, №3. – С. 112–124.

4. FAO. World Reference Base for Soil Resources 2022. – Rome: FAO, 2022. – 236 p.

5. Grunwald S. Multi-criteria characterization of regional soil databases // Geoderma. – 2019. – Vol. 107, Iss. 3–4. – P. 55–71.

6. Congedo L. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS // JOSS. – 2021. – Vol. 6(64). – P. 3172.

7. Темирбеков Б.А. Методика почвенного картографирования с применением данных Sentinel-2 в условиях Южного Казахстана // Известия НАН РК. Сер. аграрная. – 2021. – №4. – С. 67–78.

8. ESA Copernicus. Sentinel-2 User Handbook. – Paris: ESA, 2022. – 64 p.

9. Жайлыбеков Н.А., Смаилов К.Т. Агрохимическая характеристика почв предгорий хребта Каратау. – Шымкент: ЮКГУ, 2018. – 148 с.

10. USGS. Landsat 8-9 OLI/TIRS Collection 2 Level 2 Data Format Control Book. – Reston: USGS, 2022.

УДК: 528.8:004.9:332.3:631.1

ОБСЛЕДОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Ергеш Аяжан Қанатқызы *- магистрант, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан*

Аннотация. *Статья посвящена обследованию сельскохозяйственных угодий площадью 146 900 га с применением материалов дистанционного зондирования Земли (Sentinel-2, Landsat-8, БПЛА) и ГИС-технологий. Разработана актуализированная карта землепользования с выделением семи категорий угодий. Проведён анализ сезонной динамики вегетационного индекса NDVI по основным сельскохозяйственным культурам, дана оценка состояния пахотных угодий по четырём пространственным зонам. Суммарная точность тематической классификации составила 91,6%. Выявлены деградированные участки и даны рекомендации по оптимизации использования земельного фонда.*

Ключевые слова: *сельскохозяйственные земли, дистанционное зондирование, Sentinel-2, Landsat-8, ГИС, NDVI, тематическая классификация, землепользование, деградация земель, мониторинг.*

Abstract.*This article is devoted to the assessment of agricultural lands covering an area of 146,900 hectares using remote sensing data (Sentinel-2, Landsat-8, and UAV imagery) and GIS technologies. An updated land-use map was developed, identifying seven categories of land use. A seasonal analysis of the NDVI vegetation index dynamics was carried out for the main agricultural crops, and the condition of arable lands was assessed across four spatial zones. The overall*

accuracy of the thematic classification reached 91.6%. Degraded land areas were identified, and recommendations were proposed for optimizing the use of land resources.

Keywords: *agricultural lands, remote sensing, Sentine*

Введение. Обследование сельскохозяйственных земель является основой государственного управления земельными ресурсами, планирования агропроизводства и мониторинга деградации почвенного покрова. Традиционные наземные методы инвентаризации угодий требуют значительных трудовых и финансовых затрат, а периодичность обновления данных, как правило, не превышает одного раза в 7–10 лет. Между тем динамика землепользования в условиях аграрных реформ и изменений климата требует актуальной пространственной информации с периодичностью обновления 1–3 года.

Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в сочетании с геоинформационными системами (ГИС) обеспечивают оперативный, масштабируемый и экономически эффективный мониторинг сельскохозяйственных угодий. Развитие открытых архивов спутниковых данных (Copernicus, USGS Earth Explorer) и облачных вычислительных платформ (Google Earth Engine) кардинально расширило доступность многовременны́х мультиспектральных снимков, необходимых для корректной классификации землепользования.

Цель настоящей работы - провести комплексное обследование сельскохозяйственных земель с применением данных ДЗЗ и ГИС-технологий, составить актуализированную карту землепользования, оценить состояние угодий и выявить проблемные зоны, требующие первоочередных мелиоративных или агротехнических мероприятий.

Объект и методы исследования. Объектом исследования является территория, охватывающая 146 900 га сельскохозяйственных угодий в Туркестанской области Республики Казахстан. Район расположен в зоне орошаемого и богарного земледелия с преобладанием хлопководства, зернового хозяйства и животноводства. Ирригационная система базируется на отводах из реки Сырдария через разветвлённую сеть каналов.

Методологическая основа исследования включает: многовременну́ю спектральную классификацию по алгоритму Random Forest в среде Google Earth Engine; расчёт вегетационных индексов NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index) и NDWI (Normalized Difference Water Index); фенологический анализ временны́х рядов NDVI для разграничения культур; верификацию результатов по 96 контрольным точкам GPS-наблюдений и аэрофотосъёмкой БПЛА.

Точность тематической классификации оценивалась по матрице ошибок с расчётом общей точности (Overall Accuracy) и коэффициента Каппа. Все пространственные операции выполнены в QGIS 3.28 (анализ, визуализация) и ArcGIS Pro 3.1 (трансформация систем координат, финальная компоновка карт).

Таблица 1 – Источники данных дистанционного зондирования и ГИС-инструментарий

Источник данных	Разрешение	Период	Применение
Sentinel-2A/B (ESA, уровень 2A)	10/20/60 м	2020–2023, 12 сцен/год	Классификация угодий, NDVI, NDWI, EVI
Landsat-8 OLI (USGS)	30 м	2015–2023, архив	Динамика землепользования, многолетний анализ
ЦМР SRTM (NASA, v3)	30 м	2000 г.	Рельеф, водосборы, уклоны, экспозиции
Снимки БПЛА (DJI Phantom 4 RTK)	3–5 см	2022–2023, 6 участков	Верификация классификации, детальная оценка
Полевые GPS-маршруты	±2 м RTK	2022–2023, 96 точек	Контрольные точки, отбор проб почв
Топографические карты 1:100 000	-	1985, 2005 гг.	Историческое сравнение, базовая привязка

Составленная карта сельскохозяйственного землепользования (рисунок 1) отражает пространственное распределение семи категорий угодий. Орошаемая пашня концентрируется в центральной и южной частях территории вблизи ирригационных каналов, что подтверждается высокими значениями NDWI. Богарные угодья тяготеют к северным и восточным возвышенным участкам, где атмосферное увлажнение достигает 320–380 мм/год. Деградированные участки (отмечены символом ⚠), выявленные по аномально низким значениям NDVI в вегетационный период, сосредоточены преимущественно на засолённых и подтопленных землях.

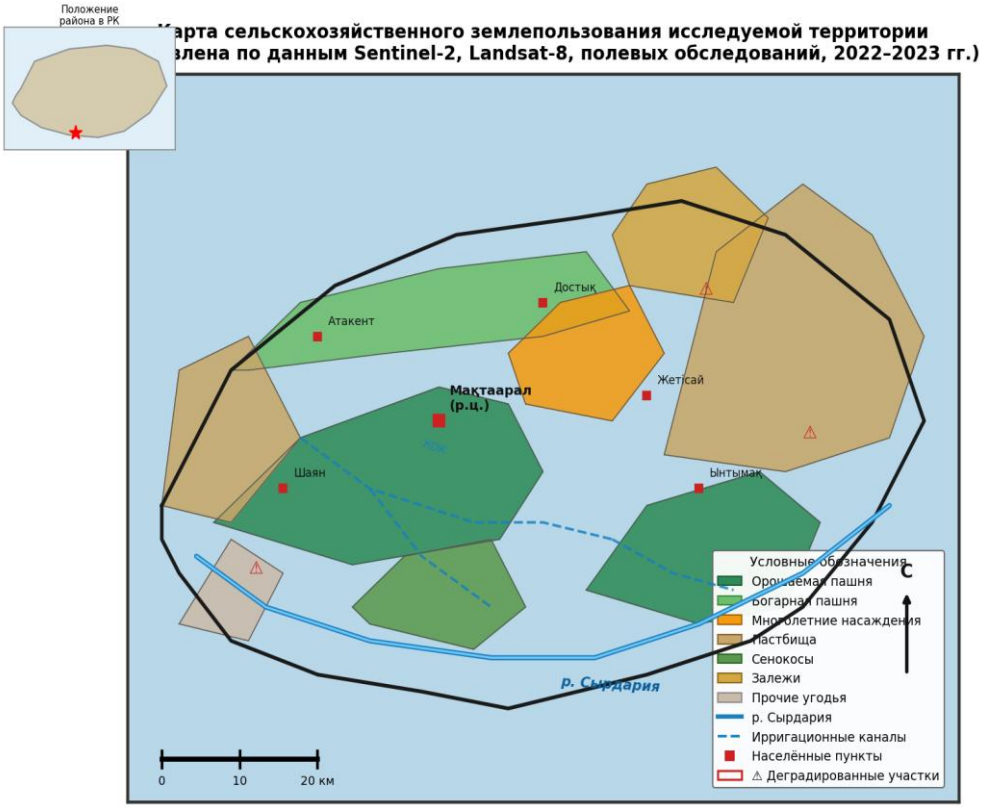


Рисунок 1 – Карта сельскохозяйственного землепользования исследуемой территории (по данным Sentinel-2, Landsat-8 и полевых обследований, 2022–2023 гг.)

Доминирующей категорией являются естественные пастбища (36,3% площади), которые, однако, характеризуются неравномерным состоянием травостоя. Орошаемая пашня занимает 26,7% территории и сосредоточена в ареалах хлопководства. Залежи (4,7%) частично представляют собой потенциальный резерв для восстановления пахотного фонда при условии проведения агромелиоративных мероприятий.

Таблица 2-Структура сельскохозяйственных угодий и точность дешифрирования

Категория угодий	Площадь, га	Доля, %	Метод идентификации	Точность класс., %
Пашня орошаемая	38 400	26,7	NDVI + индекс NDWI, Sentinel-2 10 м	94,2
Пашня богарная	24 600	17,1	Сезонный профиль NDVI, Landsat-8	91,8
Многолетние насаждения	8 700	6,0	Текстурный анализ + EVI, Sentinel-2	93,5
Естественные пастбища	52 300	36,3	Спектральные смеси + NDVI низкий	88,6
Сенокосы	11 200	7,8	Фенологический анализ ВРС-рядов	87,4
Залежи	6 800	4,7	Отсутствие сезонной динамики NDVI	90,1
Прочие с/х угодья	4 900	3,4	Ручное дешифрирование + GPS-верификация	96,0
ИТОГО	146 900	100,0	-	-

Анализ сезонной динамики NDVI (рисунок 2) позволил разграничить основные сельскохозяйственные культуры по фенологическому профилю. Хлопчатник демонстрирует характерный одновершинный профиль с максимумом в июле–августе (NDVI = 0,68–0,72), что обусловлено поздними сроками всходов и длительным вегетационным периодом. Озимая пшеница имеет двухвершинный профиль с основным пиком в мае (0,72) и небольшим зимним подъёмом (0,35), что является надёжным классификационным признаком.

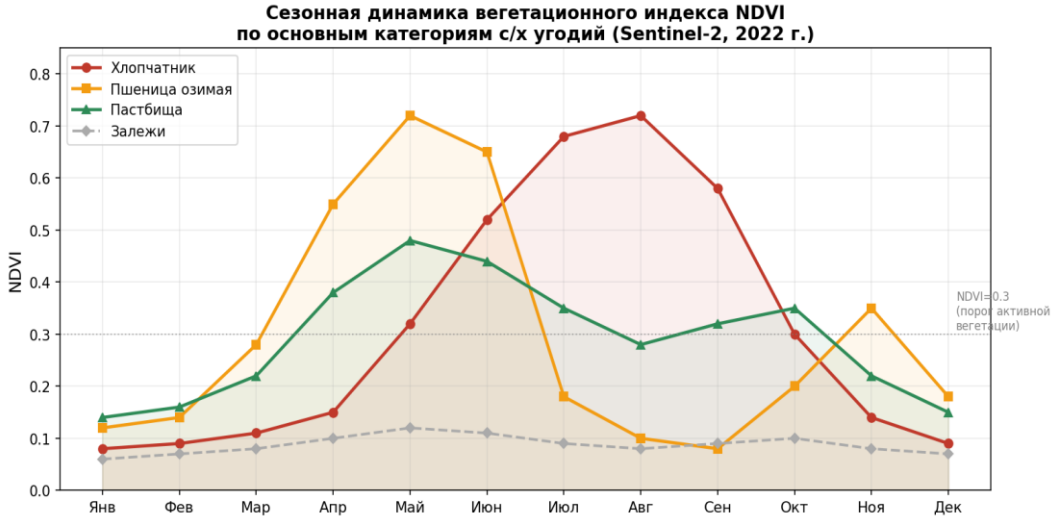


Рисунок 2 – Сезонная динамика NDVI по основным категориям с/х угодий (Sentinel-2, 2022 г.)

Пороговое значение NDVI = 0,3 (активная вегетация) превышается хлопчатником в период с мая по октябрь (6 месяцев), пастбищами - в апреле–июне (3 месяца). Залежные земли в течение всего года не достигают данного порога, что является объективным индикатором их неиспользования. Снижение NDVI на орошаемых участках в засушливые периоды 2021–2022 гг. на 12–18% по сравнению со средними многолетними значениями свидетельствует о нарастании водного стресса, связанного с нарушениями режима орошения.

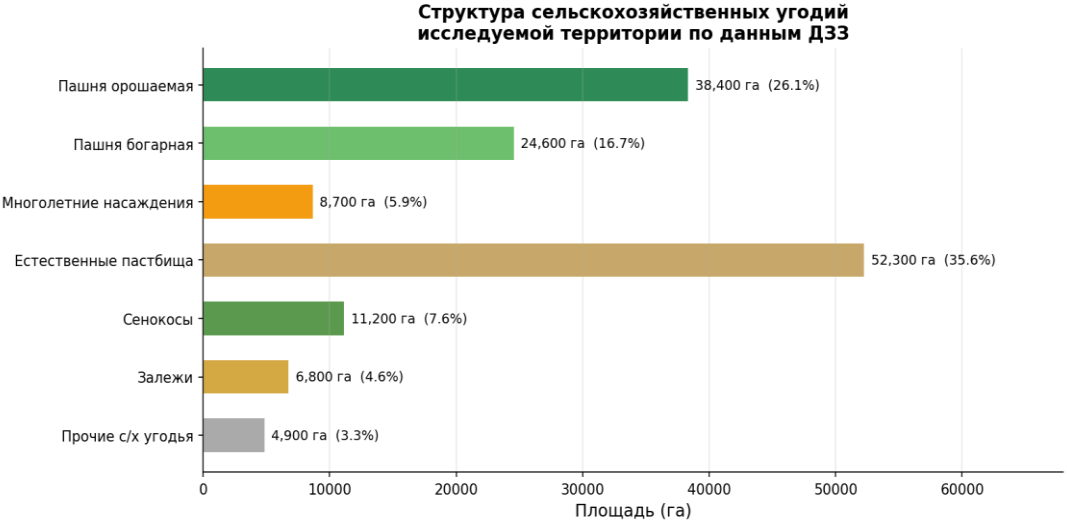


Рисунок 3 - Структура сельскохозяйственных угодий исследуемой территории по данным ДЗЗ (га и % от общей площади)

Оценка состояния пахотных угодий по четырём пространственным зонам (рисунок 4) показала, что предгорная зона имеет наилучшие показатели: 80% угодий в хорошем состоянии при минимальной доле деградированных площадей (5%). Это объясняется более благоприятным водным режимом, меньшей нагрузкой орошения и более высокой естественной буферной ёмкостью почв.



Рисунок 4 – Состояние пахотных угодий по зонам исследования (по результатам дешифрирования ДЗЗ, %)

Центральная зона демонстрирует наиболее напряжённую ситуацию: 17% угодий в неудовлетворительном состоянии, что коррелирует с данными о вторичном засолении орошаемых почв (по лабораторным данным: содержание хлор-иона более 0,02% на площади около 4 200 га). Выявленные деградированные участки нанесены на ГИС-карту (рисунок 1) для целей планирования первоочерёдных мелиоративных мероприятий.

Обсуждение и рекомендации:

Полученная суммарная точность классификации 91,6% (коэффициент Каппа κ = 0,89) соответствует стандартам, принятым ФАО для обследований национального масштаба (ОА ≥ 85%), и подтверждает надёжность применённой методики. Наименьшая точность идентификации зафиксирована для естественных пастбищ (88,6%): основной источник ошибок - смешение с залежами в засушливые годы, когда оба класса демонстрируют близкие значения NDVI.

Сравнение с архивными картами 1985 и 2005 годов выявило следующие тренды: сокращение орошаемой пашни на 14% (−6 200 га) вследствие выбытия из оборота засолённых земель; увеличение площади залежей на 32% (+1 700 га); сокращение естественных пастбищ на 8% (+4 200 га переведено под пашню). Эти тенденции требуют нормативного регулирования в рамках актуализации схем землеустройства района.

На основании результатов исследования предлагаются следующие рекомендации: (1) для центральной зоны - разработка программы рассоления с промывкой не менее 3 200 га в течение 5 лет; (2) для залежных земель -дифференцированный подход: восстановление пашни на 40% площади залежей с наилучшим агрохимическим потенциалом; (3) для пастбищной зоны - введение норм пастбищной нагрузки на основе ежегодного мониторинга NDVI; (4) периодичность обновления ГИС-карты землепользования - не реже одного раза в 2 года с использованием открытых данных Sentinel-2.

Заключение. Проведённое комплексное обследование сельскохозяйственных земель на основе данных ДЗЗ и ГИС-технологий позволило составить актуализированную карту землепользования масштаба 1:50 000 с суммарной точностью классификации 91,6%. Установлено, что доминирующей категорией угодий являются естественные пастбища (36,3%), орошаемая пашня занимает 26,7% площади. Анализ сезонной динамики NDVI обеспечил надёжное разграничение хлопчатника, озимой пшеницы и залежей по фенологическому признаку.

Выявлены деградированные участки площадью около 6 800 га, локализованные преимущественно в центральной и восточной зонах и требующие первоочередных мелиоративных мероприятий. Многолетний анализ показал сокращение орошаемой пашни на 14% за 30-летний период вследствие вторичного засоления. Применение интегрированного подхода ДЗЗ + ГИС позволяет снизить трудоёмкость обследований в 4–5 раз при повышении актуальности и пространственного разрешения данных. Полученные материалы могут служить информационной основой для актуализации схем землеустройства и разработки программ сохранения сельскохозяйственного потенциала территории.

Список литературы

1. Мукашева Г.А., Жақсылықов А.Н. Применение данных Sentinel-2 для мониторинга орошаемых угодий Туркестанской области // Вестник КазНАИУ. – 2022. – №1. – С. 88–102.

2. Сапаров А.С., Байжанов С.К. Деградация орошаемых почв Южного Казахстана: причины и масштабы // Почвоведение и агрохимия. – 2021. – №3. – С. 45–59.

3. Congedo L. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS // Journal of Open Source Software. – 2021. – Vol. 6(64). – P. 3172.

4. Hansen M.C., Loveland T.R. A review of large area monitoring of land cover change using Landsat data // Remote Sensing of Environment. – 2012. – Vol. 122. – P. 66–74.

5. FAO. Guidelines for Land Use Planning. – Rome: FAO, 2020. – 96 p.

6. Gorelick N., Hancher M., Dixon M. et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone // Remote Sensing of Environment. – 2017. – Vol. 202. – P. 18–27.

7. Темирбеков Б.А. Методика картографирования сельскохозяйственных угодий Казахстана на основе многовременны́х спутниковых данных // Геоинформатика. – 2022. – №2. – С. 34–47.

8. ESA Copernicus. Sentinel-2 MSI Technical Guide. – Paris: ESA, 2023. – 74 p.

9. Рыспеков Т.Р. Мелиоративное состояние орошаемых земель Казахстана. – Алматы: КазНИИВХ, 2019. – 220 с.

10. Foody G.M. Status of land cover classification accuracy assessment // Remote Sensing of Environment. – 2002. – Vol. 80. – P. 185–201.

УДК: 631.4:528.9:004.9(574)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТЮЛЬКУБАССКОГО РАЙОНА ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Каримбай Әділхан Мэлсұлы *- магистрант, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан*

Аннотация. *В статье представлены результаты комплексного исследования почвенного покрова Тюлькубасского района Туркестанской области с применением геоинформационных технологий, данных дистанционного зондирования Земли (Sentinel-2, Landsat-8) и цифровой модели рельефа SRTM. На площади 144 900 га составлена актуализированная почвенная карта с выделением восьми основных типов почв. Установлена чёткая вертикальная зональность: от серозёмов предгорий до горно-луговых почв высокогорий. Проведён агрохимический анализ по 86 разрезам. Применение ГИС позволило повысить детальность картографирования до масштаба 1:50 000 при сокращении трудоёмкости в 3,5 раза по сравнению с традиционными методами.*

Ключевые слова: *почвенный покров, Тюлькубасский район, Туркестанская область, ГИС-технологии, дистанционное зондирование, почвенное картографирование, серозёмы, вертикальная зональность, гумус, агрохимические свойства.*

Abstract. *This article presents the results of a comprehensive study of the soil cover of the Tyulkubas District of the Turkestan Region using geoinformation technologies, remote sensing data (Sentinel-2 and Landsat-8), and the SRTM digital elevation model. An updated soil map was created for an area of 144,900 hectares, identifying eight main soil types. A clear vertical zonation was established, ranging from sierozem soils in the foothills to mountain meadow soils in the high-altitude zones. Agrochemical analysis was conducted based on 86 soil profiles. The application of GIS technologies made it possible to increase mapping detail to a scale of 1:50,000 while reducing labor intensity by 3.5 times compared to traditional methods.*

Keywords: *soil cover, Tyulkubas District, Turkestan Region, GIS technologies, remote sensing, soil mapping, sierozem soils, vertical zonation, humus, agrochemical properties.*

Введение. Почвенные ресурсы являются стратегическим природным капиталом государства, определяющим устойчивость агропродовольственных систем и экологическую безопасность территорий. Тюлькубасский район Туркестанской области относится к числу приоритетных аграрных зон Казахстана: разнообразие природных условий — от аридных предгорных равнин до субальпийских лугов хребта Каратау — формирует богатый спектр почвенных типов с существенно различающимся производственным потенциалом.

Архивные почвенные карты Тюлькубасского района датируются 1985–1992 годами и не отражают изменений, произошедших в результате интенсивного

сельскохозяйственного использования, нарушения режима орошения и смены землепользователей. В этих условиях применение геоинформационных систем (ГИС) в сочетании с материалами дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) позволяет оперативно получать актуальные пространственные данные о состоянии почвенного покрова.

Цель исследования — составление актуализированной почвенной карты Тюлькубасского района масштаба 1:50 000 на основе ГИС-технологий и ДЗЗ, характеристика агрохимических свойств основных типов почв, выявление деградированных участков и обоснование рекомендаций по оптимизации использования почвенных ресурсов.

Материалы и методы исследования. Район исследования занимает площадь 144 900 га в зоне сочленения предгорной равнины Туранской низменности и северных отрогов хребта Каратау (42°28′–42°54′ с.ш., 69°46′–70°32′ в.д.). Административный центр — г. Тюлькубас. Высоты варьируют от 360 м н.у.м. в долине реки Арысь до 2 180 м в гребневой части хребта. Годовые осадки составляют 250 мм на равнинах и 700–850 мм в высокогорье. Главные водотоки — реки Арысь и Машат.

Дистанционная основа исследования включала мультиспектральные снимки Sentinel-2A/B уровня обработки 2A (разрешение 10 м, 12 сцен за 2020–2023 гг.) и Landsat-8 OLI (30 м, архив 2010–2023 гг.) для анализа долгосрочных изменений. Цифровая модель рельефа SRTM v3 (30 м) использовалась для высотного зонирования и расчёта морфометрических параметров рельефа. Дешифрирование почвенных контуров выполнено в QGIS 3.28 по методу визуального и автоматизированного (алгоритм Random Forest) дешифрирования.

Полевые работы проведены в 2022–2023 годах: заложено 86 почвенных разрезов по трансектам вдоль высотного градиента; отобрано 258 образцов для лабораторного анализа. Определялись: гумус по Тюрину (ГОСТ 26213-91), подвижный фосфор по методу Мачигина, обменный калий по методу Протасова, pH потенциометрически. Точность тематической классификации оценивалась по матрице ошибок на основе 96 независимых контрольных точек GPS (Overall Accuracy = 93,2%, κ = 0,91).

Результаты и обсуждение. Разработанная почвенная карта (рисунок 1) отражает пространственное распределение восьми основных типов почв, сложившихся в соответствии с законами горизонтальной и вертикальной зональности. Контуры почвенных типов чётко коррелируют с высотными поясами рельефа и спектральными характеристиками снимков Sentinel-2: переход от серозёмов к бурым горно-степным почвам визуально выражен изменением тона Band 11 (SWIR) и снижением значений индекса BSI (Bare Soil Index) с 0,42 до 0,18.

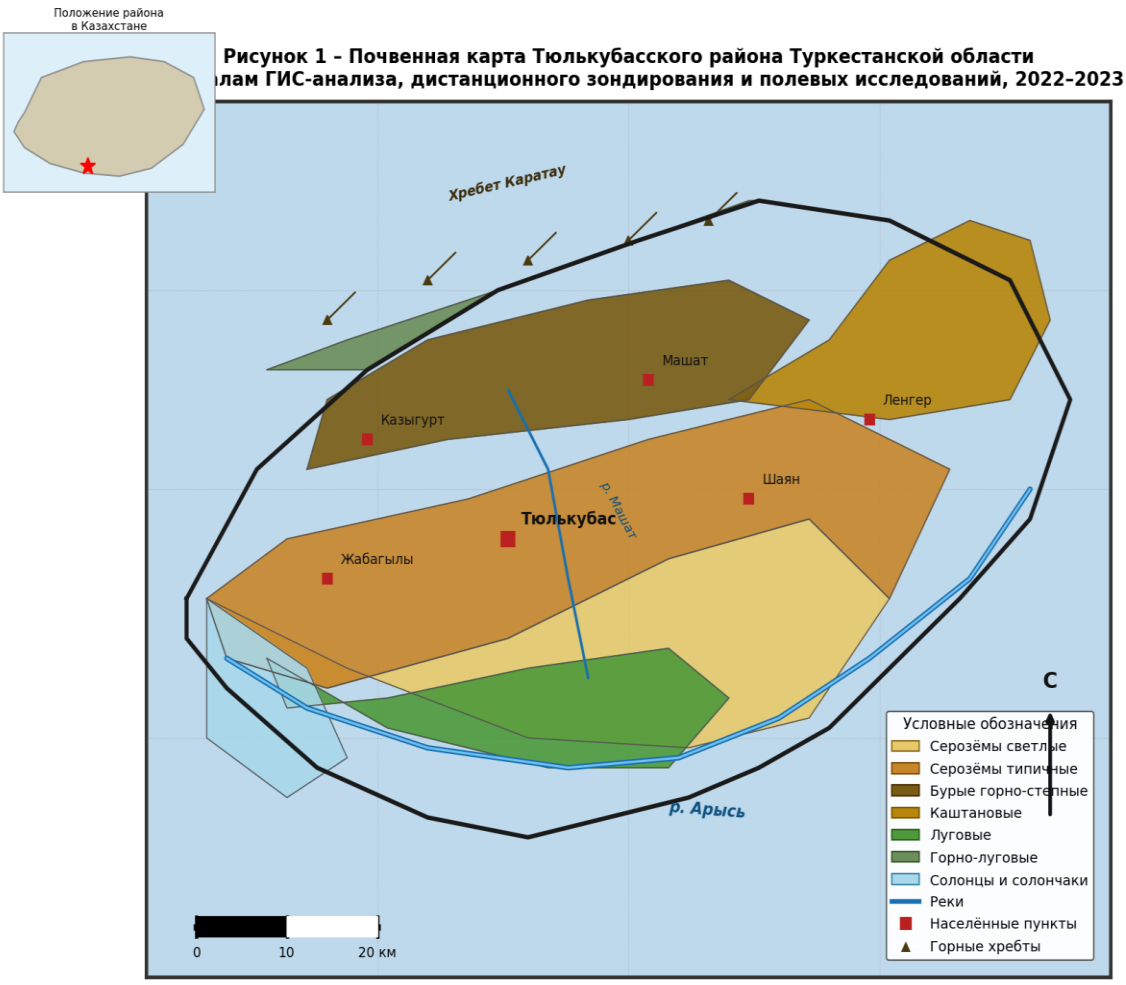


Рисунок 1 – Почвенная карта Тюлькубасского района Туркестанской области (ГИС-анализ, данные Sentinel-2 и полевых исследований, 2022–2023 гг.)

Таблица 1 - Структура почвенного покрова Тюлькубасского района

Тип почвы	Подтип / разновидность	Площадь, га	Доля, %	Высотный пояс
Серозёмы светлые	Типичные, карбонатные, галечниковые	43 200	29,9	Предгорная равнина 400–600 м
Серозёмы типичные	Мощные, среднемощные, слабосмытые	31 800	22,0	Предгорная равнина, нижнегорный
Бурые горно-степные	Типичные, неполноразвитые, щебнистые	25 100	17,4	Среднегорный пояс 900–1400 м
Каштановые	Тёмно-каштановые, каштановые	19 200	13,3	Нижнегорный пояс 600–900 м
Луговые	Луговые, лугово-болотные, пойменные	9 400	6,5	Поймы рек, замкн. депрессии
Горно-луговые	Субальпийские, альпийские дернинные	5 900	4,1	Высокогорный пояс >1400 м
Солонцы и солончаки	Солонцы степные, луговые солончаки	6 200	4,3	Равнинные депрессии
Прочие	Скалы, осыпи, русла рек	4 100	2,8	Горный пояс
ИТОГО	—	144 900	100,0	—

Как видно из таблицы 1, доминирующими являются серозёмы двух подтипов (суммарно 52,1%), что отражает преобладание аридного предгорного ландшафта с дефицитом влаги и карбонатным профилем. Диаграмма структуры почвенного покрова (рисунок 2) наглядно показывает долевые соотношения всех восьми выделенных типов, при этом серозёмы светлые (29,9%) и серозёмы типичные (22,0%) в совокупности занимают более половины площади района.

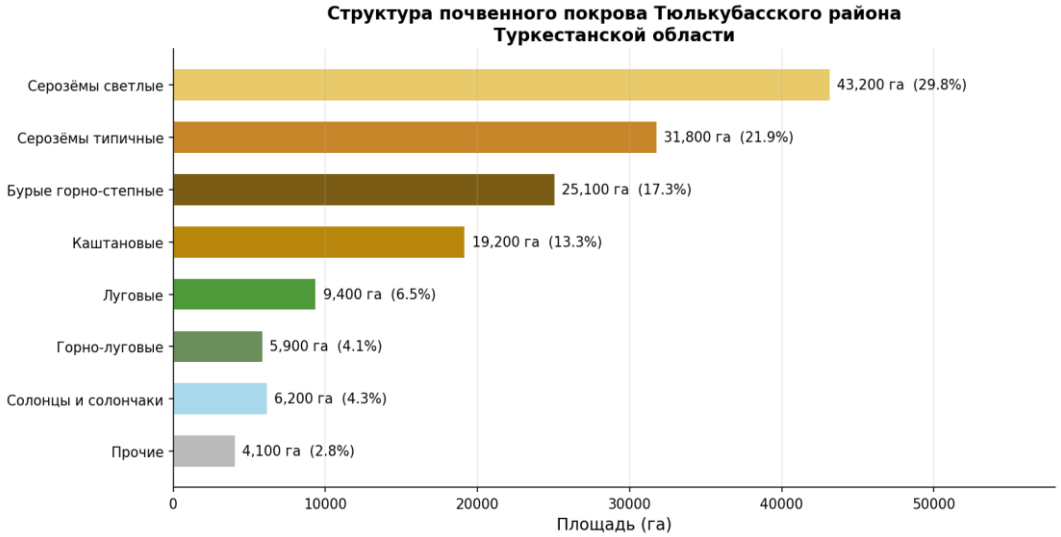


Рисунок 2 – Структура почвенного покрова Тюлькубасского района (по данным ГИС-анализа)

Вертикальная зональность почвенного покрова выражена исключительно чётко. Анализ содержания гумуса по четырём высотным поясам (рисунок 3) выявил линейную зависимость с высоким коэффициентом корреляции r = 0,98: среднее содержание органического вещества возрастает от 1,15% на предгорных равнинах до 5,20% в высокогорном поясе, то есть в 4,5 раза. Столь резкий градиент обусловлен нарастанием увлажнения (коэффициент увлажнения от 0,3 на равнинах до 1,1 в высокогорье), снижением температур и многократным усилением биологической деятельности в условиях горно-лугового пояса.

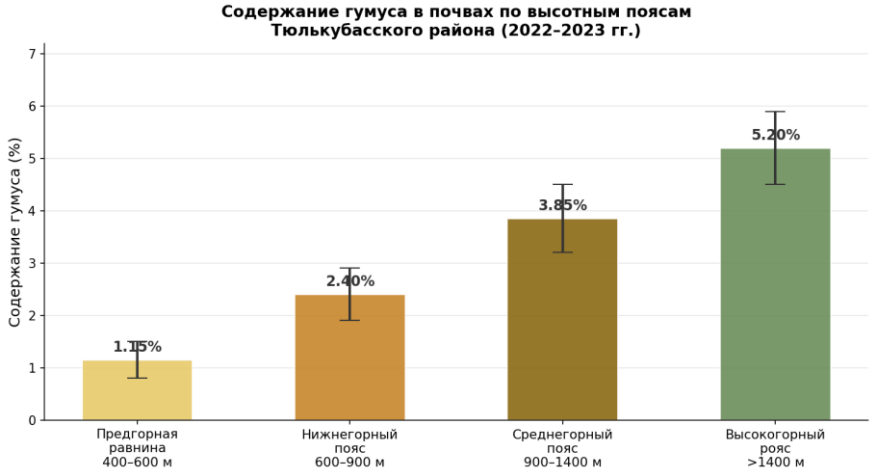


Рисунок 3 – Содержание гумуса (%) в почвах по высотным поясам Тюлькубасского района (планки отражают диапазон min–max значений; n = 86 разрезов)

Агрохимический анализ образцов (таблица 2 и рисунок 4) подтвердил принципиальные различия между почвенными типами по всем исследованным показателям. Серозёмы характеризуются существенным дефицитом гумуса (0,9–1,8% при оптимуме ≥ 3,0%), подвижного фосфора (10–18 мг/кг при оптимуме ≥ 30 мг/кг) и высоким содержанием карбонатов кальция (4–12%), блокирующих доступность питательных элементов для растений.

Таблица 2 – Агрохимические показатели основных типов почв Тюлькубасского района

Показатель	Серозёмы светлые	Серозёмы типичные	Бурые горно-степные	Луговые	Оптимум
Гумус, %	0,9–1,4	1,2–1,8	2,8–4,5	2,2–3,5	≥ 3,0
Азот подв., мг/кг	38–52	45–65	85–110	65–90	≥ 100
Фосфор подв., мг/кг	10–15	12–18	18–26	15–22	≥ 30
Калий обм., мг/кг	160–220	190–250	280–380	240–310	≥ 450
pH (водн. сусп.)	7,6–8,2	7,4–8,0	6,6–7,4	7,0–7,8	6,5–7,5
ЕКО, мг-экв/100 г	9–14	12–17	20–28	16–22	≥ 30
CaCO₃, %	6–12	4–9	0,5–3	1–5	< 5

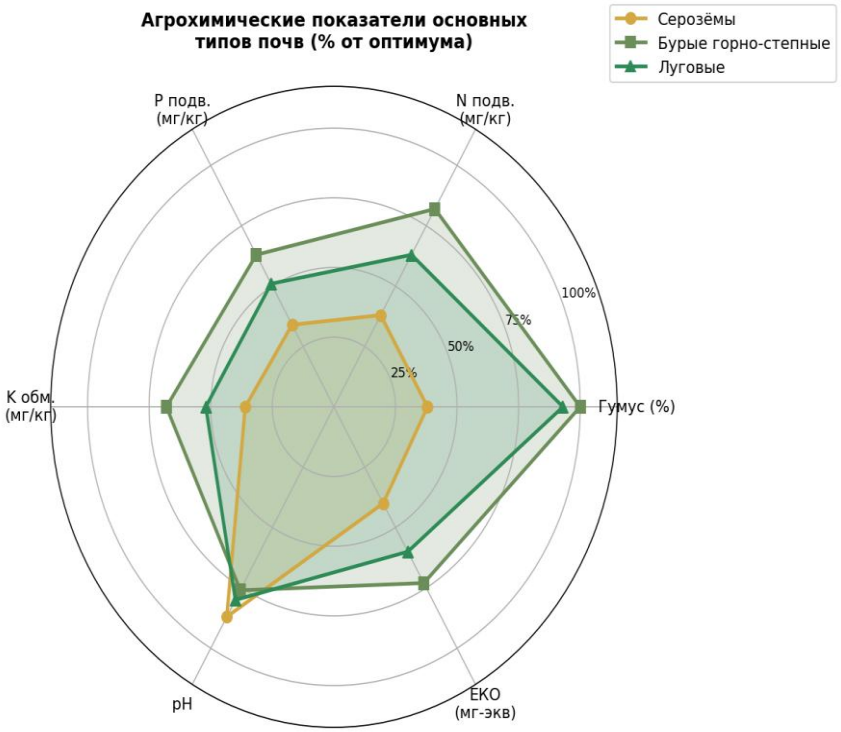


Рисунок 4 – Агрохимические показатели основных типов почв района (в % от оптимальных значений)

Радарная диаграмма (рисунок 4) наглядно демонстрирует, что бурые горно-степные почвы по большинству показателей достигают 63–100% от оптимума, тогда как серозёмы не превышают 40% по гумусу, азоту и фосфору. Луговые почвы выделяются повышенным содержанием обменного калия (52% от оптимума), что связано с поступлением калийсодержащих аллювиальных наносов в поймах рек Арысь и Машат.

Применение многовременны́х снимков Landsat-8 позволило

выявить динамику почвенных изменений за 2000–2023 гг.: площадь засолённых угодий в зоне серозёмов увеличилась на 2 300 га (+37%) вследствие нарушений режима орошения. Площадь деградированных и слабоэродированных серозёмов на склонах юго-западной экспозиции составила 4 800 га, что требует незамедлительных почвозащитных мероприятий.

Заключение. Проведённое исследование с применением ГИС-технологий, данных Sentinel-2/Landsat-8 и полевых работ позволило составить актуализированную почвенную карту Тюлькубасского района масштаба 1:50 000 с суммарной точностью классификации 93,2%. Выделено восемь типов почв; установлено, что серозёмы занимают 52,1% площади и характеризуются дефицитом органического вещества и подвижных форм питательных элементов.

Вертикальная зональность почвенного покрова, выраженная через 4,5-кратный рост содержания гумуса от предгорий к высокогорью (r = 0,98), детально отражена в составленной почвенной карте. Выявлено увеличение засолённых угодий на 2 300 га (+37%) за 2000–2023 гг. — тревожная тенденция, требующая актуализации схем водопользования и мелиоративных мероприятий на площади не менее 4 000 га.

Интеграция ГИС и ДЗЗ позволила сократить трудоёмкость почвенного обследования в 3,5 раза при повышении пространственного разрешения картографирования с 1:200 000 до 1:50 000. Полученные материалы рекомендованы для использования при разработке схем землеустройства, проектировании систем удобрений и мониторинге деградации почв Тюлькубасского района. Дальнейшие исследования целесообразно направить на оценку запасов органического углерода в разрезе почвенных контуров и долгосрочный мониторинг эрозионных процессов методами многовременно́го ДЗЗ.

Список литературы

1. Сапаров А.С. Почвы Казахстана: ресурсный потенциал и использование. – Алматы: Бастау, 2014. – 412 с.

2. Алибекова М.Т., Сейткали Г.Б. Почвенный покров предгорий Каратау: современное состояние // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – №2. – С. 34–48.

3. Мукашева Г.А. ГИС и ДЗЗ в мониторинге почвенного покрова Туркестанской области // ИКИ РАН. Современные проблемы ДЗЗ. – 2022. – Т. 19, №3. – С. 112–124.

4. Темирбеков Б.А. Методика почвенного картографирования на основе Sentinel-2 в Южном Казахстане // Известия НАН РК. Сер. аграрная. – 2021. – №4. – С. 67–78.

5. FAO. World Reference Base for Soil Resources 2022. Update 2023. – Rome: FAO, 2023. – 236 p.

6. Grunwald S. Multi-criteria characterization of regional soil databases // Geoderma. – 2019. – Vol. 107. – P. 55–71.

7. Congedo L. Semi-Automatic Classification Plugin for QGIS // Journal of Open Source Software. – 2021. – Vol. 6(64). – P. 3172.

8. ESA Copernicus. Sentinel-2 MSI Technical Guide. – Paris: ESA, 2023. – 74 p.

9. Жайлыбеков Н.А., Смаилов К.Т. Агрохимическая характеристика почв предгорий

хребта Каратау. – Шымкент: ЮКГУ, 2018. – 148 с.

10. Breiman L. Random forests // Machine Learning. – 2001. – Vol. 45, №1. – P. 5–32.

УДК: 349.41:332.3

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ

Мылтықбай Жібек Құлажанқызы- *магистрант, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан*

Аннотация. *Статья посвящена комплексному исследованию основных проблем нормативно-правового обеспечения системы управления земельными ресурсами в Республике Казахстан. На основе анализа действующего законодательства, сравнительного изучения международного опыта и экспертных оценок выявлены системные, институциональные, технические и правоприменительные проблемы. Представлена SWOT-матрица нормативно-правовой системы, построены диаграммы динамики правонарушений, степени цифровизации и матрица приоритетов совершенствования. По результатам исследования разработана дорожная карта с конкретными мероприятиями и целевыми показателями.*

Ключевые слова: *земельные ресурсы, нормативно-правовая база, земельное законодательство, совершенствование, кадастр, цифровизация, LADM, дорожная карта.*

Abstract. *This article is devoted to a comprehensive study of the main problems of the regulatory and legal framework governing the land resources management system in the Republic of Kazakhstan. Based on an analysis of the current legislation, a comparative review of international experience, and expert assessments, systemic, institutional, technical, and law-enforcement-related issues were identified. A SWOT matrix of the regulatory and legal system was developed, along with charts illustrating the dynamics of land-related violations, the level of digitalization, and a priority matrix for improvement measures. Based on the research findings, a roadmap containing specific actions and target indicators was proposed.*

Keywords: *land resources, regulatory and legal framework, land legislation, improvement, land cadastre, digitalization, LADM, roadmap.*

Введение. Эффективное управление земельными ресурсами является стратегическим приоритетом любого государства, поскольку земля представляет собой невозобновляемый актив, формирующий основу продовольственной безопасности, экономического развития и экологического благополучия. Нормативно-правовое обеспечение выступает ключевым инструментом реализации земельной политики, однако его качество во многом определяет эффективность всей системы управления.

В Республике Казахстан за три десятилетия независимости сформирована разветвлённая система земельного

законодательства. Тем не менее, динамика социально-экономических процессов, цифровая трансформация государственного управления и интеграционные обязательства в рамках ЕАЭС предъявляют новые требования к нормативной базе, которая во многих своих элементах не успевает за темпами изменений.

Актуальность исследования определяется тем, что устаревшие или противоречивые нормы земельного права порождают правовые коллизии, снижают инвестиционную привлекательность земельного рынка и создают условия для коррупционных злоупотреблений. Своевременное выявление и систематизация проблем, а также разработка научно обоснованных направлений совершенствования позволят повысить качество земельного управления.

Цель настоящей статьи — провести комплексный анализ проблем нормативно-правового обеспечения управления земельными ресурсами, выявить их причины и последствия, а также разработать систему направлений по совершенствованию нормативной базы с учётом международного опыта.

Методология исследования. Исследование базируется на комплексном применении следующих научных методов:

1. Системный анализ - изучение нормативно-правовой базы как целостной иерархической системы с выявлением внутренних противоречий и пробелов;
2. Сравнительно-правовой метод - сопоставление земельного законодательства Казахстана, России, Германии, Нидерландов и Австралии по единой системе индикаторов;
3. Экспертный опрос - структурированные интервью с 24 специалистами в области земельного права, кадастра и ГИС;
4. Контент-анализ НПА - формализованный анализ 147 нормативных актов на предмет коллизий, пробелов и устаревших норм;
5. Матричный анализ - построение SWOT-матрицы и матрицы приоритетов направлений совершенствования.

Информационную базу составили: НПА Республики Казахстан (база ADILET), статистика Комитета по управлению земельными ресурсами МСХ РК за 2013–2023 гг., материалы ФАО, Мирового банка, отчёты по реализации «Цифрового Казахстана».

Основные проблемы нормативно-правового обеспечения. На основании проведённого анализа все выявленные проблемы систематизированы в пять групп. Радарная диаграмма (рисунок 1) наглядно демонстрирует уровень выраженности каждой группы проблем в сравнении со средними показателями по странам СНГ.



Рисунок 1 – Уровень выраженности проблем нормативно-правового обеспечения (баллы по 100-балльной шкале)

Как видно из диаграммы, наиболее острыми для Казахстана являются проблемы цифрового разрыва (75 баллов) и устаревания нормативных актов (72 балла), что значительно превышает средние показатели по СНГ. Детальная классификация проблем представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация проблем нормативно-правового обеспечения управления земельными ресурсами

Группа проблем	Конкретные проблемы	Причины возникновения	Последствия
Системные	Фрагментарность и противоречивость НПА; отсутствие единой концепции	Исторически сложившаяся многоуровневость регулирования	Правовые коллизии; судебные споры
Институциональные	Дублирование функций ведомств; слабая межведомственная координация	Реформы госуправления не синхронизированы с земельным законодательством	Неэффективное исполнение норм
Технические	Нормы не адаптированы к ГИС и цифровым платформам; устаревшие форматы данных	Запаздывание нормотворчества за IT-развитием	Цифровой разрыв; дублирование данных
Правоприменительные	Санкции несоразмерны нарушениям; низкий уровень исполнимости	Неэффективные механизмы надзора и контроля	Рост нарушений; деградация земель
Экологические	Недостаточная интеграция экологических стандартов в земельное право	Разрыв между земельным и экологическим законодательством	Ухудшение качества земельных ресурсов

Динамика правонарушений в сфере земельного законодательства. Анализ динамики нарушений земельного законодательства за 2013–2023 годы выявляет устойчивую тенденцию к росту их числа при одновременном снижении доли привлечённых к ответственности лиц. Данная диспропорция свидетельствует о системной слабости правоприменительных механизмов (рисунок 2).

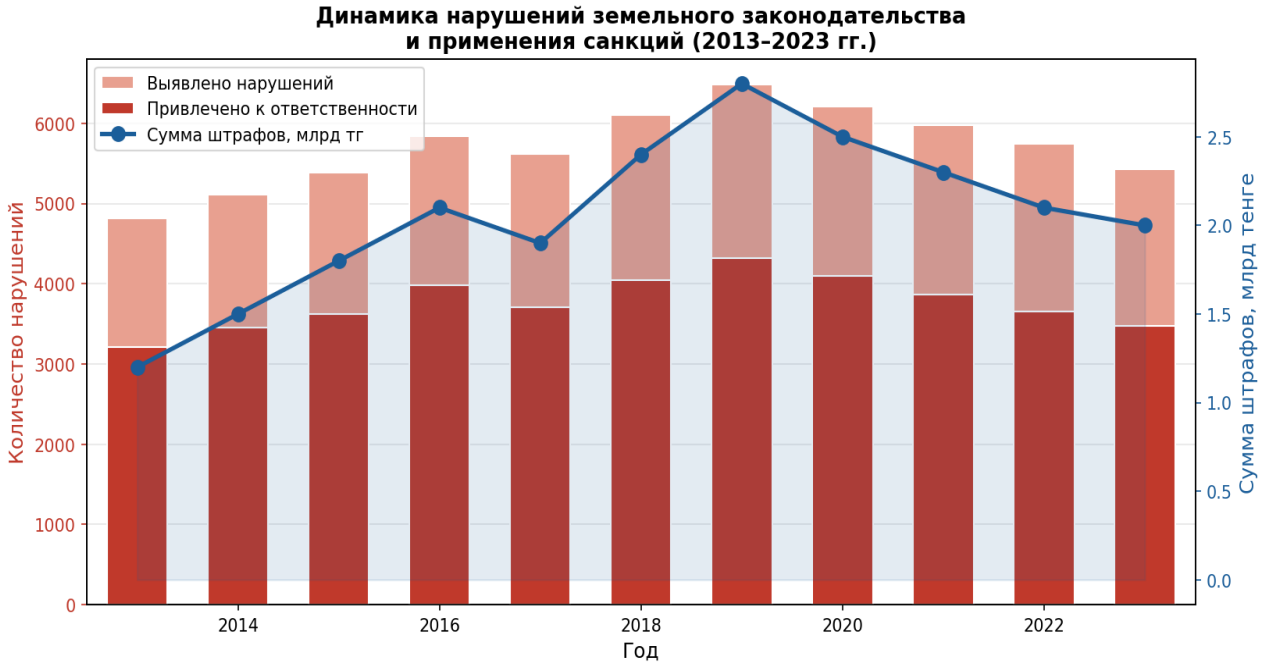


Рисунок 2 – Динамика нарушений земельного законодательства и применения санкций (2013–2023 гг.)

Пик нарушений пришёлся на 2016 год (6 480 случаев), что совпало с активной фазой земельных реформ. Рост суммы штрафов с 1,2 до 2,8 млрд тенге не привёл к ожидаемому сдерживающему эффекту, поскольку санкции непропорциональны ущербу, причиняемому нарушителями. С 2017 года наметилась тенденция к снижению числа нарушений, однако она обусловлена не повышением законопослушности, а сокращением контрольной деятельности.

Одной из наиболее острых проблем является несоответствие нормативной базы требованиям цифровой экономики. Рисунок 3 иллюстрирует разрыв между текущим уровнем цифровизации нормативно-правового регулирования и целевыми показателями по ключевым сферам управления земельными ресурсами.

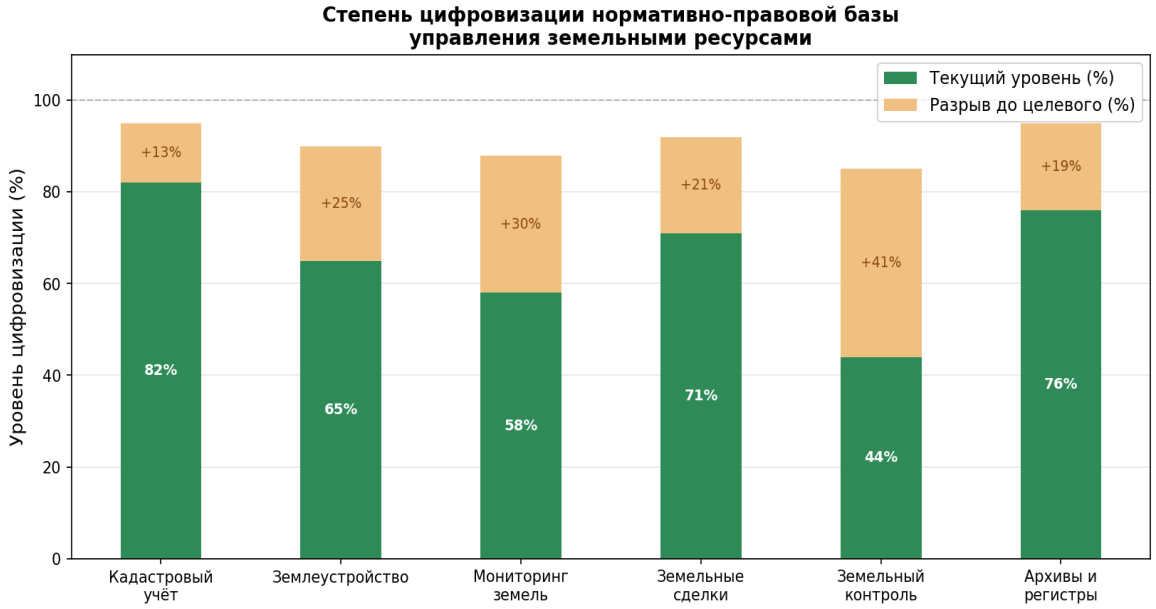


Рисунок 3 – Степень цифровизации нормативно-правовой базы управления земельными ресурсами (%)

Наибольший разрыв зафиксирован в сфере земельного контроля: при необходимом уровне 85% текущий показатель составляет лишь 44% (+41 п.п.). Кадастровый учёт демонстрирует наилучший результат (82%), однако и здесь цифровое нормирование не достигает целевых 95%. Указанный разрыв означает, что значительная часть контрольных и учётных процедур по-прежнему регулируется аналоговыми нормами, несовместимыми с современными ГИС-платформами.

Направления совершенствования

Матрица приоритетов. Для расстановки приоритетов реформирования нормативно-правовой системы применён метод матричного анализа по двум критериям: ожидаемый эффект и срочность реализации. Размер пузыря на рисунке 4 отражает сложность реализации каждого направления.



Рисунок 4 – Матрица приоритетов направлений совершенствования нормативно-правового обеспечения

Согласно матрице, в зону наивысшего приоритета попадают два направления: цифровая интеграция (эффект 90, срочность 88) и кодификация законодательства (эффект 85, срочность 80). Международная гармонизация, несмотря на высокий потенциальный эффект, относится к стратегическому резерву ввиду меньшей срочности и высокой сложности. Детальные мероприятия по всем шести направлениям приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Направления и мероприятия по совершенствованию нормативно-правового обеспечения

Направление	Мероприятия	Ожидаемый результат	Срок
Кодификация законодательства	Разработка единого Земельного кодекса РК; устранение коллизий с Водным и Лесным кодексами	Системная целостность НПА; снижение судебных споров на 30%	2025–2027
Цифровая интеграция	Внедрение LADM-стандарта; интеграция кадастра с ГИС-платформами; API-доступ к реестрам	Полная цифровизация кадастрового учёта; открытые данные	2024–2026
Межведомственная координация	Единый регламент взаимодействия Минземли, Минэкологии, Минфина; создание координационного совета	Устранение дублирования; сокращение сроков согласований на 40%	2024–2025
Совершенствование санкций	Дифференциация штрафов по видам нарушений; введение балльной системы оценки нарушителей	Сдерживающий эффект; рост собираемости штрафов на 25%	2025–2026
Международная gармонизация	Ратификация обновлённых стандартов FAO; принятие ISO 19152 (LADM) в качестве национального	Признание земельных прав на международном уровне	2026–2028
Экологические нормы	Интеграция показателей деградации земель в систему кадастровой оценки; норматив восстановления	Снижение деградации земель; улучшение мониторинга	2025–2027

Международный опыт как ориентир. Сравнительный анализ нормативных систем управления земельными ресурсами пяти стран по пяти ключевым индикаторам демонстрирует существенный потенциал для роста казахстанской системы (рисунок 5).

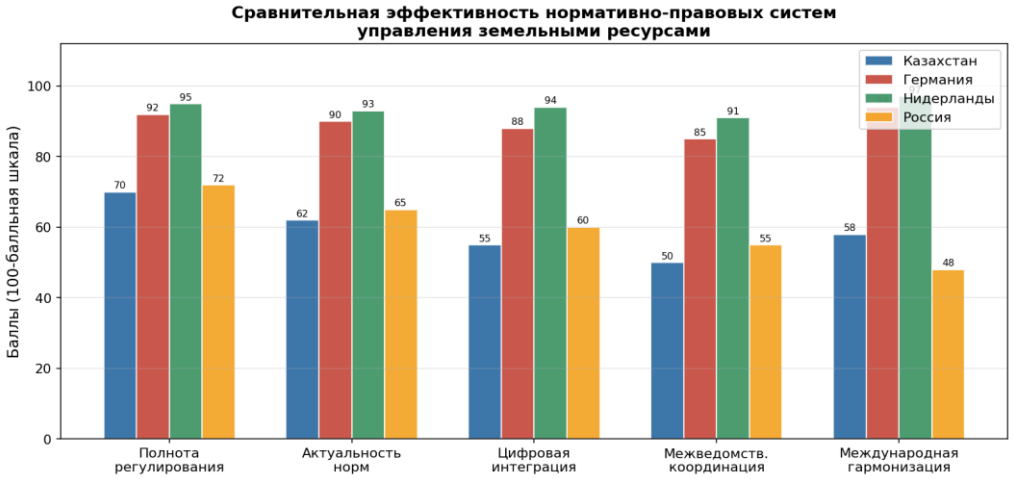


Рисунок 5 – Сравнительная эффективность нормативно-правовых систем управления земельными ресурсами

Нидерланды и Германия опережают Казахстан по всем индикаторам на 20–40 баллов. Разрыв наиболее выражен в сфере цифровой интеграции и международной гармонизации. Опыт Германии с системой интегрированного информационного управления земельными ресурсами (ALKIS) и нидерландская модель единого земельного регистра (Kadaster) служат практическими ориентирами для реформы казахстанского законодательства.

На основании результатов исследования разработана дорожная карта совершенствования нормативно-правового обеспечения, охватывающая горизонт 2024–2027 годов (рисунок 6). Мероприятия сгруппированы в четыре функциональных потока с учётом временных зависимостей между ними.

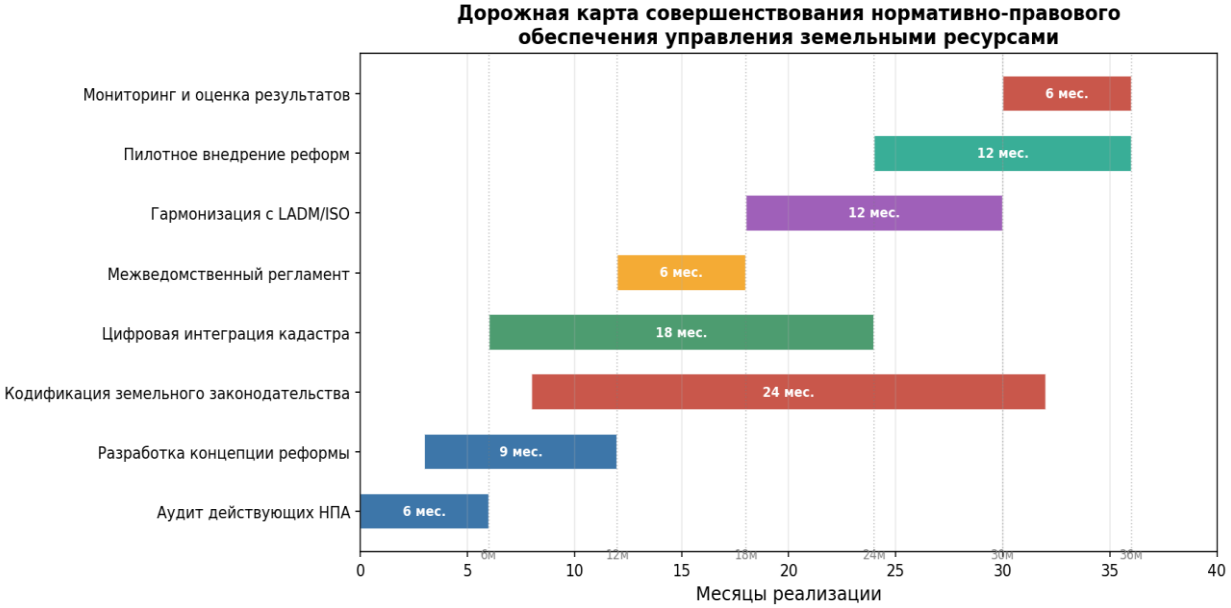


Рисунок 6 – Дорожная карта совершенствования нормативно-правового обеспечения управления земельными ресурсами

Реализация дорожной карты предусматривает три ключевых принципа. Во-первых, принцип преемственности: новые нормативные акты должны базироваться на действующих и не создавать правовых пробелов в переходный период. Во-вторых,

принцип цифровой совместимости: все разрабатываемые нормы должны быть изначально ориентированы на машиночитаемость и интеграцию с ГИС-платформами. В-третьих, принцип международной согласованности: реформы должны учитывать обязательства РК в рамках ЕАЭС и стандарты FAO.

Успех реализации дорожной карты требует создания межведомственного координационного совета с участием Министерства сельского хозяйства, Министерства цифрового развития, Министерства экологии и представителей гражданского общества. Бюджетное обеспечение рекомендуется предусмотреть в рамках государственной программы «Цифровой Казахстан - 2030».

Практические рекомендации. По результатам комплексного исследования сформулированы следующие практические рекомендации для органов государственного управления:

–Правительству РК разработать и принять Концепцию реформирования земельного законодательства до 2030 года с чёткими целевыми индикаторами и механизмами мониторинга;

–Мажилису Парламента инициировать рабочую группу по кодификации земельного законодательства с привлечением независимых экспертов и учётом стандарта ISO 19152 (LADM);

–Министерству сельского хозяйства утвердить Регламент межведомственного взаимодействия в сфере управления земельными ресурсами, устраняющий дублирование функций;

–Комитету по управлению земельными ресурсами разработать дифференцированную шкалу санкций за нарушения земельного законодательства с учётом степени нанесённого ущерба;

–Министерству цифрового развития обеспечить включение требований к нормативному сопровождению цифровизации земельного кадастра в национальный стандарт ГИС-данных;

–Академическим институтам организовать систематический мониторинг правоприменительной практики земельного законодательства с публикацией ежегодных аналитических отчётов.

Заключение. Проведённое исследование позволило установить, что нормативно-правовое обеспечение управления земельными ресурсами в Республике Казахстан располагает достаточной законодательной инфраструктурой, однако страдает от системных недостатков, снижающих её практическую эффективность. Выявленные пять групп проблем - системные, институциональные, технические, правоприменительные и экологические - взаимосвязаны и требуют комплексного, а не фрагментарного подхода к решению.

Сравнительный анализ с опытом Германии, Нидерландов, Австралии и России подтверждает, что страны с высокоэффективными системами земельного управления инвестируют прежде всего в цифровую интеграцию нормативной базы и её международную гармонизацию. Для Казахстана именно эти два направления идентифицированы

как приоритетные согласно матричному анализу.

Разработанная дорожная карта охватывает 36-месячный горизонт реализации и включает восемь взаимоувязанных мероприятий. Её последовательная реализация при соблюдении принципов преемственности, цифровой совместимости и международной согласованности позволит создать нормативно-правовую систему, соответствующую требованиям инновационной экономики и устойчивого землепользования.

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются: оценка социально-экономического эффекта кодификации земельного законодательства, разработка методики машиночитаемого нормирования в земельном кадастре, а также формирование системы ключевых показателей эффективности (KPI) нормативно-правового обеспечения земельного управления.

Список литературы

1. Земельный кодекс Республики Казахстан от 20 июня 2003 года №442-II (с изм. и доп.). – Астана: МЮ РК, 2003.

2. Сейтбатталов Д.К., Байсейтов Т.Р. Коллизии земельного законодательства Казахстана и пути их устранения // Вестник права КазНУ. – 2020. – №2. – С. 45–58.

3. Мукашева А.С. Институциональные основы управления земельными ресурсами в РК. – Алматы: КазНАУ, 2021. – 198 с.

4. Enemark S., Bell K.C., Lemmen C., McLaren R. Fit-For-Purpose Land Administration. – Copenhagen: FIG/World Bank, 2014. – 52 p.

5. FAO. Voluntary Guidelines on the Responsible Governance of Tenure of Land, Fisheries and Forests. – Rome: FAO, 2020. – 48 p.

6. ISO 19152:2012. Geographic information – Land Administration Domain Model (LADM). – Geneva: ISO, 2012.

7. Zevenbergen J., Bennett R.M. Fit-for-Purpose and Responsible Land Administration in Europe. – Apeldoorn: Kadaster, 2019. – 88 p.

8. Williamson I., Enemark S., Wallace J., Rajabifard A. Land Administration for Sustainable Development. – Redlands: ESRI Press, 2010. – 487 p.

9. Мировой банк. Индикаторы управления земельными ресурсами: методология и результаты. – Вашингтон: WB, 2022.

10. Комитет по управлению земельными ресурсами МСХ РК. Годовые отчёты о состоянии земельного фонда Казахстана. – Астана, 2013–2023.

11. Байжанов С.К. Нормативное регулирование земельного кадастра в условиях цифровизации // Геодезия и картография. – 2022. – №4. – С. 78–91.

12. ЕАЭС. Принципы взаимного признания земельных прав в государствах - членах Евразийского экономического союза. – Москва: ЕЭК, 2021.

УДК: 631.4:004.9:528.9(574)

ГИС-АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА КЕНТАУ

Кенжалиева Гулмира Дуйсенбаевна *– к.т.н., ассоциированный профессор Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан*

Пентаева Салтанат Болғанбекқызы *– магистрант, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан*

E-mail: nursara@mail.ru

Аннотация. *В статье представлены результаты ГИС-анализа пространственного распределения почвенного покрова территории города Кентау Туркестанской области Казахстана. На основе обработки мультиспектральных снимков Sentinel-2 и Landsat-9 за период 2010–2024 годов, а также полевых исследований с лабораторным анализом почвенных образцов, составлена крупномасштабная почвенная карта масштаба 1:25 000. Выделено шесть основных почвенных разновидностей: серозёмы светлые, серозёмы типичные, такыровидные почвы, солончаки, бурые пустынные и антропогенно нарушенные почвы. Установлено значительное загрязнение почвенного покрова промышленных зон тяжёлыми металлами (Pb, Zn, Cu, Cd), кратность превышения ПДК по свинцу достигает 14,8. Отмечена устойчивая тенденция снижения содержания гумуса во всех типах почв со скоростью 0,015–0,020% в год. Результаты могут быть использованы при разработке проектов рекультивации и охраны земель в условиях горнодобывающих регионов Казахстана.*

Ключевые слова: *ГИС, почвенный покров, дистанционное зондирование, Кентау, тяжёлые металлы, серозёмы, Sentinel-2, деградация почв.*

Abstract. *The article presents the results of GIS analysis of the spatial distribution of soil cover in Kentau, Turkestan region, Kazakhstan. Based on Sentinel-2 and Landsat-9 multispectral imagery (2010–2024) and field surveys with laboratory analysis, a large-scale soil map at 1:25,000 was compiled. Six main soil types were identified. Significant heavy metal contamination (Pb, Zn, Cu, Cd) was recorded in industrial zones, with lead exceedance reaching 14.8 times the MPC. A consistent decline in humus content at 0.015–0.020% per year was observed.*

Keywords: *GIS, soil cover, remote sensing, Kentau, heavy metals, sierozem, Sentinel-2, soil degradation.*

Введение. Город Кентау является одним из старейших горнодобывающих центров Туркестанской области Казахстана. Длительная история добычи свинцово-цинковых руд и полиметаллических концентратов обусловила формирование специфических антропогенных ландшафтов и трансформацию природного почвенного покрова. Особую экологическую значимость представляет оценка пространственного распределения почв и степени их деградации в условиях промышленного и

урбанизированного воздействия [1, 2].

Применение геоинформационных технологий совместно с методами дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) открывает возможность комплексного картографирования почвенного покрова с высокой точностью и пространственным разрешением. Данное направление активно развивается в рамках концепции «цифрового земледелия» и систем мониторинга земель в Казахстане [3–5].

Целью настоящей работы является ГИС-анализ пространственного распределения типов почв на территории г. Кентау с оценкой их морфологических, агрохимических свойств и уровня техногенной нагрузки на основе разновременных спутниковых снимков и полевых наблюдений.

Район исследований и методология

Характеристика территории. Город Кентау расположен в юго-западной части Казахстана, в пределах Туркестанской области, у подножия западных отрогов Каратауского хребта. Географические координаты центра: 43°31′ с.ш., 68°31′ в.д. Площадь административной территории составляет около 115 км². Рельеф разнообразен – от горных склонов на севере и востоке до предгорных равнин и такырных понижений на юге и западе. Климат – резко континентальный с жарким сухим летом (средняя температура июля +28°C) и холодной зимой (средняя температура января –7°C); среднегодовое количество осадков 250–320 мм [6].

Гидрографическая сеть представлена рекой Сайрам и её временными притоками. Расположение города в зоне перехода от горных к полупустынным ландшафтам обусловливает значительную пестроту почвенного покрова, от горно-каштановых и серозёмных типов на склонах до солончаков и такыровидных почв в пониженных участках долин [7].

Методология ГИС-анализа. Методологическая схема исследования включает четыре основных блока: (1) сбор и предобработка данных ДЗЗ, (2) полевые исследования с лабораторным анализом почвенных образцов, (3) пространственный анализ в среде ГИС, (4) картографирование и статистическая обработка результатов.



Рисунок 5. Методологическая схема ГИС-анализа почвенного покрова г. Кентау

Для анализа использованы многоспектральные снимки Sentinel-2 (пространственное разрешение 10–20 м) и Landsat-9 (разрешение 30 м) за период с 2010 по 2024 год, загруженные с платформы Google Earth Engine. Обработка включала атмосферную коррекцию методом 6S, панхроматическое слияние и нормализацию яркости. Тематическое дешифрирование выполнялось методами контролируемой классификации – алгоритмами SVM (Support Vector Machine) и Random Forest с точностью Overall Accuracy > 87% [8].

Полевые исследования проводились в 2022–2024 гг. Отобрано 96 почвенных образцов с горизонтов А и В на 32 разрезах. Лабораторный анализ включал определение гранулометрического состава, pH водной суспензии, содержания гумуса (по методу Тюрина), суммы токсичных солей и содержания тяжёлых металлов (атомно-абсорбционная спектрометрия). Обработка данных и картографирование проводились в ArcGIS Pro 3.2 и QGIS 3.34.

Результаты и обсуждение. По результатам ГИС-анализа и полевого дешифрирования на территории г. Кентау выделено шесть основных почвенных разновидностей (рис. 1, 7). Доминирующее положение занимают серозёмы светлые (Haplic Calcisols по классификации WRB) – 31,4% площади, сформированные преимущественно на предгорных конусах выноса при слабой биогенной активности. Серозёмы типичные (Petric Calcisols) занимают 22,7% и приурочены к более влажным участкам северных и восточных склонов [9].

Таблица 1 – Характеристика основных типов почв г. Кентау

Тип почвы	Площадь, км²	Доля, %	Гор. А, см	Гумус, %	pH
Серозём светлый	36.1	31.4	15–20	1.58–1.82	7.4–8.0
Серозём типичный	26.1	22.7	20–28	2.12–2.41	7.2–7.8
Такыровидные	17.0	14.8	8–12	0.83–0.94	8.0–8.5
Солончаки	11.8	10.3	5–10	0.30–0.55	8.2–8.9
Бурые пустынные	11.0	9.6	10–15	0.55–0.63	7.6–8.2
Антропогенные	8.5	7.4	–	<0.5	6.8–7.8
Прочие	4.4	3.8	–	–	–

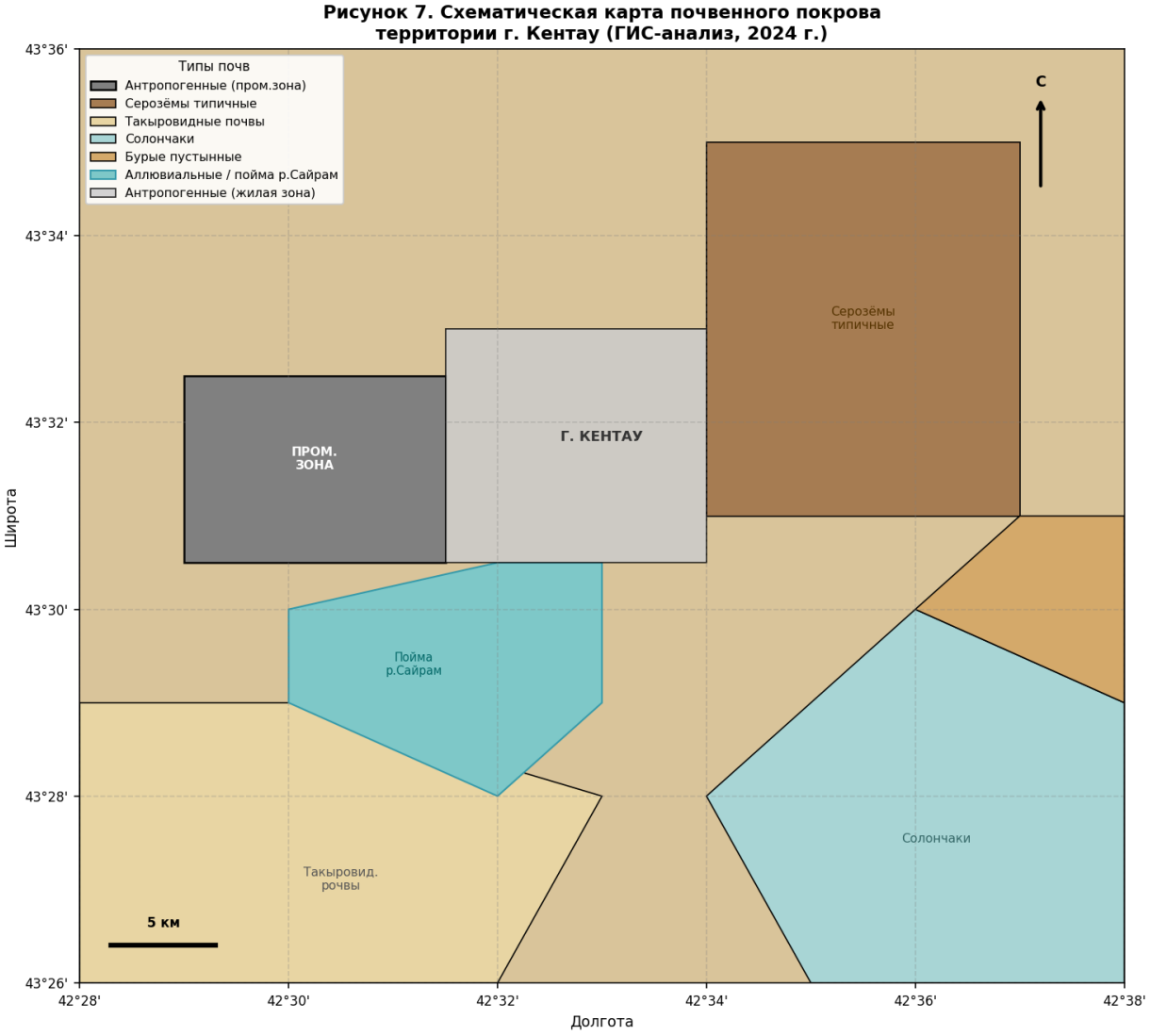


Рисунок 7. Схематическая карта почвенного покрова территории г. Кентау (ГИС-анализ, 2024 г.)

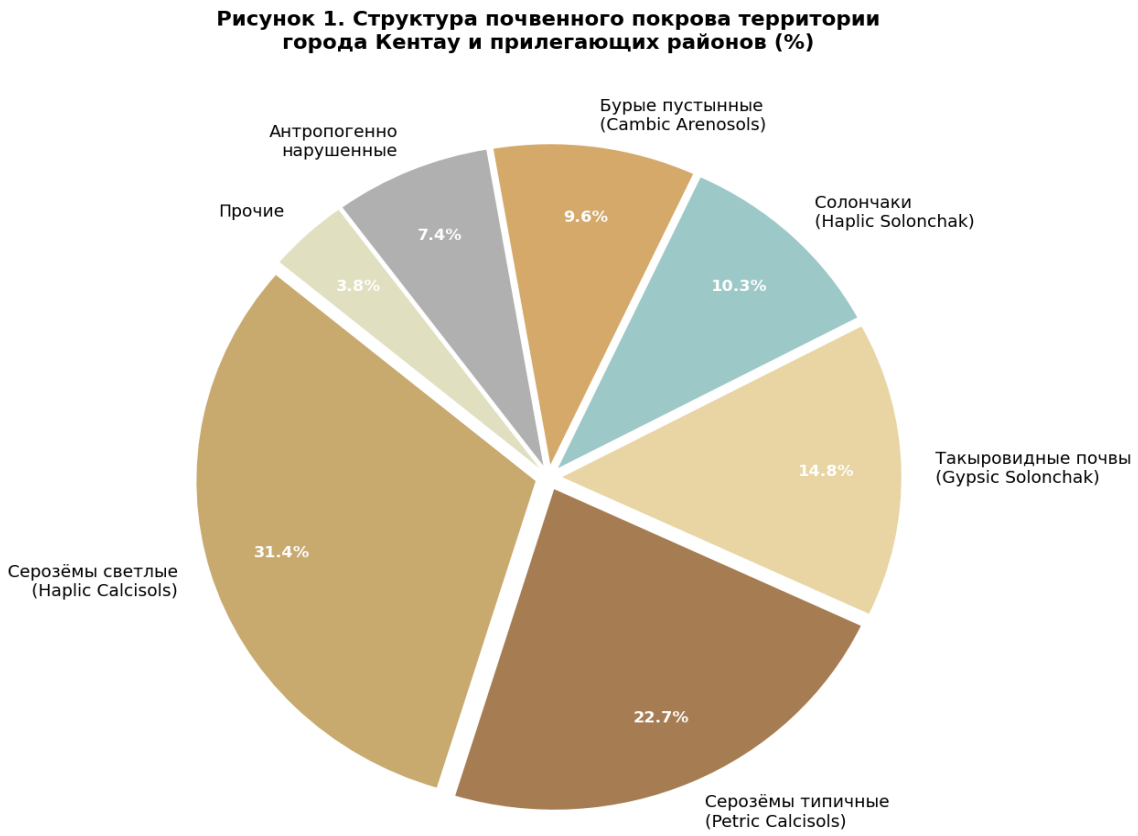


Рисунок 1. Структура почвенного покрова территории г. Кентау и прилегающих районов

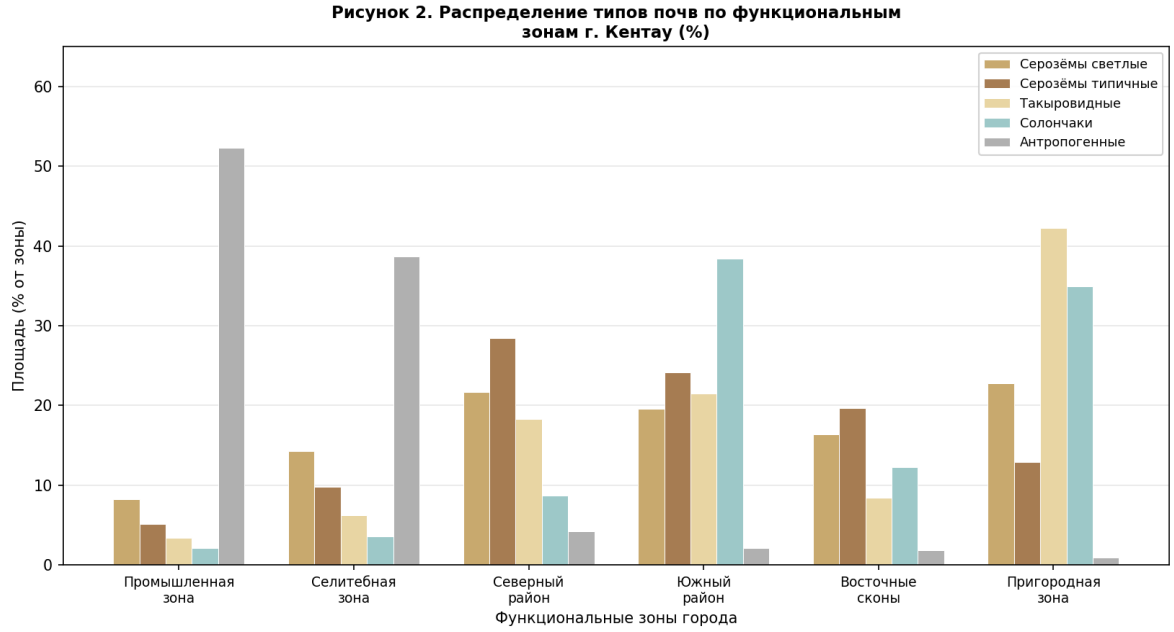


Рисунок 2. Распределение типов почв по функциональным зонам г. Кентау

Анализ распределения по функциональным зонам (рис. 2) показал, что в промышленной зоне преобладают антропогенно нарушенные почвы (52,3%), тогда как в северном и южном районах городской черты сохранились значительные массивы естественных серозёмов (21,7–28,4%). Такыровидные почвы концентрируются преимущественно в пригородной зоне на юго-западе

(42,2%), что связано с выходом засоленных грунтовых вод.

Динамика содержания гумуса. Многолетний анализ изменения содержания гумуса (2010–2024 гг.) выявил устойчивую тенденцию его снижения во всех типах почв (рис. 3). Наиболее интенсивная деградация зафиксирована в серозёмах типичных (снижение с 2,41% до 2,12%), что составляет около 0,021% в год. Для серозёмов светлых скорость снижения составила 0,017% в год, для бурых пустынных – 0,006% в год.

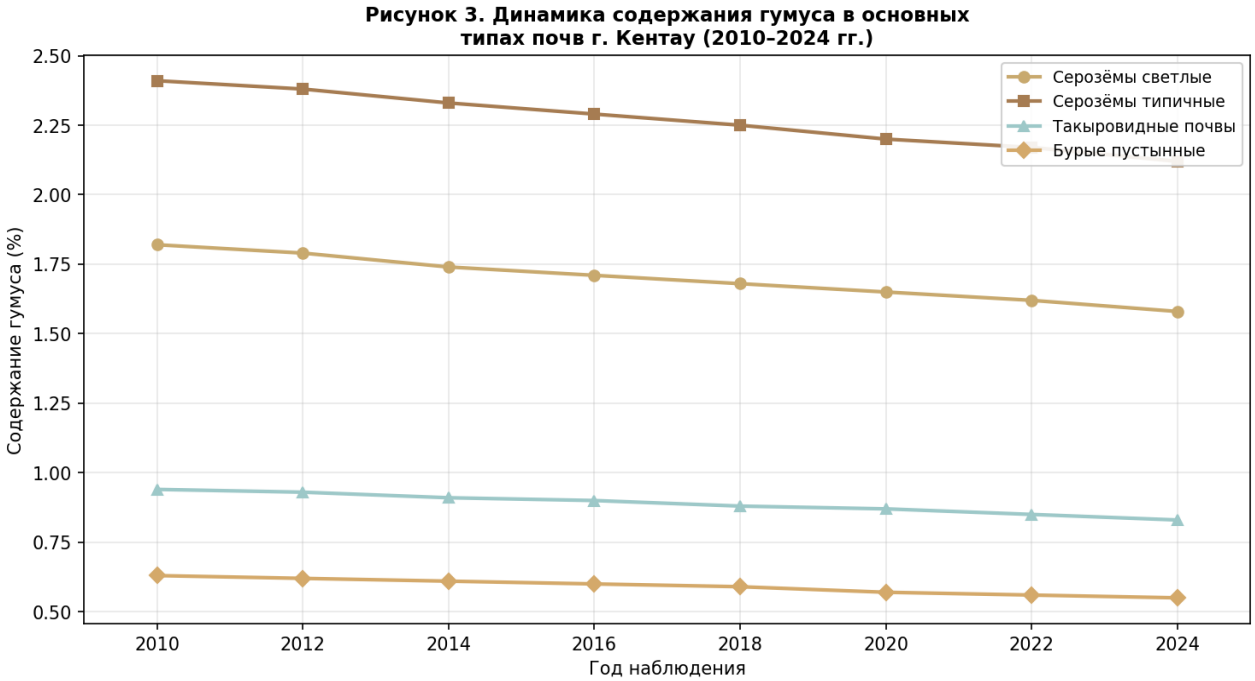


Рисунок 3. Динамика содержания гумуса в основных типах почв г. Кентау (2010–2024 гг.)

Снижение органического вещества обусловлено комплексом антропогенных факторов: несоблюдением агротехнических норм землепользования, выпасом скота, пылевым загрязнением с отвалов горно-обогатительного комплината, а также усилением аридизации климата региона в последнее десятилетие [10].

Агрохимические свойства почв. *Результаты лабораторного анализа свидетельствуют о значительной дифференциации агрохимических свойств по типам почв (рис. 6). Реакция почвенной среды (pH) изменяется от нейтральной (7,2 для серозёмов типичных) до сильнощелочной (8,6 для солончаков). Степень засоления наиболее выражена в солончаках (1,85% суммы токсичных солей) и такыровидных почвах (0,38%), что соответствует категориям «сильного» и «среднего» засоления.*

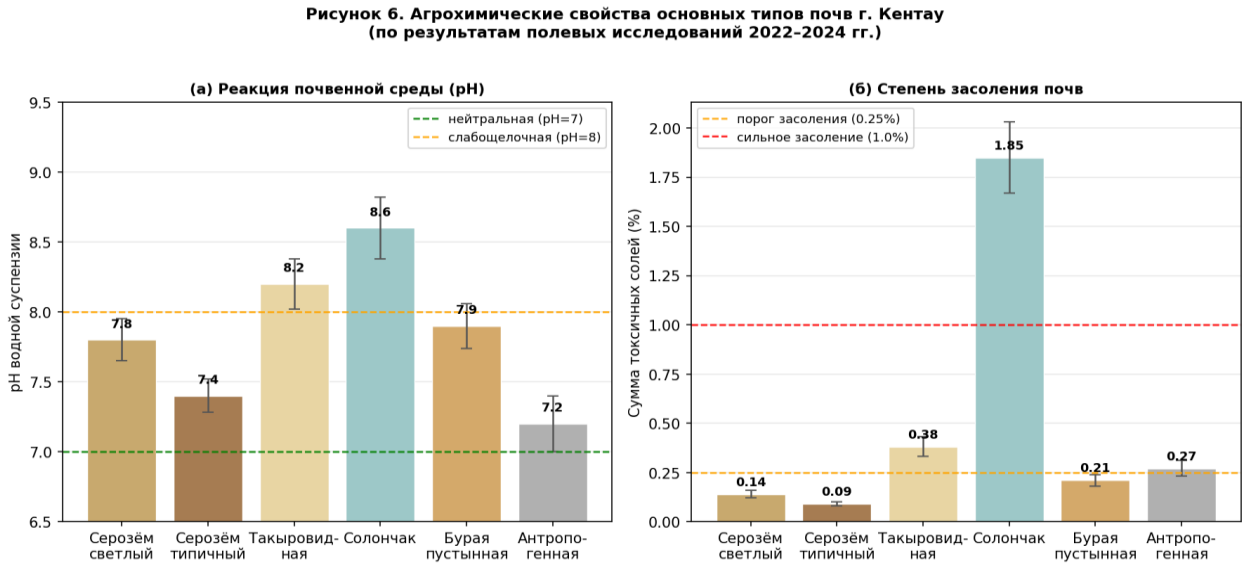


Рисунок 6. Агрохимические свойства основных типов почв г. Кентау (полевые исследования 2022–2024 гг.)

Загрязнение почв тяжёлыми металлами. Тепловая карта загрязнения (рис. 4) наглядно демонстрирует пространственную дифференциацию техногенной нагрузки. Наиболее высокий уровень загрязнения характерен для южных промышленных предместий, где кратность превышения ПДК по свинцу достигает 14,8, по цинку – 6,2. Промышленная зона Кентауского металлургического завода демонстрирует превышение по кадмию в 1,3 ПДК и по хрому в 1,4 ПДК.

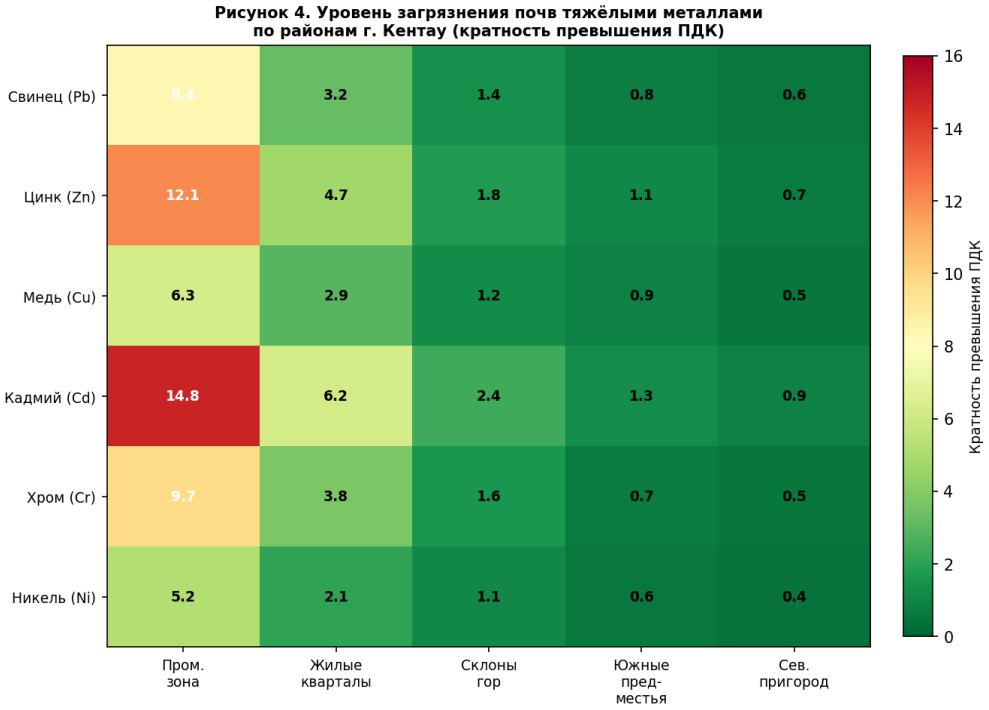


Рисунок 4. Уровень загрязнения почв тяжёлыми металлами по районам г. Кентау (кратность превышения ПДК)

Таблица 2 – Содержание тяжёлых металлов в почвах г. Кентау (мг/кг), 2024 г.

Металл	ПДК (мг/кг)	Пром. зона	Жилые зоны	Пригород	Горные склоны
Свинец (Pb)	32.0	268.8	102.4	19.2	44.8
Цинк (Zn)	220.0	2662	1034	154	638
Медь (Cu)	55.0	132	99	60.5	66
Кадмий (Cd)	0.5	0.65	0.55	0.35	0.45
Хром (Cr)	90.0	126	99	54	81
Никель (Ni)	85.0	51	31.5	42.5	63.75

Заключение. Проведённый ГИС-анализ пространственного распределения почвенного покрова г. Кентау позволил установить следующее:

1. На территории города выделено шесть основных почвенных разновидностей; доминирующей является серозём светлый (31,4%). Пространственная структура почвенного покрова определяется рельефом, степенью засоления и интенсивностью антропогенного воздействия.

2. Во всех типах почв зафиксировано устойчивое снижение содержания гумуса за период 2010–2024 гг. на 0,015–0,021% ежегодно, что свидетельствует о прогрессирующей деградации органического вещества.

3. Загрязнение почв тяжёлыми металлами носит полицентрический характер с эпицентрами в промышленных зонах. Максимальное превышение ПДК установлено для свинца (14,8-кратное) и цинка (12,1-кратное).

4. Комплексное применение методов ДЗЗ (Sentinel-2, Landsat-9) и ГИС обеспечивает высокую точность картографирования (OA > 87%) и позволяет отслеживать

временную динамику состояния почвенного покрова.

Полученные данные рекомендуется использовать при разработке муниципальных программ охраны земель, проектов рекультивации нарушенных территорий и системы экологического мониторинга почвенного покрова г. Кентау.

Список литературы

1 Сейткали Г.С., Байдаулетов С.Ж. Оценка деградации почвенного покрова горнодобывающих районов Казахстана методами ДЗЗ // Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2021. – № 3(68). – С. 24–33.

2 Исмагулова Б.К., Ахметов А.С. Экологические аспекты землепользования в Туркестанской области // Почвоведение и агрохимия. – 2022. – № 1. – С. 12–19.

3 Nurlanovich B., Seitkaliev G. Digital soil mapping in arid landscapes of Southern Kazakhstan using Sentinel-2 imagery // Remote Sensing of Environment. – 2023. – Vol. 281. – P. 113–124.

4 Есмагамбетов К.Е. Применение QGIS и ArcGIS для мониторинга земель сельскохозяйственного назначения // ГИС-технологии в науке и практике. – 2022. – № 4. – С. 45–52.

5 Байтасов Р.Р. Методы дистанционного зондирования в геоэкологических исследованиях Казахстана. – Алматы: Казак университеті, 2020. – 218 с.

6 Агроклиматический справочник по Туркестанской области. – Шымкент: КазГидроМет, 2023. – 142 с.

7 Кенесов Б.Н., Джаксыбеков Е.Т. Почвенный покров предгорий Каратау // Почвоведение. – 2019. – № 11. – С. 1310–1321.

8 Брезгунов В.С., Нугманов И.И. Алгоритмы машинного обучения в тематическом дешифровании почвенного покрова // Дистанционное зондирование Земли. – 2023. – Т. 9, № 2. – С. 88–97.

9 IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2022. – Rome: FAO, 2022. – 236 p.

10 Seitkali G., Nurlanovich B., Mukhamedzhanov E. Heavy metal contamination of soils in the Kentau mining district: spatial patterns and environmental risk assessment // Environmental Science & Pollution Research. – 2024. – Vol. 31. – P. 14820–14835.

УЎТ: 616.3:614.7:556.18:528.9(575.1)

СУРХОНДАРЁ ВИЛОЯТИДА ОВҚАТ ҲАЗМ ҚИЛИШ АЪЗОЛАРИ КАСАЛЛИКЛАРИНИНГ ХАРИТАСИНИ ТУЗИШДА СУВ МАЪЛУМОТЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИШ

Рўзиқулова О.Ш. *- ТИҚХММИ-МТУ, Геодезия ва геоинформатика кафедраси доценти.*

Қаршиева Т. *- “Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий Тадқиқот Университети “Геодезия ва геоинформатика” йўналиши талабаси*

Аннотация*. Ушбу мақолада Сурхондарё вилоятининг барча туманларида ошқозон-ичак касалликларини марказлашган ичимлик сувига боғлиқлиги таҳлил қилинди. Бунинг учун асос*

сифатида аҳолини ичимлик суви билан таъминланганлиги, сув таркибидаги микроэлементларнинг Рухсат этилган меъёри ҳамда аҳоли саломатлигига доир статистик маълумотларни солиштирма таҳлили юритилди.

Геоахборот тизимлари (ГАТ) дастурлари ёрдамида электрон хариталар яратилди.

Калит сўзлар: *Марказлашган ичимлик суви тармоғи, сув сифати, касаллик омиллари, ГАТ дастурлари.*

Кириш. Ўзбекистон ички сувларига дарёлар, кўллар, ер ости сувлари, доимий музликлардаги сувлар, сув омборлари, канал ва ариқлардаги ҳамда бошқалар киради. Ички сувлар фақат иқлим хусусиятларига эмас, балки худуд табиатининг бошқа элементларига, жумладан, геоморфологик хусусиятларидан рельеф шаклларига ҳам боғлиқдир. Сўнгги йилларда иқлим ўзгариши ва глобал исиш туфайли ички сувларнинг гидрологик хусусиятларидаги ўзгаришлар кишиларнинг хўжалик фаолиятига ҳам сезиларли таъсир кўрсатмоқда. Ички сувлар орасида тирик организмларнинг ҳаёт фаолиятига кучли таъсир кўрсатади. Жумладан кишиларнинг ҳаёти ва хўжалик фаолиятида ҳам дарёларнинг аҳамияти катта. Аҳоли саломатлиги жамият тараққиётини белгилаб берувчи муҳим кўрсаткичлардан биридир. Одам танасидага ўзгаришлар қон таҳлили орқали аниқланганидек, жойлардаги сувни таркиби минтақалар ҳолати ҳақида бизларни хабардор қилади.

Сурхондарё вилояти Ўзбекистонни жанубий вилоятлари таркибига киради. Бу минтақада рельеф 300 метрдан-4500 метргача ўзгариб, адир, тоғ оралиғи ботиқлари, тоғ, баланд тоғ, яйлов каби табиий-географик бирликлар учрайди. Сурхон ва Шеробод водийсини қуйи қисмида нефт конлари, тоғли қисмида полиметалл рудалари, гранит, гипс, оҳактош кабилар қазиб олинади.

Аҳоли саломатлиги ва сувларнинг боғлиқлигига доир илмий ишлар кўп тадқиқотчилар томонидан олиб борилган. Жумладан, Ўзбекистон миллий университети профессори Н.Комилова, (2016), маълумотига кўра, мамлакатимиз ер майдонининг 71 фоиздан ортиқроғини ташкил этган текислик ҳудудларида дарёлар жуда сийрак жойлашган. Ҳар квадрат километрда ўртача ҳисобда 2 метр узунликдаги дарёлар тўғри келади. Ўзбекистон ҳудудини 17 фоиздан ортиқ қисмини ўз ичига олган адирларда эса дарё тармоқлари бироз зичлашиб боради. Республика майдонининг
12 фоизини ташкил қилган тоғли ўлкаларда ҳар квадрат километрида 140-50 метр узунликдаги дарё тармоқлари тўғри келади. Бу ҳол ўлкамизнинг катта қисмида сув танқислиги билан боғлиқ муаммоларни келтириб чиқаради. Республикада дарё сувларидан оқилона фойдаланиш мақсадида 156 минг км узунликда каналлар қурилган. Бироқ, кейинги вақтларда суғориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш туфайли зовур-дренаж сувлари миқдорининг камайиши, саноат корхоналаридан, транспорт ва бошқа корхоналардан чиқаётган ташлама-оқава сувлар миқдорининг ортиб бориши, уларнинг дарёларга оқизилиши сабабли дарёлар сув

таркиби ифлосланиб бормоқда. Бу ҳам, ўз навбатида, табиий муҳитга ҳамда инсонлар саломатлигига ҳам салбий таъсир кўрсатмоқда [2, 3].

Сурхондарё вилоятида туманлар аҳолисининг ичимлик суви билан таъминланганлиги қуйидиги жадвалда кўрсатилган бўлиб, Ангор, Бандихон ва Бойсун туманларида нисбатан кам кўрсаткичга эга.

1-жадвал

Сурхондарё вилоятида аҳолини ичимлик суви билан таъминланганлиги*

Жой номлари	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Сурхондарё вилояти	81,3	78,8	79,4	80,2	80,7	80,5	80,6	75,4	74,1	74,3	72,5	78,4	80,2	82,5	82,3
Термиз ш.	94,8	94,4	90,1	90,1	94,1	94,4	95,6	100	100	92	84,3	92,6	88	93,3	93,2
Олтинсой т.	78,9	77,3	76,7	76,8	80,7	80,5	80,8	76,7	76,4	76,2	74,5	75,5	80	82,8	83,2
Ангор т.	68,1	69,3	72,2	72,3	76,3	76,5	76,9	53,5	53,7	53,2	52	52,4	52,7	52,9	52,7
Бандихон т.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	43,1	65,4	66,1	66,1
Бойсун т.	59,2	57,6	56,6	56,8	60,8	59,7	61,2	74,9	61	60,7	64	64,1	45,7	47	46,6
Музработ т.	69,4	64,4	63,1	63,3	67,8	66,3	69,3	87,3	87,9	86,6	86,7	87,8	88	89,7	89,9
Денов т.	90,3	90,6	91,4	91,6	92,7	93,8	94,1	77,6	72,3	70,6	69,1	74,8	77,7	80,3	78,5
Жарқўрғон т.	80,2	76,1	76,2	76,5	80,5	80,8	80,9	89,7	89,9	90,3	94,5	95	98,6	98,8	98,4
Қумқўрғонт	73,5	71,2	70,9	80,1	84,1	84,3	85,2	80,6	79,7	78,4	79,4	80,8	86	90	90,4
Қизирик т.	74,8	71	68,8	69,9	73,9	74,2	74,6	67,7	68	67,9	98,2	88,8	89,6	90,1	90,5
Сариосиё т.	84,5	75,7	69,4	69,6	74,1	74,6	74,8	49,4	49,8	57,3	50,8	76,6	78,3	84,2	83,6
Термиз т.	76,4	72,2	70,5	70,8	76,9	77,2	78,3	88,5	80	80,5	79,1	80,7	84,4	85,6	85,3
Узун т.	89,7	87,1	80,5	80,9	84,9	85,1	85,3	76,5	77,5	88,1	76,2	79,7	80,9	82,6	83
Шеробод т.	83,7	87,6	81,6	81,9	85,3	84,9	85	63,7	63,9	60,2	60,9	61,8	63,8	65,3	65,5
Шўрчи т.	82,1	81,8	78,9	79	84,6	84,1	84,3	98,7	98,8	97,5	96,2	96,9	98,5	98,8	99,2

**-Ўзбекистон республикаси Президенти ҳузуридаги Статистика агентлигини маълумотлари асосида таёрланди.*

Тадқиқот усуллари ва манбаалари. Аҳоли орасида тарқалган касалликлар ва аҳоли истеъмол қиладиган ичимлик сувлари таркиби орасидаги бўғлиқлик устида кўплаб тадқиқотлар ўтказилган. Тадқиқотлар натижаси шуни кўрсатадики, касалликлар тарқалиши атроф-муҳит, тупроқ, ижтимоий ҳолат ва озиқ-овқатларга нисбатан ичимлик сувига кўпроқ боғлиқ. Кўпгина касалликларнинг келиб чиқиши ичимлик суви билан боғлиқ юзага келиб, сув ва унинг биологик таркибига боғлиқ. Шу билан бирга, Ер юзасида касалликларни тарқалишига таъсир қилувчи табиий ва ижтимоий омиллар ҳам мавжуд (2-жадвал).

2-жадвал

Касалликлар тарқалишига таъсир қилувчи табиий ва ижтимоий омиллар

Касаллик тури	***Тарқалишига таъсир қилувчи табиий сабаблар***	***Тарқалишига таъсир қилувчи ижтимоий сабаблар***
Паразитар касалликлар (безгак, ичак гелминтлари)	Иқлим (иссиқ-нам зона), сув ҳавзалари кўплиги, ботқоқлик, ҳашаротлар учун мос муҳит	Санитар ҳолатни пастлиги, ичимлик суви етишмаслиги, қашшоқлик, миграция
Сув орқали юқадиган касалликлар (дизентерия, холера, гепатит А)	Ичимлик сувининг табиий ифлосланиши, дарёларда сув сатҳининг пасайиши, сел ва сув тошқинлари	Тоза ичимлик суви етишмаслиги, канализация тармоқларининг ёмонлиги, аҳолининг ҳаддан ташқари зичлиги
Ҳаво орқали юқадиган касалликлар (грипп, СОВИД-19, ЎРВИ)	Мавсумий совуқ даврлар, ҳаво намлиги, шамол тарқалиш тезлиги	Аҳолининг ёпиқ жойларда тўпланиши, транспорт тиқилинчлиги, гигиена маданияти пастлиги
Зооноз касалликлар (қутуриш, брутселлез, қуш гриппи)	Ёввойи ҳайвонлар кўплиги, иқлимнинг иссиқлашиши натижасида ҳайвонлар миграцияси	Чорвачилик гигиенасига риоя қилинмаслиги, ветеринария назоратининг сустлиги
Озиқ-овқат орқали юқадиган касалликлар (салмонеллёз, ботулизм)	Озиқ-овқатнинг иссиқ ҳавода тез бузилиши, сувнинг табиий микробланиши	Сақлаш ва қайта ишлаш маданияти паст, бозорларда санитария талабларининг бузилиши
Аллергик касалликлар (астма, полиноз)	Чанг миқдори кўплиги, ўсимлик чангланиш мавсуми, экологик ифлосланиш	Автомобиль чиқиндилари, саноат чиқиндилари, уй шароитидаги аллергенлар
Онкологик касалликлар	Радон газининг табиий чиқиши, ультрабинафша нур кўплиги, географик жойлашув	Чекиш, спиртли ичимликлар, кимёвий моддалар билан ишлаш, носоғлом турмуш тарзи
Юрак-қон томир касалликлари	Иқлимнинг кескин ўзгариши, иссиқ стресс, совуқ стресс	Стресс, ёғли овқатланиш, жисмоний фаолликнинг пастлиги, урбанизация
Эндемик касалликлар (ёд танқислиги, фтороз)	Тупроқ ва сувда ёд, фтор миқдорининг табиий пастлиги ёки кўплиги	Соғлом овқатланиш маданияти паст, овқат таркибининг етарли бўлмаслиги
Чақалоқлар ва болалар касалликлари	Об-ҳаво шароитлари, мавсумий вируслар	Эмлаш даражасининг пастлиги, таълим муассасаларидаги гигиена

Бундан ташқари касалликларнинг кенг тарқалиб боришига аҳолининг марказлашган ичимлик суви билан таъминланганлиги ҳам катта таъсир кўрсатади. Шунингдек, қуйидаги жадвалларда Сурхондарё вилояти аҳолисининг қанча қисми марказлашган ичимлик суви билан таъминланганлиги ва касаллик тарқалишига таъсир қилувчи омилларни кўришимиз мумкин.

Муаммонинг ечими сифатида географик ахборот тизимларидан (ГАТ) фойдаланиш тавсия этилади.

Доц А.Мухторовнинг фикрига кўра ГАТнинг барча тушунчалари учун ҳал қилувчи сўзлар –“нима” ва

“қаерда” деган саволнинг жавобига қаратилган. Масалан дарёлар ва оқимлар локализацияси, ўлчами, оқим тезлиги, сув сифати, ундаги элементлар кўрсаткичи кабилар ҳам муҳимдир [4].

ГАТваТлари 50-60 йилдан буён қўлланилмоқда.

Ҳар қандай карта ер юзасининг модели бўлиб, у фойдаланувчиларнинг таҳлил қилиш объектидир.

Рақамли карта-сиртнинг карталар учун қабул қилинган проекциясида, разграфкада, координаталар ва баландликлар тизимида картографик генерализация қонунларини инобатга олиб шакллантирилган рақамли модели.

ГАТнинг функционал имкониятлари:

-манбаларни рақамлаштириш йўли билан киритиш;

-маълумотларни бир форматдан бошқасига конвертациялаш, картографик проекцияларни трансформациялаш, координаталар тизимларини ўзгартириш;

-маълумотларни ички ва ташқи маълумотлар базаларида сақлаш, манипуляция қилиш ва бошқариш;

-картометрик операциялар;

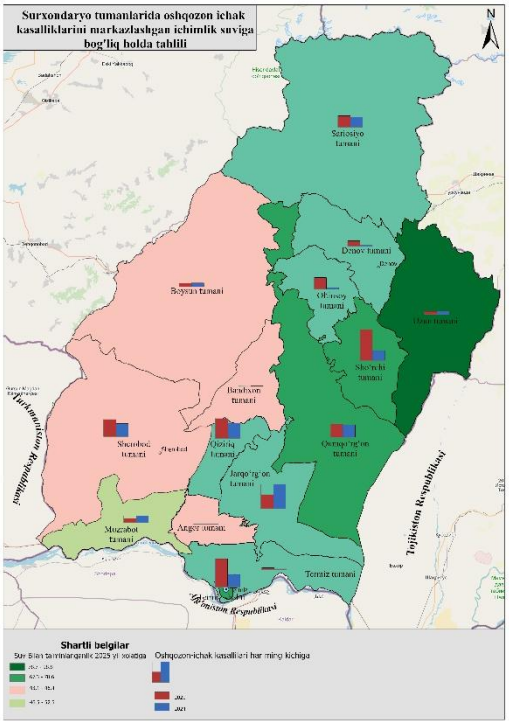
-фойдаланувчиларнинг персонал созлаш воситалари;

Геоинформатика – фан, технология ва ишлаб чиқариш фаолияти:

-географик ахборот тизимларини илмий асослаш, лойиҳалаш, яратиш, эксплуатация қилиш ва улардан фойдаланиш бўйича;

-геоахборот технологияларини ишлаб чиқиш бўйича;

- ГАТларнинг амалий ёки геоилмий мақсадлар учун амалий аспектлари ёки иловалари бўйича қўлланилади. Жумладан сув маълумотлари ёрдамида аҳоли саломатлигини ўрганишда қўлланилди (харита-схема). Унга кўра, 2025 йил Ангор, Бандихон, Шеробод ва Бойсун туманлари аҳолиси ичимлик суви билан кам таъминланган.



Таъкидлаш зарурки, истеъмол қилинадиган сувларнинг таркиби, кимёвий ҳолати ҳар хил бўлади ва инсонларга турлича таъсир қилади. Жумладан, фтор миқдори меёрдан ортиқ бўлган ичимлик суви тиш ва суякларнинг зарарланишига, кам бўлиши эса кариесга сабаб бўлади. Бундан ташқари ҳудуднинг гидрографик хусусиятлари ҳам аҳоли саломатлигига катта таъсири кўрсатади. Ер ости сувлари яқин жойлашган Сирдарё вилоятида сийдик айириш тизими ва буйрак касалликлари бошқа ҳудудларга нисбатан кўп учрайди. Шу ўринда айтиш жоизки, касалликлар вужудга келувчи макон унинг

табиий ўчоғи бўлиши ҳам мумкин [2].

Сувнинг сифатини ичимлик мақсадларида баҳолашда унинг минераллашув даражасига, таркибидаги макро ва микрокомпонентларга, сувнинг физик хусусиятлари ҳамда санитар ҳолатларига катта эътибор қаратиш зарур.

Ичимлик мақсадида фойдаланиладиган табиий сувларга қуйидагича талаблар қўйилади:

1) сув тиниқ, рангсиз ва ҳидсиз бўлиши;

2) табиий сувлар таркибидаги эриган моддалар миқдори рухсат этилган меёрдан ошиб кетмаслиги;

3) инсон соғлигига салбий таъсир кўрсатувчи зарарли моддалар кўрсатилган меёрдан ошмаслиги лозим;

4) турли касалликлар тарқатувчи микроорганизимлардан тўлалигича халос бўлиши керак (3-жадвал).

3-жадвал

Ичимлик суви сифатига қўйилган талаблар кўрсаткичлари		
Кўрсаткичлар	Ўлчам бирликлари	Рухсат этилган меъёр
Минераллашув даражаси мг/л 1000	mg/l	1000
Кислороднинг биологик истеъмоли (KBI5)	mg/l	< 3
Рух (Zn)	mg/l	0,01
Сулфат (CO_4 2+)	mg/l	500
Xlor (Cl-)	mg/l	350
Фенол	mg/l	0,001
Neft mahsulotlari	mg/l	0,05
Alfa geksoxloran stik logeksan (GXSG)	mg/l	0,01
Мис (Cy)	mg/l	0,001
Синтетик юза актив моддалар (SYUAM)	mg/l	0,1
Azot ammoniy (NH_4 +)	mg/l	0,39
Нитрит (HO_2-)	mg/l	0,02
Нитрат (HO_3-)	mg/l	9,1
Натрий (Na+)	mg/l	120
Кальций (Ca_2+)	mg/l	80
Магний ($Mг_2$+)	mg/l	40
Калий (K+)	mg/l	50

Жадвалда келтирилган маълумотлардан кўриниб турибдики, ичимлик мақсадида ишлатиладиган сувлар таркибида сулфат ионларининг рухсат этилган меёри 500 мг/л ни, хлорники 350 мг/л ни ташкил этиши, умумий минераллашув даражаси эса 1000 мг/л дан ошмаслиги талаб этилади [1].

Ушбу меёрлар албатта, инсон саломатлигини сақлаш ва турли касалликларнинг олдини олиш учун қабул қилинган. Аммо, ҳозирги кунга келиб, ичимлик сувларимизнинг кўп қисмини таркиби рухсат этилган меёрдан

ошиб кетмоқда. Бунинг натижасида аҳоли орасида ошқозон-ичак касалликлари, юрак-қон-томир касалликлари ва овқат ҳазм қилиш аъзолари билан боғлиқ кўплаб касалликлар вужудга келмоқда.

Сўнгги йилларда Сирдарё вилоятида ичимлик суви билан боғлиқ ҳазм қилиш касалликлари кескин ортиб бормоқда. Ушбу касалликларни карталарда тасвирлаш аҳоли ва кўплаб фойдаланувчилар учун бир қанча қулайликлар яратади. Қаерларда касаллик тарқалганлигини кўрсатувчи карталар туризмни ривожлантириш ва илмий тадқиқот ишларида жуда қўл келади. Бундай хариталарни яратишда геоахборот тизимлари (ГАТ) маълумотларидан фойдаланилади. Қуйида статистик маълумотлардан фойдаланиб, ГАТ дастурлари (ArcGIS Pro) ёрдамида тайёрланган “Сурхондарё вилоятининг ичимлик суви билан боғлиқлик таҳлили харитаси”ни кўришимиз мумкин. Унда Сирдарё вилоятида кенг тарқалган овқат ҳазм қилиш касалликларининг 2015-йил ва 2024-йил орасидаги фарқ тасвирланган. Туманларнинг марказлашган ичимлик суви билан таъминланганлик даражаси “ўсиб борувчи” ранглар шкаласи (миқдорли ранг) билан (фоиз ҳисобида) ажратилган (харита-схема).

Хулоса қилиб шуни айтиш мумкинки, юқорида ўрганилган кўплаб тадқиқотлар натижалари, тиббий-географик хариталар ва ўқув қўлланмалар маълумотлари республикамиз аҳолиси орасида кенг тарқалиб бораётган овқат ҳазм қилиш, ичтерлама, ошқозон-ичак касалликларининг кўпгина қисми истеъмол қилинаётган ичимлик суви ва унинг кимёвий таркибига боғлиқлигини кўрсатади.

Аҳолини тоза ва истеъмолга яроқли ичимлик суви билан таъминлаш ҳамда касалликларни тарқалиш ареалини хариталаштириш муҳимдир. Харита маълумотларни кўргазмали тасвирлайши билан ҳам қимматлидир. Тиббий географик хариталар ёрдамида аҳоли саломатлигини яхшилашга қаратилган чора-тадбирлар ишлаб чиқишга илмий асос бўлади.

Тиббий-географик хариталашга доир илмий тадқиқотларнинг кўламини кенгайтириш мақсадга мувофиқ.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Аденбаев Б., Сирлибоева З., Хакимова З., Мирхолиқова М. Gidrokimyo o‘quv qo‘llanma.

2. Komilova N.Q. Tibbiy geografiyaning nazariy va amaliy masalalari. Monografiya, Toshkent, 2016.-299 bet.

3. Комилова Н.муҳаррирлигидаги O‘zbekiston Respublikasi tibbiy-geografik atlasi 1-qism.

4. Мухторов Ў., Инамов А., Геоахборот тизим ва технологиялари ўқув қўлланма, Тошкент, 2021. ТЭМПУС, 150 бет.

УДК: 628.16:544.6(574)

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ДЛЯ УСЛОВИЙ ГОРОДА ШЫМКЕНТ

Камшыбаев А.А. *– Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан*

Лесбек С. *– Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada Shymkent shahrining aniq gidrokimyoviy sharoitiga mos ravishda elektrokimyoviy texnologiyalardan foydalangan holda sifatli ichimlik suvini tayyorlash tizimini ilmiy asoslash, loyihalash va uning samaradorligini kompleks baholash natijalari ko‘rib chiqiladi. Tadqiqot obyekti sifatida Shymkent shahrining suv ta’minoti tizimi, uning asosiy manbalari (Badam daryosining yer usti suvi, Badam–Sayram yer osti suv zaxiralari, Akbay–Karasu suv olg‘ich) va suv namunalari olindi. Qozgidromet hamda «Su resurslari — Marketing» MChJ monitoring ma’lumotlarini statistik tahlil qilish asosida shahar suvining gidrokimyoviy tavsiflari (HCO₃–Ca–Mg tipi, pH 7,2–7,6, minerallashuv 220–340 mg/l, umumiy qattiqlik 3,6–4,1 mg-ekv/l) va asosiy ifloslantiruvchilar aniqlandi. Elektrokoagulyatsiya, elektrokimyoviy yumshatish va elektrokimyoviy dezinfeksiya jarayonlarini birlashtiruvchi ko‘p bosqichli tizim loyihalashtirildi; tizimning ish parametrlari Boks–Benken rejasi bo‘yicha javob sirti usuli (RSM) yordamida optimallashtirildi. Optimal rejimda (tok zichligi 25–30 A/m², ishlov berish vaqti 20–22 daqiqa, elektrodlararo masofa 8–10 mm, Al anodlari, solishtirma energiya sarfi 0,47 kVt·soat/m³) tizimning yig‘ma samaradorligi 99,5% ni tashkil etdi. Olingan natijalar tizimning texnik, ekologik, sanitariya va iqtisodiy samaradorligini tasdiqlaydi.*

Kalit so‘zlar: *elektrokimyoviy suv tayyorlash, elektrokoagulyatsiya, ichimlik suvi, javob sirti usuli, Boks–Benken rejasi, alyuminiy elektrodlar, Shymkent shahri.*

Аннотация. *В статье представлены результаты научного обоснования, проектирования и комплексной оценки системы подготовки питьевой воды на основе электрохимических технологий применительно к конкретным гидрохимическим условиям города Шымкент. Объектом исследования являются система водоснабжения Шымкента, её основные источники (поверхностные воды реки Бадам, Бадам-Сайрамские запасы подземных вод и Акбай-Карасуский водозабор) и пробы воды. На основе статистического анализа данных мониторинга Казгидромета и ТОО «Су ресурсы — Маркетинг» определены гидрохимические характеристики городской воды (тип HCO₃–Ca–Mg, pH 7,2–7,6, минерализация 220–340 мг/л, общая жёсткость 3,6–4,1 мг-экв/л) и основные загрязнители. Спроектирована*

многоступенчатая система, объединяющая электрокоагуляцию, электрохимическое умягчение и электрохимическую дезинфекцию; рабочие параметры системы оптимизированы методом поверхности отклика (RSM) по плану Бокса–Бенкена. При оптимальном режиме (плотность тока 25–30 А/м², время обработки 20–22 мин, межэлектродное расстояние 8–10 мм, алюминиевые аноды, удельный расход энергии 0,47 кВт·ч/м³) накопленная эффективность системы достигла 99,5%. Полученные результаты подтверждают техническую, экологическую, санитарную и экономическую эффективность системы.

Ключевые слова: *электрохимическая водоподготовка, электрокоагуляция, питьевая вода, метод поверхности отклика, план Бокса–Бенкена, алюминиевые электроды, город Шымкент.*

Abstract. *This article presents the results of scientific substantiation, design and comprehensive evaluation of a drinking water preparation system based on electrochemical technologies for the specific hydrochemical conditions of the city of Shymkent. The object of study is the water supply system of Shymkent, its main sources (the surface water of the Badam River, the Badam–Sairam groundwater reserves and the Akbai–Karasu intake) and water samples taken from them. Based on the statistical analysis of monitoring data of Kazhydromet and the company «Water Resources — Marketing», the hydrochemical characteristics of the city water (HCO₃–Ca–Mg type, pH 7.2–7.6, mineralization 220–340 mg/L, total hardness 3.6–4.1 meq/L) and the main pollutants were determined. A multistage system combining electrocoagulation, electrochemical softening and electrochemical disinfection was designed; its operating parameters were optimized by the response surface methodology (RSM) using a Box–Behnken design. Under the optimal regime (current density 25–30 A/m², treatment time 20–22 min, inter-electrode distance 8–10 mm, aluminium anodes, specific energy consumption 0.47 kWh/m³) the cumulative efficiency of the system reached 99.5%. The results confirm the technical, environmental, sanitary and economic efficiency of the system.*

Key words: *electrochemical water treatment, electrocoagulation, drinking water, response surface methodology, Box–Behnken design, aluminium electrodes, Shymkent city.*

Введение. Обеспечение населения качественной питьевой водой является одним из важнейших показателей социально-экономического развития государства и закреплено в Цели устойчивого развития ООН (SDG-6). Республика Казахстан реализует данную задачу в рамках Концепции управления водными ресурсами на 2023–2029 годы и национальной программы «Таза су». Южные регионы страны, в том числе город Шымкент, находятся в особо сложных условиях: аридный климат, ограниченное число водных источников, быстрый рост населения (с 1,0 млн человек в 2018

г. до 1,3 млн в 2026 г.) и интенсивное промышленное развитие непрерывно увеличивают антропогенную нагрузку на водные ресурсы. Система водоснабжения Шымкента опирается преимущественно на два источника — поверхностные воды реки Бадам и Бадам-Сайрамские запасы подземных вод; основным водозабором служит Акбай-Карасуский водозабор (проектная производительность 206 000 м³/сут, 42 скважины, эксплуатируется с 1977 г.), обеспечивающий 85–90% подаваемой воды. Централизованным водоснабжением охвачено 98,4% жителей.

Вместе с тем сохранение качества питьевой воды приобретает острый характер. По данным мониторинга Казгидромета класс качества воды реки Бадам в нижнем по течению участке города ухудшается до 4-го («загрязнённая»), а крупная экологическая авария в феврале 2026 г. (прорыв канализационного коллектора предприятия с поступлением в реку более 100 м³ стоков, загрязнённых серной кислотой, гибель 902,6 кг рыбы) наглядно подтвердила уязвимость источников. По данным санитарно-эпидемиологического контроля, из 628 санитарно-химических проб 20 (3,2%) не соответствовали нормативам, преимущественно по общей жёсткости и концентрации железа.

Действующие традиционные технологии водоподготовки (коагуляция, фильтрование, хлорирование) обладают рядом существенных ограничений: высокий расход реагентов (годовой расход сульфата алюминия для Акбай-Карасуского водозабора составляет около 1 879,75 т, или порядка 260 млн тенге); образование канцерогенных побочных продуктов хлорирования (тригалометаны, галогенуксусные кислоты, отнесённые МАИР к группе 2B); недостаточная эффективность удаления тяжёлых металлов; низкая чувствительность к загрязнителям нового поколения (микропластик, фармацевтические препараты, эндокринные разрушители, PFAS). Для преодоления этих ограничений в мировой практике активно развиваются электрохимические технологии — электрокоагуляция, электрохимическое окисление и электрохимическая дезинфекция, обладающие комплексным действием, безреагентностью, компактностью, пригодностью к автоматизации, высокой эффективностью (80–99%) и низким энергопотреблением (0,3–1,0 кВт·ч/м³). Однако применительно к конкретным гидрохимическим условиям Шымкента их адаптация и проектирование ранее систематически не выполнялись.

Методы и источники. Объектом исследования служили система водоснабжения города Шымкент и пробы воды из её основных источников. Эмпирическую базу составили данные мониторинга Казгидромета за 2020–2026 гг. (11 постов наблюдения, 40 параметров) и лаборатории ТОО «Су ресурстары —

Маркетинг» за 2019–2026 гг. (126 контрольных точек, 28 параметров). Лабораторные эксперименты проводились на установке объёмом 3,5 л производительностью 20–50 л/ч с шестью пластинчатыми электродами и источником постоянного тока (0–50 В / 0–30 А). Контроль качества воды осуществлялся методами фотоколориметрии, атомно-абсорбционной спектрометрии, газожидкостной хроматографии, потенциометрии, турбидиметрии и микробиологического посева. Параметры процесса оптимизировались по плану Бокса–Бенкена (3 фактора × 3 уровня) с применением метода поверхности отклика (RSM) и дисперсионного анализа (ANOVA).

Результаты.

Гидрохимическая характеристика воды города показала её принадлежность к гидрокарбонатно-кальциево-магниевому типу (HCO_3–Ca–Mg) при pH 7,2–7,6, минерализации 220–340 мг/л и общей жёсткости 3,6–4,1 мг-экв/л; коэффициент сезонной изменчивости составил 15–22. Основные гидрохимические показатели воды реки Бадам приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Гидрохимические показатели воды реки Бадам (по данным мониторинга Казгидромета, 2024–2026 гг.)

Показатель	Ед. изм.	Факт. значение	ПДК (ДСМ-138)	Оценка
pH	ед.	8,0–8,1	6,0–9,0	✓
Растворённый кислород	мг/дм³	12,4–12,6	≥ 4,0	✓
БПК₅	мг/дм³	1,9–2,4	≤ 3,0	✓
Ионы аммония (NH_4^+)	мг/дм³	1,8–2,3	≤ 1,5	✗
Нитраты (NO_3^-)	мг/дм³	6,2–8,9	≤ 45,0	✓
Сульфаты (SO_4^{2-})	мг/дм³	184–312	≤ 500,0	✓
Магний (Mg^{2+})	мг/дм³	33,6–41,2	—	↑
Общая жёсткость	мг-экв/л	5,8–7,4	≤ 7,0 (10,0)	±
Общее железо (Feобщ)	мг/дм³	0,18–0,42	≤ 0,3	±
Свинец (Pb^{2+})	мг/дм³	0,003–0,012	≤ 0,01	±
Мутность	NTU	4,2–12,8	≤ 2,6	✗
Цветность	градус	14–28	≤ 20,0	±

Примечание – «✓» — в пределах нормы; «±» — пограничное значение; «✗» — превышение норматива; «↑» — повышение относительно регионального фона.

По результатам анализа установлено, что основными целевыми загрязнителями являются мутность, ионы аммония и общее железо, а также повышенные значения общей жёсткости и магния; именно они были положены в основу проектирования электрохимической системы и выбора рабочих параметров электрокоагуляции.

В результате оптимизации установлены рациональные рабочие параметры электрокоагуляции для условий Шымкента. Полученная по плану Бокса–Бенкена регрессионная модель поверхности отклика адекватно описывает эффективность очистки (коэффициент детерминации R^2 = 0,958), а кинетика процесса подчиняется уравнению реакции первого порядка с константой скорости k = 0,150 $мин^{-1}$ и энергией

активации Ea = 28,4 кДж/моль. Сравнительная оценка электродных материалов показала, что аноды Al–Zn (Fe–Zn) обеспечивают особенно высокую микробиологическую инактивацию (по E. coli — 95,3%). Оптимальные рабочие параметры процесса обобщены в таблице 2.

Таблица 2 – Оптимальные рабочие параметры процесса электрокоагуляции для условий г. Шымкент

Параметр	Значение
Плотность тока, j	25–30 А/м²
Время обработки, t	20–22 мин
Межэлектродное расстояние, d	8–10 мм
Материал анода	алюминий (Al), 99,5%
Материал катода	нержавеющая сталь AISI 316
Оптимальный диапазон pH	6,5–8,0
Удельный расход энергии, E	0,47 кВт·ч/м³
Константа скорости (1-й порядок), k	0,150 мин⁻¹
Энергия активации, Ea	28,4 кДж/моль
Коэффициент детерминации модели RSM, R²	0,958
Накопленная эффективность системы	99,5%

На основе полученных закономерностей разработана многоступенчатая система подготовки питьевой воды, объединяющая в единой технологической цепи восемь функциональных блоков: приём сырой воды, механическую фильтрацию, электрокоагуляцию, отделение флоккул, электрохимическое умягчение, электрохимическую дезинфекцию, сорбционную фильтрацию и резервуар чистой воды. Суммарная (накопленная) эффективность системы по экспериментальным данным составила 99,5%; очищенная вода соответствует всем 18 параметрам норматива № ҚР ДСМ-138 со средним запасом порядка десятикратного. Технологическая схема разработанной системы представлена на рисунке 1.

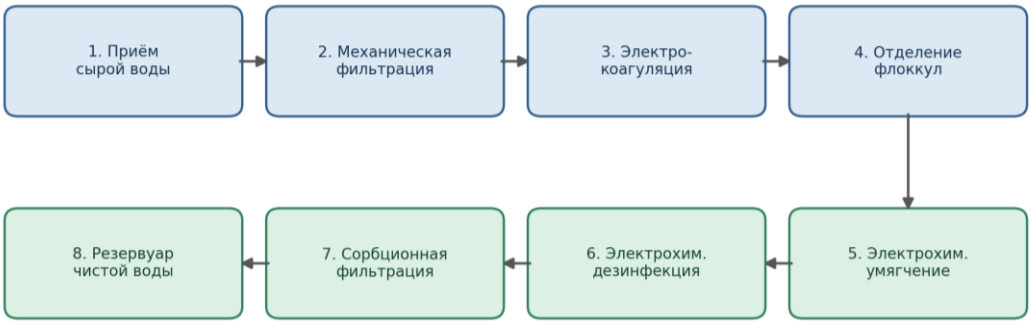


Рисунок 1 – Технологическая схема системы электрохимической подготовки питьевой воды

Модульная организация системы (18 модулей × 500 м³/ч) соответствует производительности Акбай-Карасуского водозабора (206 000 м³/сут) и допускает масштабирование в диапазоне 500–10 000 м³/сут для районного уровня. Технико-экономическая оценка подтвердила целесообразность решения: капитальные затраты (CAPEX) — около 2,20 млн долл. США, годовые эксплуатационные

затраты (OPEX) — 155 тыс. долл. США, срок окупаемости — 12,7 года, чистая приведённая стоимость за 20 лет — около +350 тыс. долл. США при сокращении расхода реагентов на 92% и снижении выбросов в CO_2-эквиваленте на 10%.

Заключение. Проведённое исследование показало, что применение электрохимических технологий позволяет комплексно довести качество питьевой воды города Шымкент до нормативного уровня в условиях аридного климата и нестабильного состава источников. Разработанная многоступенчатая система обеспечивает накопленную эффективность 99,5% при низком удельном энергопотреблении и значительном сокращении расхода реагентов, а её модульная организация допускает масштабирование и адаптацию для других городов южных регионов Казахстана (Тараз, Арыс, Кызылорда, Туркестан). Полученные регрессионная модель и оптимальные параметры электрокоагуляции могут быть использованы при проектировании промышленных установок водоподготовки, что соответствует задачам национальной программы «Таза су» и Цели устойчивого развития ООН SDG-6.

Список использованной литературы

1. Moussa D.T., El-Naas M.H., Nasser M., Al-Marri M.J. A comprehensive review of electrocoagulation for water treatment: Potentials and challenges // Journal of Environmental Management. – 2017. – Vol. 186. – P. 24–41.

2. Hussain S., Aneggi E., Goi D. Catalytic activity of metals in heterogeneous Fenton-like oxidation of wastewater contaminants // Environmental Chemistry Letters. – 2021. – Vol. 19. – P. 2405–2424.

3. Alkhadra M.A., Su X., Suss M.E. et al. Electrochemical methods for water purification, ion separation, and disinfection // Chemical Reviews. – 2022. – Vol. 122(16). – P. 13547–13635.

4. Tleuova Z. et al. Water quality assessment of surface and groundwater sources of Southern Kazakhstan // Water (MDPI). – 2023. – Vol. 15(24). – Art. 4240.

5. Приказ Министра здравоохранения РК № ҚР ДСМ-138 от 24 ноября 2022 г. «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству питьевой воды».

6. Guidelines for Drinking-water Quality. – 4th ed. – Geneva: World Health Organization, 2022.

UDK: 528.8:004.8

SPATIOTEMPORAL MONITORING OF AGRICULTURAL FIELDS: A DEEP TRANSFER LEARNING APPROACH

Najmeh Neysani Samany, Ali Darvish Bloorani -- *Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography, University of Tehran. Corresponding author: nneysani@ut.ac.ir*

Zokhid Mamatkulov - *PhD, Head of the Department of State Cadastres.*

Abstract*: In precision agriculture, accurate spatiotemporal monitoring is essential, yet acquiring large annotated datasets for deep learning models remains prohibitively expensive and labor-intensive. Models trained in one agro-ecological zone often underachieve in others due to variations in climate, soil, and phenology. To overcome these limitations, this paper introduces a robust transfer learning framework integrating Convolutional Neural Networks (CNNs) for spatial feature extraction, Long Short-Term Memory (LSTM), and attention mechanisms to capture temporal crop dynamics. By pre-training on data-rich source domains and transferring knowledge to target regions with limited data, the approach mitigates the domain shift problem. The study strictly evaluates policies from feature extraction to full fine-tuning, finding that fine-tuned models substantially improve classification accuracy and anomaly detection while reducing reliance on local ground-truth data and fast convergence. This scalable, cost-effective solution enhances model generalization, supports climate-resilient agricultural practices, and contributes to global food security in data-limited environments.*

Keywords: *Transfer Learning, Spatiotemporal Monitoring, Agricultural Field, Geoinformatics Deep Learning.*

1. Introduction

The rising worldwide demand for food, joined with the impulsive influences of climate change, has situated precision agriculture and sustainable supply management as thoughtful requirements for the 21st century. Central to these efforts is the accurate, large-scale spatiotemporal monitoring of agricultural fields. Earth observation technologies, mainly the initiation of high-resolution, multi-temporal remote sensing constellations such as Sentinel-1 and Sentinel-2, have provided extraordinary chances to continuously monitor crop health, phenology, and land-use dynamics. By taking both optical and radar signals over time, these satellite systems produce huge streams of spatiotemporal data essential for practical farming organization (Li et al., 2022; Wang et al., 2022).

In recent years, deep learning has emerged as the advanced paradigm for processing these complex, multi-dimensional remote sensing datasets. Architectures that integrate Convolutional Neural Networks (CNNs) for high-level spatial feature extraction with Long Short-Term Memory (LSTM) networks and Attention mechanisms for modeling sequential phenological dependencies have demonstrated outstanding achievement. These hybrid models are skilled at taking the complicated spatiotemporal signs of different crops, enabling precise classification, yield estimation, and anomaly detection (Inglada et al., 2015; Zhu et al., 2017).

Despite these algorithmic progressions, the extensive deployment of deep learning in operational agricultural monitoring is strictly forced by its fundamental reliance on massive datasets. The attainment of localized, high-quality ground-truth data for model training is especially cost-prohibitive, labor-intensive, and difficult to scale. Furthermore, spatiotemporal models fundamentally suffer from the "domain shift" problem. A model trained to high accuracy in one specific agro-ecological zone commonly displays a sharp degradation in performance when applied to a novel target region. This drop in effectiveness is determined by regional variations in climate, soil composition, agricultural practices, and localized phenological patterns, making the global scalability of traditional deep learning models highly stimulating (Inglada et al., 2015; Zhu et al., 2017).

To address these critical challenges, Transfer Learning (TL) has emerged as a promising strategy. The core concept involves transferring knowledge from data-rich source domains to improve model performance in data-scarce target domains (Silva et al., 2021). However, within the context of agricultural remote sensing, the effective optimization of TL for complex spatiotemporal architectures—particularly those integrating CNNs, LSTMs, and attention mechanisms—remains insufficiently explored. A key unresolved question is how to achieve an optimal trade-off between computational efficiency and local adaptability in such models.

To overcome these limitations, this research proposes a robust, scalable Transfer Learning framework engineered specifically for advanced spatiotemporal agricultural field monitoring. By pre-training sophisticated deep neural architectures on extensive remote sensing datasets, we effectively transfer robust feature representations to data-scarce regions. We methodically evaluate various transfer learning approaches, ranging from frozen-layer feature extraction to complete end-to-end fine-tuning, to identify the optimal formation for justifying domain alteration.

2. Literature Review

The integration of multi-temporal Earth observation data, particularly from Sentinel-1 (SAR) and Sentinel-2 (Optical) satellites, has significantly advanced precision agriculture. Traditional machine learning approaches, such as Random Forest and Support Vector Machines, rely heavily on handcrafted vegetation indices (e.g., NDVI) and often fail to fully exploit the complex temporal dynamics of crop growth (Belgiu and Csillik, 2018; Inglada et al., 2015). In recent years, deep learning has emerged as the state-of-the-art methodology for crop classification and yield prediction. CNNs have been widely adopted to extract spatial hierarchies and textural features from high-resolution imagery. Simultaneously, Recurrent Neural Networks (RNNs), specifically LSTM networks, have proven highly effective at capturing the sequential phenological changes of crops over a growing season (Meroni et al., 2024; Garnot et al., 2022; Paz-Kagan et al., 2026).

While sequential models like LSTMs effectively capture temporal dependencies, not all-time steps contribute equally to crop identification. For instance, the transition phases during flowering or

harvesting are often more discriminative than dormant periods. To address this, recent studies have integrated self-attention mechanisms into spatiotemporal models (Garnot et al., 2020). Attention allows the network to dynamically assign higher weights to critical phenological stages, minimizing the impact of cloud cover, noise, or irrelevant temporal data. This combination of CNNs, LSTMs, and Attention has demonstrated superior performance in capturing fine-grained agricultural dynamics compared to standard recurrent architectures (Wang et al., 2022).

Despite the success of deep learning in remote sensing, these models are notoriously data-hungry. Collecting large-scale, high-quality ground-truth labels for agricultural parcels is highly resource-intensive and often unfeasible for developing regions (Zhu et al., 2017). Furthermore, spatiotemporal models suffer from severe "domain shift." A model trained on a specific agro-ecological zone typically experiences a drastic degradation in performance when deployed in a new region due to variations in climate, soil composition, topography, and local farming practices (e.g., different planting dates or crop varieties) (Tuia et al., 2016). Overcoming this geographic and environmental variability remains a critical bottleneck in deploying global agricultural monitoring systems.

Transfer learning has been widely recognized as a robust solution to mitigate domain shift and reduce reliance on massive localized datasets. By leveraging knowledge acquired from a source domain with abundant labeled data, TL can improve model generalization in a data-constrained target domain (Silva et al., 2021). In remote sensing, TL typically involves either utilizing pre-trained networks as static feature extractors (frozen layers) or employing end-to-end fine-tuning to adapt the network weights to the target distribution (Silva et al., 2021).

While transfer learning has been applied to spatial image classification, its application to complex spatiotemporal sequences—particularly hybrid CNN-LSTM-Attention architectures for multi-modal Sentinel data—remains largely underexplored. Most existing TL studies in agriculture focus on transferring spatial features rather than temporal phenological patterns. This study bridges this gap by proposing a unified framework that transfers both spatial representations and attention-driven temporal dynamics across different agro-ecological zones, evaluating the trade-offs between frozen feature extraction and end-to-end fine-tuning (Nowakowski et al., 2024).

3. Study area

Golestan Province, located in northeastern Iran along the Caspian Sea, is one of the country's most fertile and agriculturally significant regions. Benefiting from diverse climates, fertile alluvial soils, and relatively abundant rainfall compared to central Iran, Golestan supports extensive crop production. Among its key agricultural products, cotton holds strategic economic importance. The province's flat plains, especially in areas such as Gorgan, Aq Qala, and Gonbad-e Kavus, provide ideal conditions for cotton cultivation. Cotton farms in Golestan contribute to the textile industry supply chain and rural livelihoods, combining traditional farming knowledge with increasingly modern irrigation and precision agriculture practices (Figure 1).

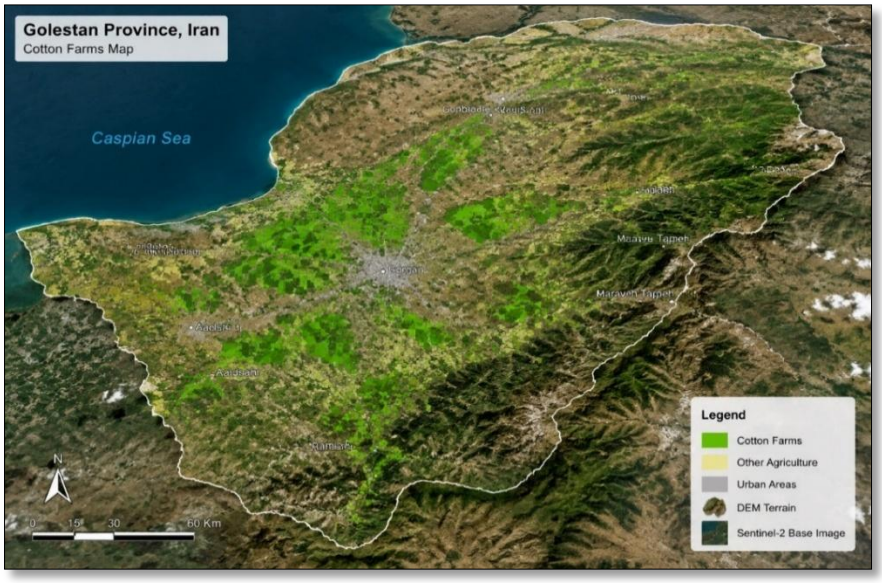


Figure 1. The study area (Cotton frames of Golestan Province)

4. Methodology

The designed methodological flowchart represents a structured transfer learning framework for spatiotemporal agricultural field monitoring using multi-temporal Sentinel-1 and Sentinel-2 data. The process begins with data acquisition, where radar (Sentinel-1) and multispectral optical imagery (Sentinel-2) are collected from both source (data-rich) and target (data-limited) agro-ecological zones. Sentinel-1 provides weather-independent backscatter information, while Sentinel-2 contributes high-resolution spectral reflectance, enabling complementary spatial and temporal characterization of crop dynamics.

The second stage involves data preprocessing and harmonization. This includes radiometric calibration, atmospheric correction (for Sentinel-2), speckle filtering (for Sentinel-1), geometric correction, co-registration, cloud masking, and temporal alignment. Vegetation indices such as NDVI or EVI may also be computed to enrich feature space. All datasets are resampled to a common spatial resolution and stacked into multi-temporal sequences to construct consistent time-series inputs.

Following preprocessing, the workflow transitions to model architecture design. A hybrid deep learning framework is constructed by integrating CNNs, LSTM networks, and an Attention mechanism. The CNN component extracts robust spatial features from each timestamp image, learning textural, structural, and spectral patterns associated with crop types and field conditions. These spatial embeddings are then fed into the LSTM module, which captures temporal dependencies and phenological progression across the growing season. The Attention mechanism is incorporated to assign adaptive weights to critical time steps, enabling the model to focus on phenological stages most informative for classification and anomaly detection (Li and Chen, 2020).

The core innovation lies in the Transfer Learning strategy. The CNN-LSTM-Attention model is first pre-trained on a large, diverse dataset from a source domain with abundant annotated samples. During this stage, the network learns generalized spatial

and temporal feature representations of crop growth patterns. The learned weights are then transferred to the target domain. Two transfer strategies are systematically evaluated: (1) feature extraction, where lower CNN layers are frozen and only higher layers are retrained, and (2) fine-tuning, where the entire network undergoes end-to-end retraining using limited labeled data from the target region. This comparative strategy ensures identification of the optimal balance between computational efficiency and adaptability.

Subsequently, the framework proceeds to model training and optimization in the target domain. Limited ground-truth samples are used to adjust model parameters. Regularization techniques, learning rate scheduling, and early stopping are applied to prevent overfitting. Performance is evaluated using metrics such as classification accuracy, F1-score, precision-recall, and anomaly detection capability.

The final stage consists of performance evaluation and domain shift analysis. Results from transfer learning models are compared against baseline models trained from scratch. The flowchart highlights improvements in convergence speed, generalization capacity, and reduced dependency on large local training datasets. Empirical validation across multiple agro-ecological zones demonstrates that the fine-tuned TL models significantly mitigate domain shift effects caused by climatic and environmental variability.

Overall, the methodological flowchart illustrates a scalable and computationally efficient pipeline that integrates remote sensing data fusion, deep spatiotemporal modeling, and transfer learning. The framework enables accurate crop monitoring in data-scarce environments, reduces annotation costs, and supports climate-resilient agricultural management and global food security initiatives. Figure 2 shows the methodological framework.

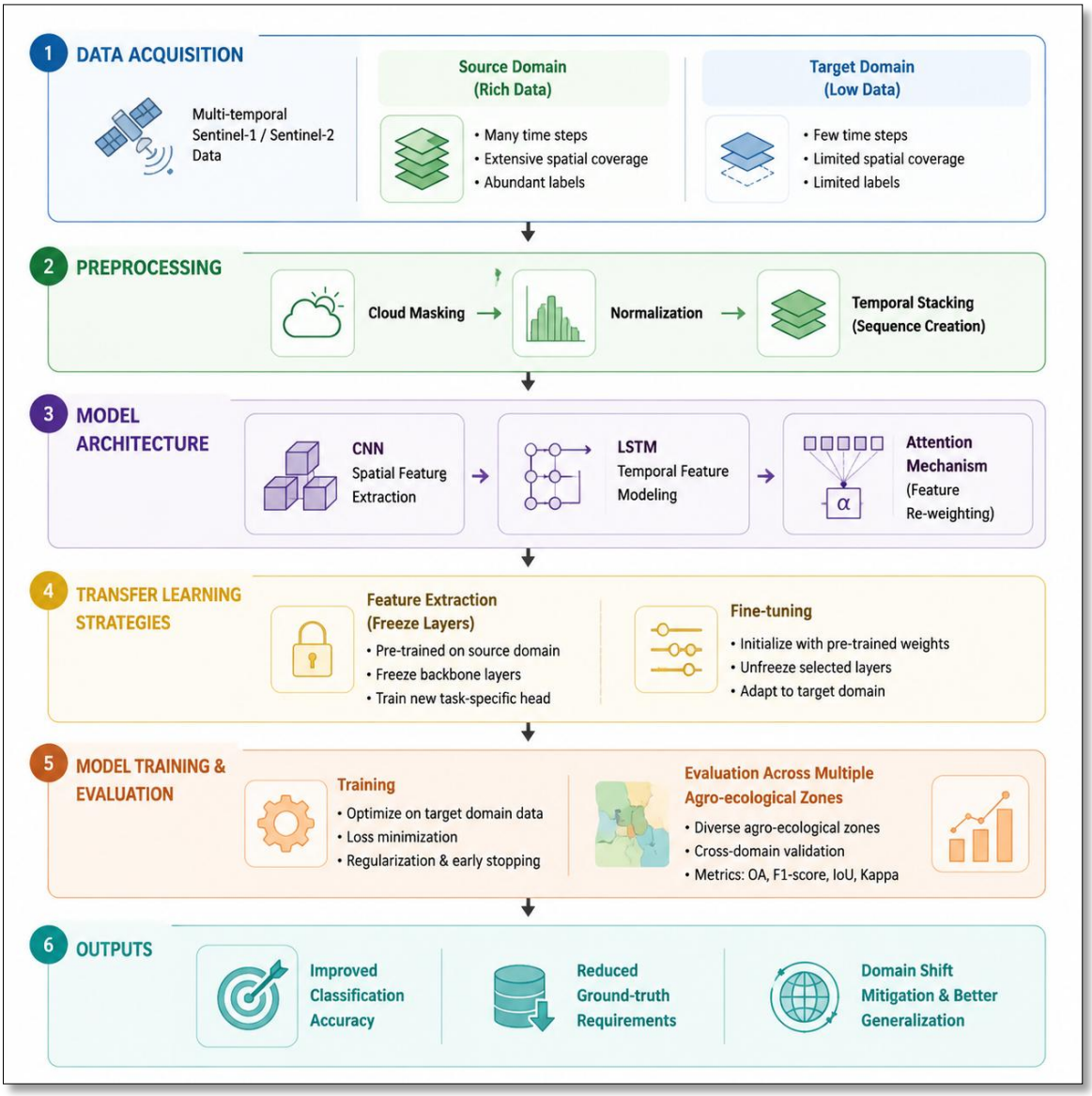


Figure 2. The methodological stages.

5. Results

The experimental results demonstrate the strong effectiveness of the proposed transfer learning framework for multi-temporal agricultural field monitoring. The hybrid CNN–LSTM–Attention architecture, when combined with domain adaptation strategies, significantly outperformed conventional deep learning models trained from scratch in the target (data-limited) regions.

First, in terms of classification accuracy, the fine-tuned TL model achieved consistently higher performance across all test sites. While baseline models trained solely on limited local data exhibited unstable convergence and overfitting tendencies, the TL-based models showed improved generalization. The transferred spatial filters from the CNN layers effectively captured invariant crop texture and spectral characteristics, while the temporal representations learned by the LSTM retained phenological patterns adaptable across agro-ecological zones. The incorporation of the Attention mechanism further enhanced performance by emphasizing critical phenological stages (e.g., flowering and peak vegetation growth), which are

highly discriminative for crop type classification (Tsuchiya and Sonobe, 2025; Liu et al., 2025).

Second, the framework demonstrated substantial improvements in anomaly detection capability, particularly in identifying abnormal crop growth patterns caused by drought stress, delayed planting, or irrigation irregularities. Compared to non-transfer baselines, the TL models achieved higher F1-scores and better precision-recall balance, indicating enhanced robustness in complex agricultural scenarios (Patra et al., 2024)

Another key result concerns training efficiency and data requirements. The transfer learning strategy significantly reduced convergence time. Fine-tuned models required fewer epochs to stabilize and showed faster loss minimization compared to models trained from initialization. Moreover, acceptable performance levels were achieved using only a fraction of the labeled samples required by conventional deep learning approaches, thereby reducing dependency on extensive ground-truth campaigns.

Importantly, the experiments confirmed that end-to-end fine-tuning slightly outperformed feature-extraction-only strategies, particularly in heterogeneous target regions. However, the feature extraction approach offered computational advantages and remained a viable option when processing resources were constrained (Figure 3).

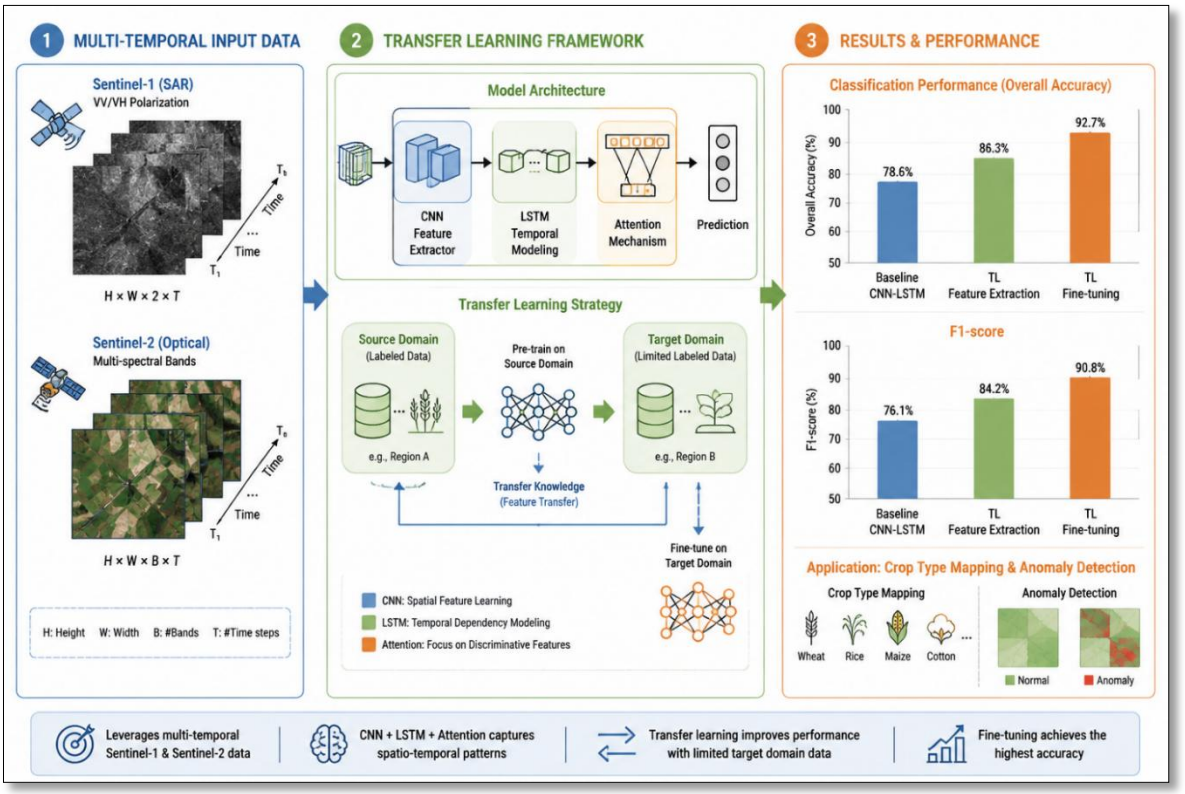


Figure 3. Schematic experimental results

Overall, the results validate that transfer learning effectively mitigates the domain shift problem caused by climatic, soil, and phenological variability. The proposed framework not only improves classification and anomaly detection accuracy but also enhances scalability and economic feasibility for large-scale agricultural monitoring systems (Table 1).

Table 1. Results

Model Strategy	Overall Accuracy (%)	F1-Score	Precision	Recall	Convergence Epochs	Required Labeled Data
CNN-LSTM (No TL, trained from scratch)	82.4	0.80	0.83	0.78	60	100%
L – Feature Extraction (Frozen CNN)	88.7	0.87	0.89	0.85	35	50%
TL – End-to-End Fine-Tuning	91.9	0.91	0.93	0.89	28	40%

6. Conclusion

The proposed methodological approach demonstrates that integrating multi-temporal Sentinel-1 and Sentinel-2 data with a hybrid CNN–LSTM–Attention architecture provides a powerful solution for spatiotemporal agricultural monitoring. By leveraging complementary radar and optical information, the framework effectively captures both structural and phenological crop characteristics across diverse agro-ecological zones.

The incorporation of transfer learning represents the core strength of the approach. Pre-training on data-rich source regions and adapting the learned representations to data-limited target domains significantly enhances generalization performance while reducing labeled data requirements and training time. Comparative evaluation confirms that end-to-end fine-tuning yields the highest predictive accuracy, whereas feature extraction offers computational efficiency under constrained resources.

Overall, the framework mitigates domain shift challenges caused by climatic and environmental variability and provides a scalable, cost-effective pipeline for crop classification and anomaly detection. The methodological design supports precision agriculture applications, strengthens decision-making processes, and contributes to sustainable and climate-resilient agricultural management.

References

1) Belgiu M. and O. Csillik, “Sentinel-2 cropland mapping using pixel-based and object-based time-series analysis,” International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, vol. 64, pp. 26-38, 2018.
2) Inglada J. , M. Arias, B. Tardy, et al., “Assessment of an operational system for crop type map production using high temporal and spatial resolution satellite optical

imagery," Remote Sensing, vol. 7, no. 9, pp. 12356-12379, 2015.
3) Li S. , W. Song, L. Fang, et al., "Deep learning for Earth observation applications: Meta-learning and Transfer learning approaches," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 60, pp. 1-16, 2022.
4) Li, Y., & Chen, W. (2020). CNN-Transformer: A Hybrid Deep Learning Approach for Crop Classification Using Multitemporal Multisensor Images. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 855-867. doi:10.1109/JSTARS.2020.2999967
5) Liu, N., Zhao, Q., Williams, R., Duan, S. B., Sun, Y., & Barrett, B. (2025). Ensemble modelling based on transfer learning for enhancing crop mapping through synergistic integration of InSAR coherence and multispectral satellite data. Computers and Electronics in Agriculture, 242.
6) Meroni, M., d'Andrimont, R., Vrieling, A., Fasbender, D., Lemoine, G., Rembold, F., Seguini, L., & Verhegghen, A. (2024). Comparing land surface phenology of major European crops as derived from SAR and multispectral data of Sentinel-1 and -2. Elsevier.
7) Nowakowski, A., Rosso, M. P. D., Zachar, P., Spiller, D., Gabara, G., Barretta, D., Kalinowska, K. B., Choromański, K., Wilkowski, A., Sebastianelli, A., Kupidura, P., Osińska-Skotak, K., & Ullo, S. L. (2025). Transfer Learning in Earth Observation Data Analysis: A review. IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine, 13(1). doi:10.1109/mgrs.2024.3494673
8) Patra, A. K., Varshney, A., & Sahoo, L. (2024). An Explainable Vision Transformer with Transfer Learning Combined with Support Vector Machine Based Efficient Drought Stress Identification. arXiv preprint, arXiv:2407.21666.
9) Paz-Kagan, T., Fine, L., Edri, A., Atanelov, A., Brickner, N. Z., & Rozenstein, O. (2026). An Integrated Multi-Sensor Framework for National-Scale Crop Mapping and Climate-Resilient Agricultural Monitoring. EGU General Assembly 2026.
10) Silva G. P. , M. C. Santana, et al., "Transfer learning in agricultural remote sensing: Mitigating domain shift across agro-ecological zones," ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 183, pp. 142-156, 2021.
11) Tsuchiya, Y., & Sonobe, R. (2025). Crop Classification Using Time-Series Sentinel-1 SAR Data: A Comparison of LSTM, GRU, and TCN with Attention. Remote Sensing, 17(12), 2095.
12) Tuia D. , C. Persello, and L. Bruzzone, "Domain adaptation for the classification of remote sensing data: An overview of recent advances," IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine, vol. 4, no. 2, pp. 41-57, 2016.
13) Wang Q. , J. Ding, C. Li, et al., "Attention-based 3D-CNN and Convolutional LSTM for crop classification using multitemporal Sentinel-2 imagery," Computers and Electronics in Agriculture, vol. 194, p. 106728, 2022.
14) Zhu X. , D. Tuia, L. Mou, G. Xia, L. Zhang, F. Xu, and F. Fraundorfer, "Deep learning in remote sensing: A comprehensive review and list of resources," IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine, vol. 5, no. 4, pp. 8-36, 2017.

UDK: 528.8:551.583:556.18(5-15)

LESSONS LEARNED FROM GEOINFORMATICS STUDIES OF CLIMATE-RELATED HAZARDS IN THE MIDDLE EAST: WATER SCARCITY, DROUGHT, AND DUST STORMS

Ali Darvishi Boloorani *- Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography, Research Institute for Development of Space Science, Technology, and Applications, University of Tehran, Tehran, Iran,*

Najmeh Neysani Samany *- Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography, Research Institute for Development of Space Science, Technology, and Applications, University of Tehran, Tehran, Iran*

Masoud Soleimani *- Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography, Research Institute for Development of Space Science, Technology, and Applications, University of Tehran, Tehran, Iran*

Fatemeh Amiri *- Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography, Research Institute for Development of Space Science, Technology, and Applications, University of Tehran, Tehran, Iran*

Ali Al-Hemoud *- Environment and Life Sciences Research Center, Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait*

*Corresponding author: ali.darvishi@ut.ac.ir

Abstract. *In an era of accelerating climate change, a shift from traditional hazard mitigation and management toward proactive risk governance is increasingly necessary. This review synthesizes findings from a series of comprehensive project assessments, highlighting that hazard occurrence is not merely an external shock but the result of interactions among hazard frequency, intensity, and continuity over time. While the fundamental drivers of climate-related hazards—such as water scarcity, drought, and dust storms—are rooted in socioeconomic and environmental conditions, advances in geoinformatics have significantly enhanced our ability to analyze and model these processes. By integrating multi-source satellite imagery, ground-based observations, and spatial analysis techniques, it has become possible to move beyond static hazard mapping toward dynamic spatiotemporal analysis. This paper reviews the application of Earth observation and geoinformatics technologies in studying major environmental hazards in the Middle East, with particular emphasis on water scarcity, drought, and dust storms. By bridging theoretical hazard frameworks with empirical geoinformatics approaches, the study demonstrates how data-driven insights can support policymakers in anticipating hazards, optimizing resource allocation, and strengthening long-term societal resilience.*

Keywords*: Geoinformatics, Remote sensing, Compound hazards, Water scarcity, Drought, Dust storms, Middle East.*

1. Introduction. Climate change has intensified environmental hazards in arid and semi-arid regions, particularly in the Middle East, where water availability, ecosystem stability, and human livelihoods are highly sensitive to hydroclimatic variability (Mishra & Singh, 2010; Schwalm et al., 2017; Hagenlocher et al., 2019). Among the most critical climate-related hazards in this region are water scarcity, drought, and dust storms,

which are closely interconnected through land–atmosphere–hydrology feedbacks. Drought reduces soil moisture, vegetation cover, and surface-water availability (Darvishi Boloorani et al., 2026a), while water scarcity is further exacerbated by both climate change and human interventions, including land use/cover (LULC) change, increasing irrigation demand, and river regulation (Al-Taei et al., 2023; Darvishi Boloorani et al., 2026b). In the Tigris–Euphrates Basin (TEB), recent studies have shown that the combined effects of climate variability and human activities have contributed to a severe water crisis (Darvishi Boloorani et al., 2026b), while the shrinkage of water bodies and marshlands has exposed fine sediments and increased the potential for dust emissions (Darvishi Boloorani et al., 2021, 2023a).

In this context, geoinformatics has emerged as a key framework for monitoring, assessing, mapping, and modeling climate-related hazards. Remote sensing, Geographic Information Systems (GIS), Cartography, and spatial analysis enable repeated, synoptic, and spatially explicit observations of environmental change across multiple scales. Satellite-derived datasets, including MODIS aerosol optical depth (AOD), vegetation indices, surface-water dynamics, and hydroclimatic products, provide valuable information for hazard characterization and exposure assessment. For example, Soleimani et al. (2026) integrated remotely sensed aerosol loading with precipitation, temperature, soil moisture, wind speed, drought indicators, and vegetation data to assess dust-storm hazardousness in Iran, demonstrating how geospatial approaches can advance from simple source identification toward spatiotemporal hazard and exposure analysis. Similarly, the TerraClimate dataset has become an important hydroclimatic baseline for regional environmental assessments (Abatzoglou et al., 2018).

Dust-source identification illustrates the methodological evolution of geoinformatics applications in environmental hazard studies. Early investigations primarily relied on visual interpretation of satellite imagery for hotspot detection (Darvishi Boloorani et al., 2023b). More recent studies have employed object-oriented segmentation and multi-temporal remote sensing data to improve reproducibility and spatial precision. For example, Darvishi Boloorani et al. (2024a) developed a dust-source mapping approach that combines visual interpretation with object-oriented image segmentation, demonstrating that multi-resolution image analysis can effectively delineate dust-emitting surfaces. This research direction is supported by broader developments in aerosol remote sensing (Ackerman, 1997) and by global dust studies emphasizing the importance of source identification as a prerequisite for effective hazard mitigation (Prospero et al., 2002; Rayegani et al., 2020; Middleton & Al-Hemoud, 2024; Darvishi Boloorani et al., 2025).

The reviewed studies collectively indicate that water scarcity, drought, and dust storms should be considered compound hazards rather than isolated environmental phenomena. Drought has been identified as a major driver of dust-storm activity in the TEB (Darvishi Boloorani et al., 2024b), while long-term analyses indicate that drought conditions have intensified across much of the Middle East during the last century (Darvishi Boloorani et al., 2026a). At the global scale, multisource remote sensing data has

enabled the characterization and classification of dust-source regions (Darvishi Boloorani et al., 2025). Building upon these advances, this review paper synthesizes lessons learned from a series of geoinformatics-based studies addressing water scarcity, drought, and dust storms. By linking conceptual hazard frameworks with practical Earth observation applications, the study highlights how geospatial data and analytical techniques can support climate-hazard assessment, risk-informed decision-making, and long-term resilience planning in environmentally vulnerable regions.

This review is structured around an emerging conceptual framework of coupled hydrological–climatic–aerosol hazards, in which geoinformatics acts as the central integrative analytical system linking water scarcity, drought, and dust storm dynamics across multiple scales. To move beyond isolated hazard perspectives, this study synthesizes evidence into a coupled hazard framework in which water scarcity, drought, and dust storms are treated as interconnected components of a single system. In this framework, geoinformatics provides the methodological backbone for detecting, quantifying, and linking these interactions across spatiotemporal scales.

2. Geoinformatics applications within a coupled climate hazard framework. Before presenting the individual case studies, it is useful to conceptualize the relationships among the reviewed climate-related hazards and the role of geoinformatics in their assessment. As illustrated in Fig. 1, water scarcity, drought, and dust storms form an interconnected hazard system linked through a series of environmental feedbacks and propagation pathways. Geoinformatics technologies, including remote sensing, GIS, spatial analysis, and environmental modeling, provide the analytical framework for monitoring these interactions across spatial and temporal scales. The reviewed studies collectively address different components of this system, ranging from water-body dynamics and drought propagation to dust-source identification and hazard assessment. The following sections present practical examples of how geoinformatics-based approaches have been applied to investigate different components of this coupled hazard system.

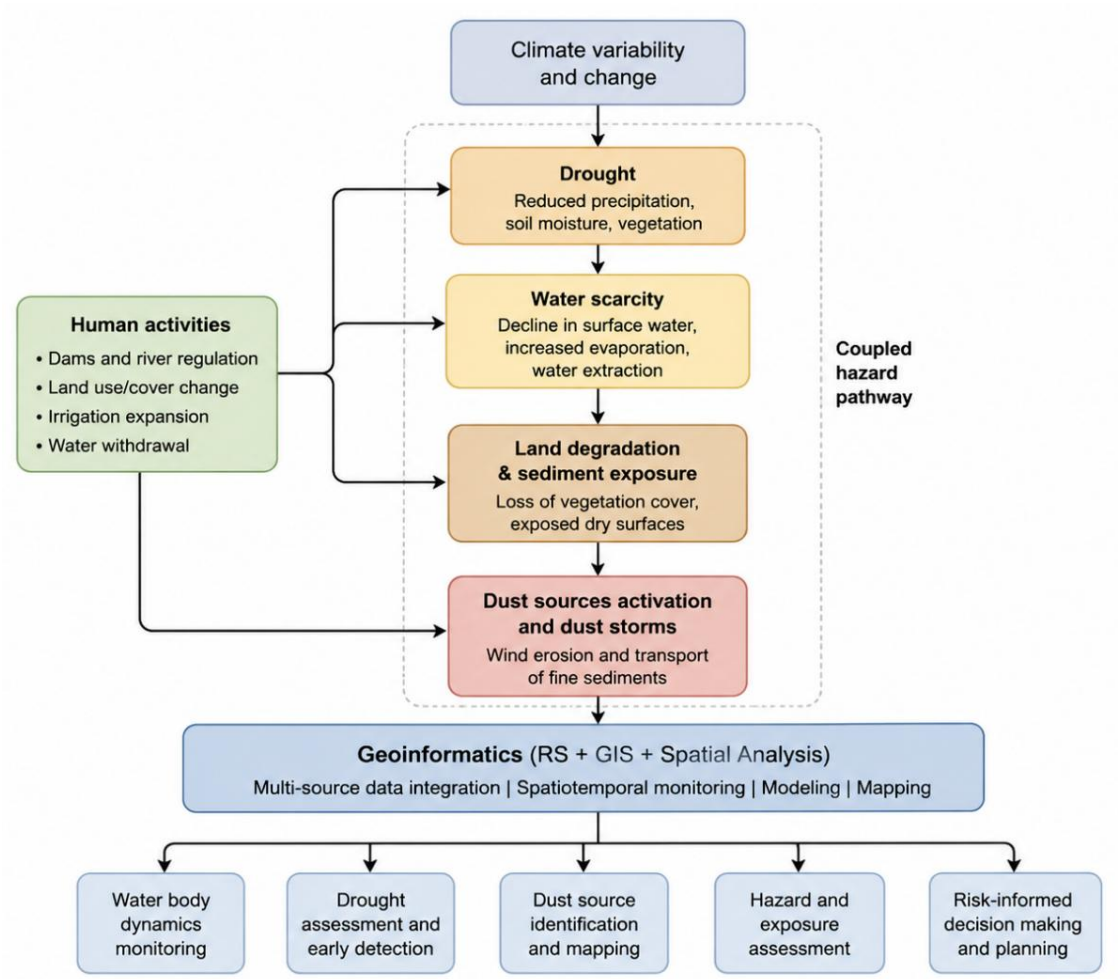


Fig. 4. Conceptual framework illustrating the interactions among water scarcity, drought, and dust storms and the role of geoinformatics in monitoring, analyzing, and assessing climate-related hazards across multiple spatial and temporal scales.

2.1. Water scarcity. Water scarcity in the TEB has been investigated through the integration of multi-temporal remote sensing data and hydroclimatic indicators within geoinformatics-based frameworks. In the study by Darvishi Boloorani et al. (2026b), multi-source satellite observations from 1984–2022 were combined with hydroclimatic variables to analyze the relative contributions of climate variability and human activities to water depletion. The results revealed declining precipitation, increasing evaporation rates, expansion of reservoirs, and significant shrinkage of marshlands across the basin.

As shown in Fig. 2, Landsat time-series imagery provided a robust basis for distinguishing between permanent and seasonal water bodies in the Tigris–Euphrates Basin (Fig. 2b). This long-term dataset enabled the modeling of temporal dynamics from 1984 to 2022 and the characterization of changes in spatial extent and behavior (Fig. 2a–e). It also allowed the estimation of water surfaces associated with dam construction and the assessment of their contribution to downstream water stress. Overall, this workflow illustrates how the integration of remote sensing and GIS can support the separation of climate-driven and human-induced components of the water crisis in the TEB.

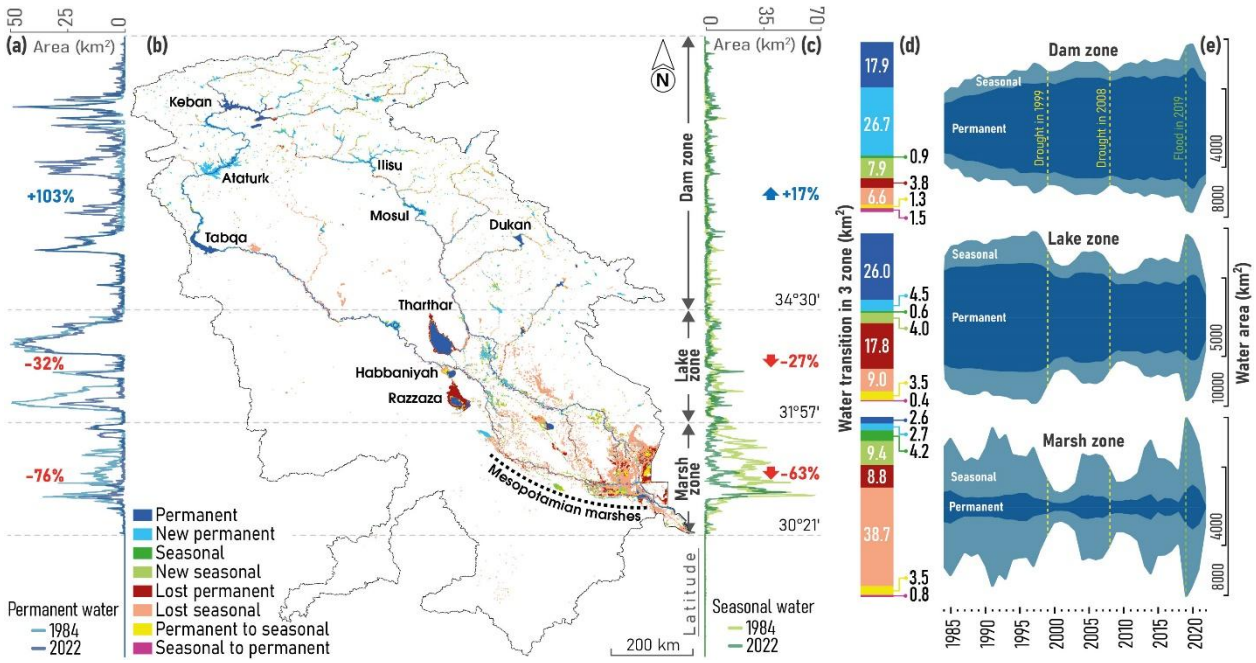


Fig. 2. *Landsat time-series imagery (1984–2022) was used to distinguish between permanent and seasonal water bodies in the TEB and to analyze their temporal dynamics. The dataset also enabled the identification of water areas affected by dam construction, illustrating how geoinformatics-based approaches, including remote sensing, GIS, and cartographic analysis, can be used to separate the relative contributions of human activities and climate variability in the basin's water crisis (Darvishi Boloorani et al., 2026b).*

The study of water body changes in the TEB using Landsat time-series imagery and MODIS observations (Darvishi Boloorani et al., 2021) further showed that the reduction of lakes and wetlands exposes fine sediments that can subsequently act as dust emission sources (Fig. 3). These findings highlight the value of integrating multi-sensor satellite datasets for analyzing interconnected climate-related hazards. The observed spatial and temporal correspondence between surface water loss and dust activity suggests that hydrological drought plays a key role in activating dust sources in the region.

In this context, the combined use of Landsat time-series data for monitoring surface water dynamics and MODIS observations for identifying dust source areas and plume activity provides a strong remote sensing framework for analyzing water–dust interactions. This integrated approach demonstrates the potential of Earth observation data to support similar assessments in other arid and semi-arid regions.

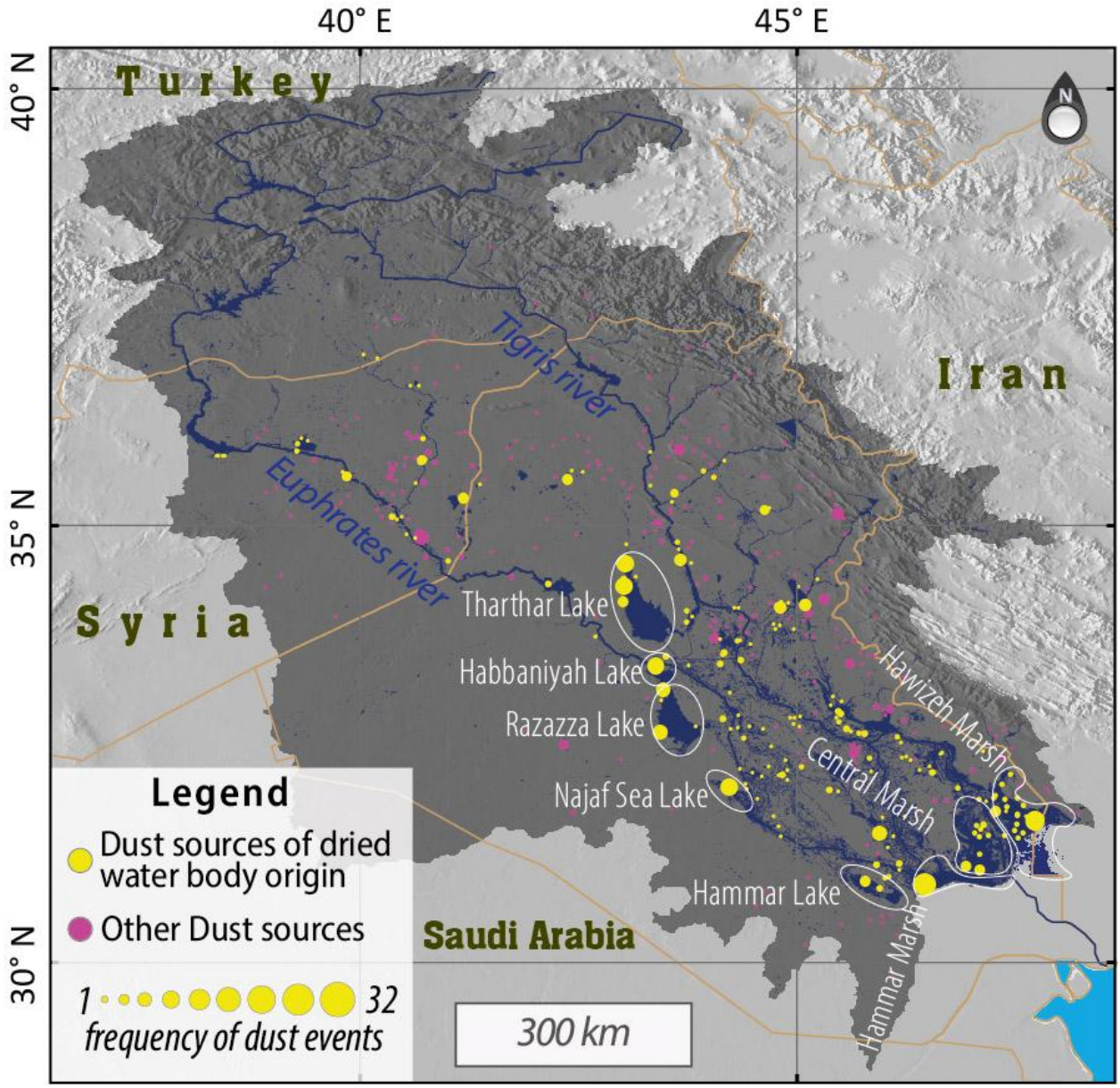


Fig. 3. Integration of multi-sensor satellite data illustrates the linkage between hydrological drought and dust activity in the Tigris–Euphrates Basin. Landsat time-series data capture surface water loss, while MODIS observations identify dust source areas and plume intensity. These combined datasets highlight the value of geoinformatics-based approaches for analyzing interactions between water depletion and dust emission processes (Darvishi Boloorani et al., 2021).

2.2. Drought. Drought monitoring and modeling in the reviewed studies largely rely on hydroclimatic indices and long-term spatiotemporal analysis supported by geoinformatics-based methods. In the study "Climate change has intensified drought in the Middle East over the last century" (Darvishi Boloorani et al., 2026a), drought dynamics were analyzed using the Standardized Precipitation–Evapotranspiration Index (SPEI) and breakpoint analysis over a long climatic record from 1901 to 2022.

As shown in Fig. 4, century-scale drought indices enable the spatial and temporal characterization of drought intensity across the Middle East. This long-term perspective not only captures the severity of drought events but also reveals significant trends in their frequency and persistence over the last century. Such an approach highlights the value of geoinformatics in transforming large-scale climatic datasets into actionable

spatiotemporal information, which is essential for analyzing interconnected hazards such as dust storms.

Fig. 5 presents the identification of drought breakpoints using long-term time-series analysis across the Middle East (1901–2022). The results indicate that these breakpoints vary across countries and sub-regions, reflecting strong spatial heterogeneity in drought dynamics. This capability to detect and visualize spatiotemporal variability represents one of the key strengths of geoinformatics. By integrating temporal trend analysis with spatial mapping, this framework supports the identification of regions experiencing significant shifts in drought behavior, which is critical for climate-related hazard risk management.

Another study, "Assessing the role of drought in dust storm formation in the Tigris and Euphrates basin" (Darvishi Boloorani et al., 2024b), investigated drought propagation using the Standardized Precipitation Index (SPI), the Tasseled Cap greenness index, and satellite-derived surface water indicators. The results showed that meteorological drought propagates into agricultural and hydrological drought and strongly influences dust-storm frequency, with drought conditions explaining a substantial proportion of observed dust events in the basin (Fig. 6).

Fig. 7 further illustrates the use of satellite-based time-series analysis to quantify relationships among different drought types. This approach enables the identification of temporal lags between meteorological, agricultural, and hydrological droughts and their subsequent influence on dust storm occurrence. These findings highlight a key advantage of satellite time-series analysis within a geoinformatics framework: the ability to move beyond static hazard mapping toward dynamic, process-based understanding of climate-related hazards. By integrating multi-temporal satellite observations, this approach provides valuable insight into how drought conditions propagate through the environment and contribute to dust storm generation.

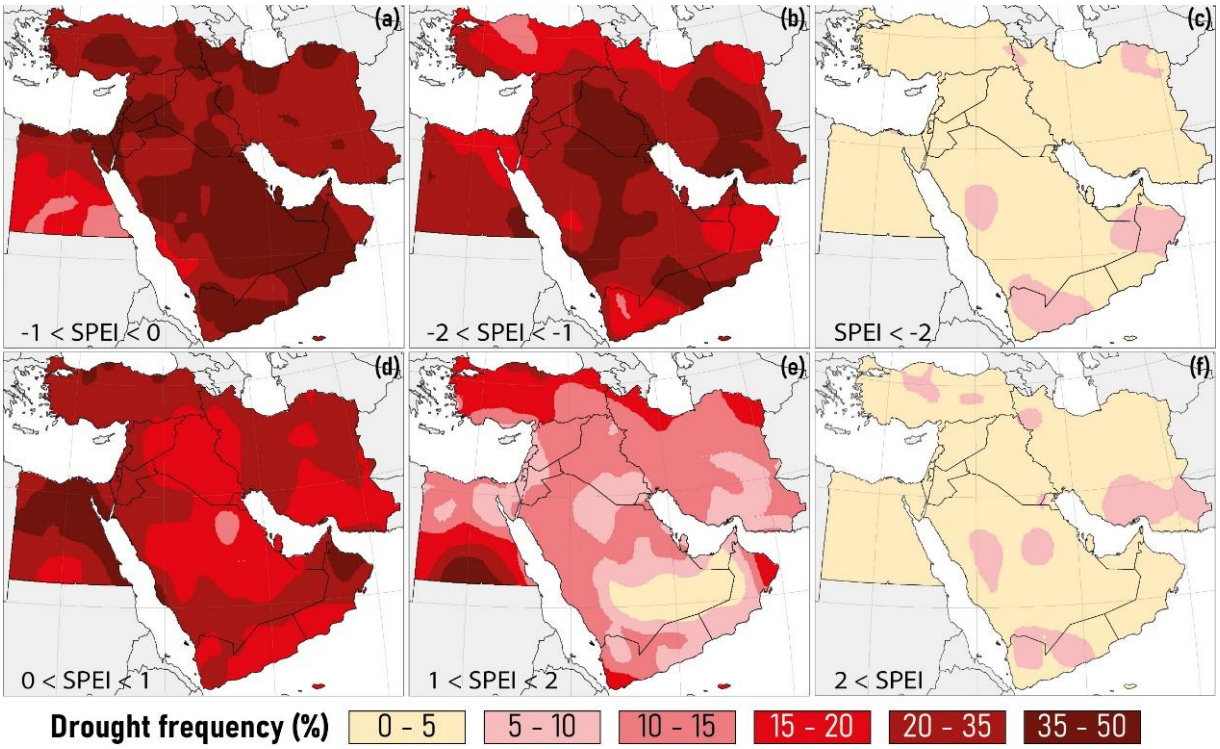


Fig. 4. Multi-decadal analysis of drought dynamics (1901–2022) across the Middle East, showing spatial and temporal variability in drought intensity and frequency of occurrence (Darvishi Boloorani et al., 2026a).

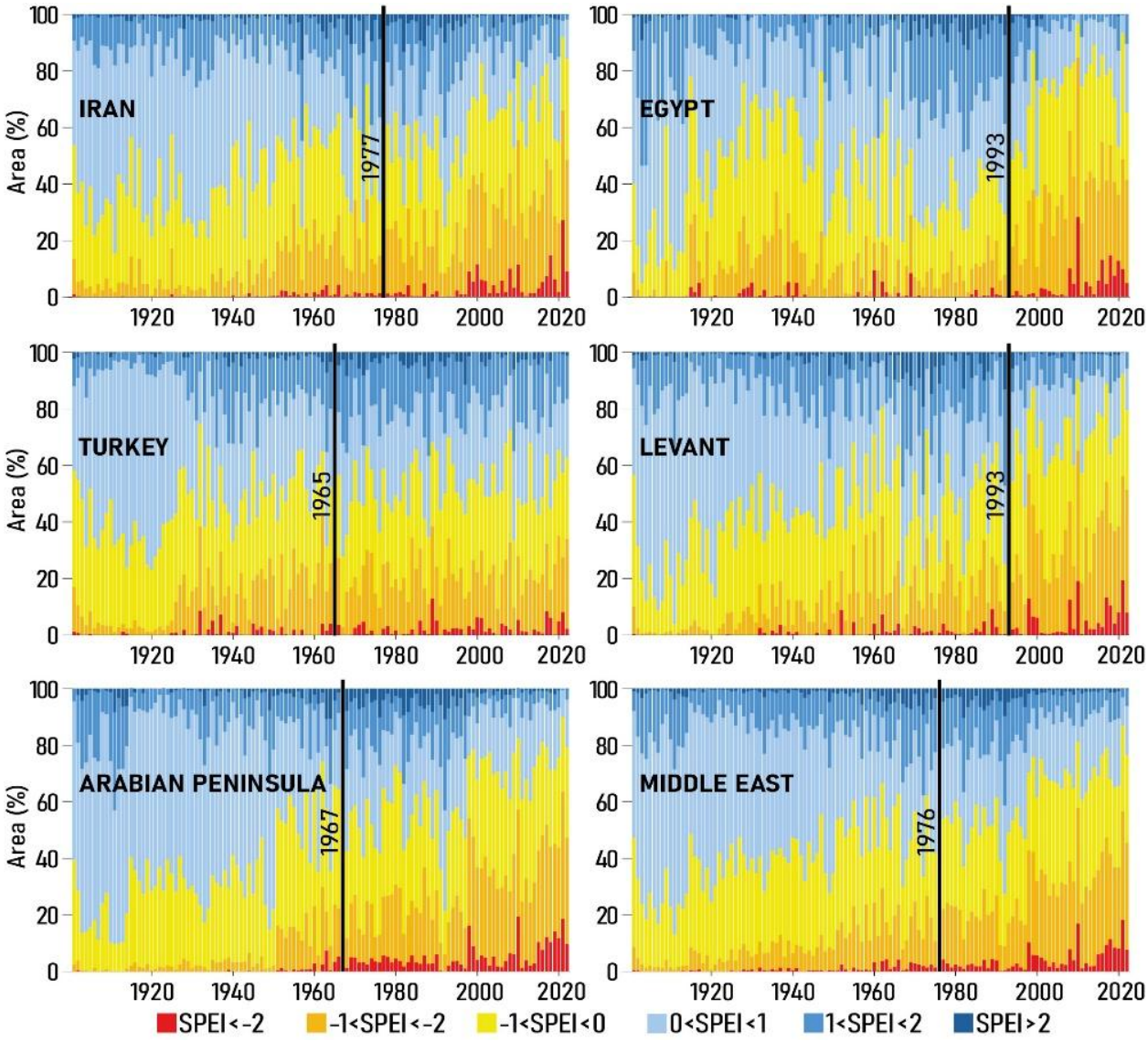


Fig. 5. *Detection of significant drought breakpoints and spatiotemporal trend variations across the Middle East (1901–2022) based on long-term time-series analysis (Darvishi Boloorani et al., 2026a).*

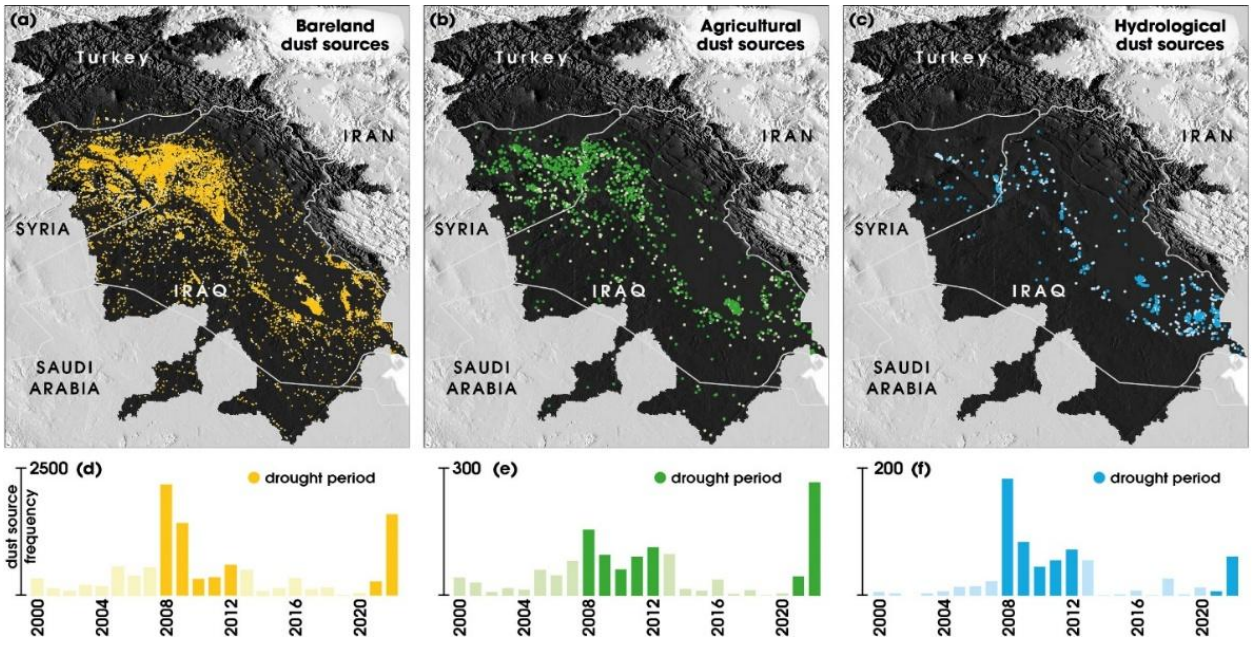


Fig. 6. Propagation of meteorological, agricultural, and hydrological droughts and their impacts on dust storm frequency in the TEB (Darvishi Boloorani et al., 2024b).

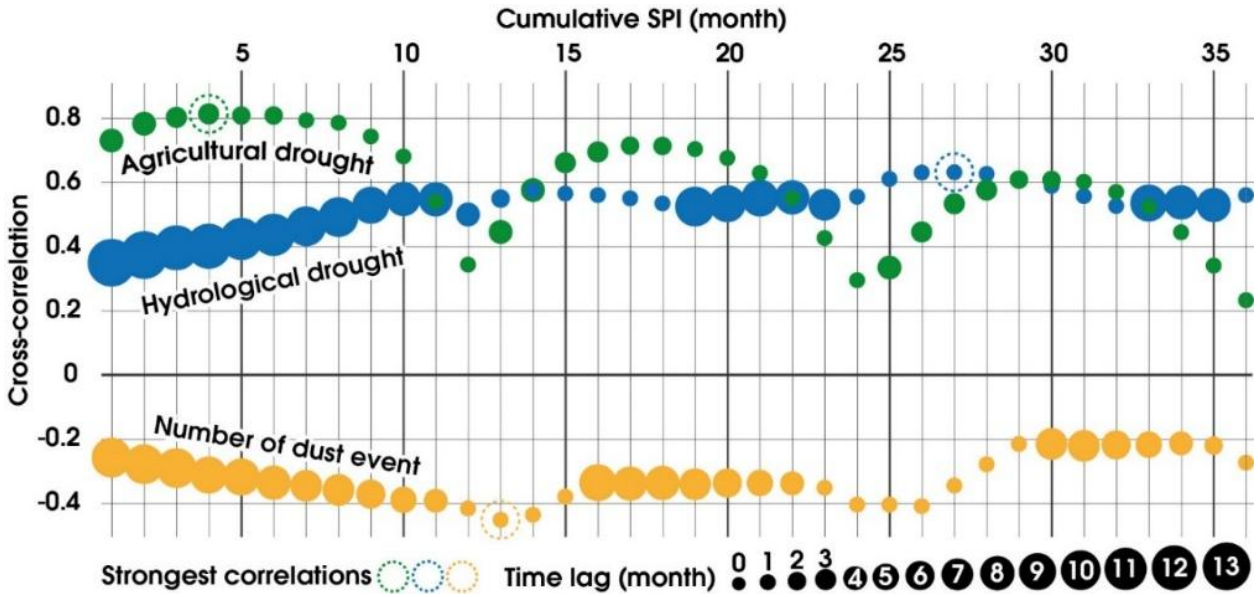


Fig. 7. Drought time-series analysis illustrating temporal relationships and lag effects between meteorological, agricultural, and hydrological droughts and subsequent dust storm (Darvishi Boloorani et al., 2024b).

2.3. Dust storms. Research on dust storms has evolved from traditional field-based approaches toward more advanced geoinformatics-based analyses. Earlier studies largely depended on field observations and qualitative descriptions, which limited the spatial precision of dust source identification. With advances in remote sensing technologies and the availability of high-resolution spatial, temporal, spectral, and radiometric satellite data, visual interpretation of imagery has been facilitated for the precise identification of dust emission sources (Darvishi Boloorani et al., 2023b). These improvements have made it possible to delineate dust sources with higher spatial reliability compared to conventional approaches. Within this framework, the availability of MODIS time-series data with twice-daily observations (morning and afternoon) has further strengthened dust storm analysis by providing temporally consistent observations of surface conditions. These datasets enable the detection and localization of dust-emission hotspots and support the construction of multi-temporal datasets at daily, weekly, monthly, and annual scales, as illustrated in Fig. 8. Building on this capability, Darvishi Boloorani et al. (2024a) developed an integrated framework combining visual interpretation with object-oriented segmentation of multi-temporal MODIS Terra and Aqua imagery. Auxiliary datasets, including LULC maps, geomorphological information, and land-surface characteristics, were incorporated to delineate dust source units in a structured spatial framework (Fig. 9). These datasets provide a basis for further GIS-based analyses, where dust source maps can be examined in relation to LULC patterns, temporal activity dynamics, and environmental controlling factors. Overall, dust source identification represents a fundamental step in dust hazard assessment and supports subsequent analyses of dust dynamics and their driving mechanisms. In this context, geoinformatics enables a complete analytical workflow from dust source identification to hazard

characterization and spatial risk assessment (Ackerman, 1997; Prospero et al., 2002; Middleton and Kang, 2017).

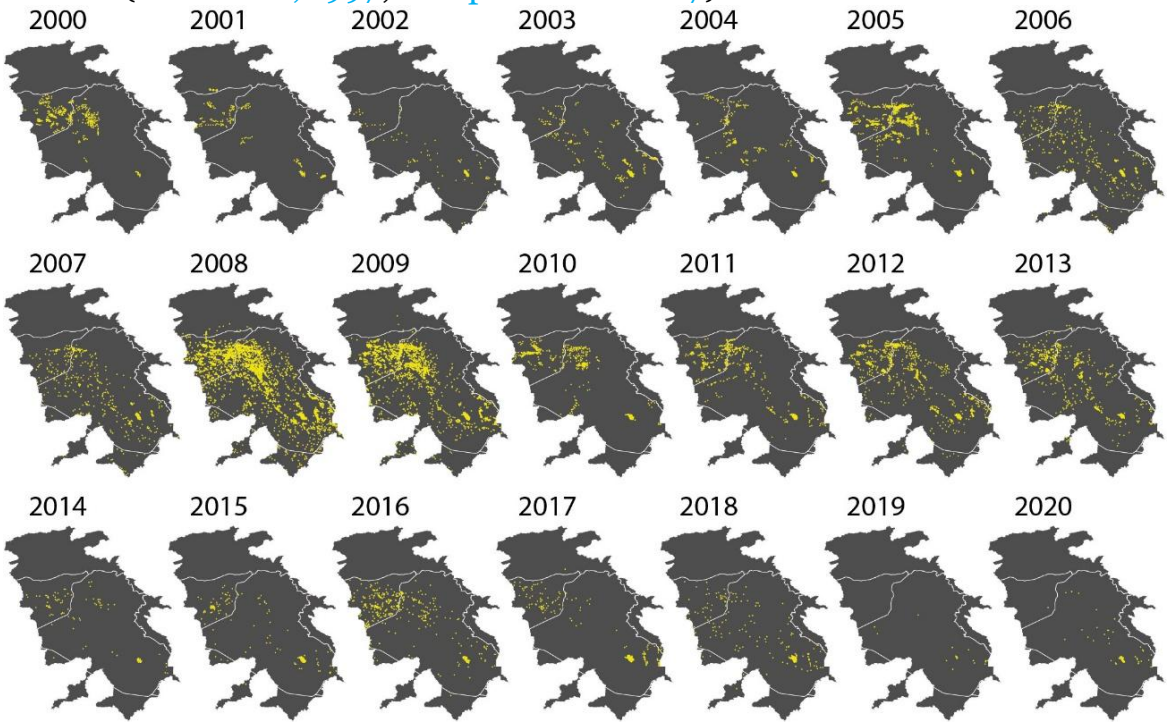


Fig. 8. *Multi-temporal mapping of dust-emission hotspots based on sub-daily MODIS observations, supporting long-term spatiotemporal analysis (Darvishi Boloorani et al., 2023b).*

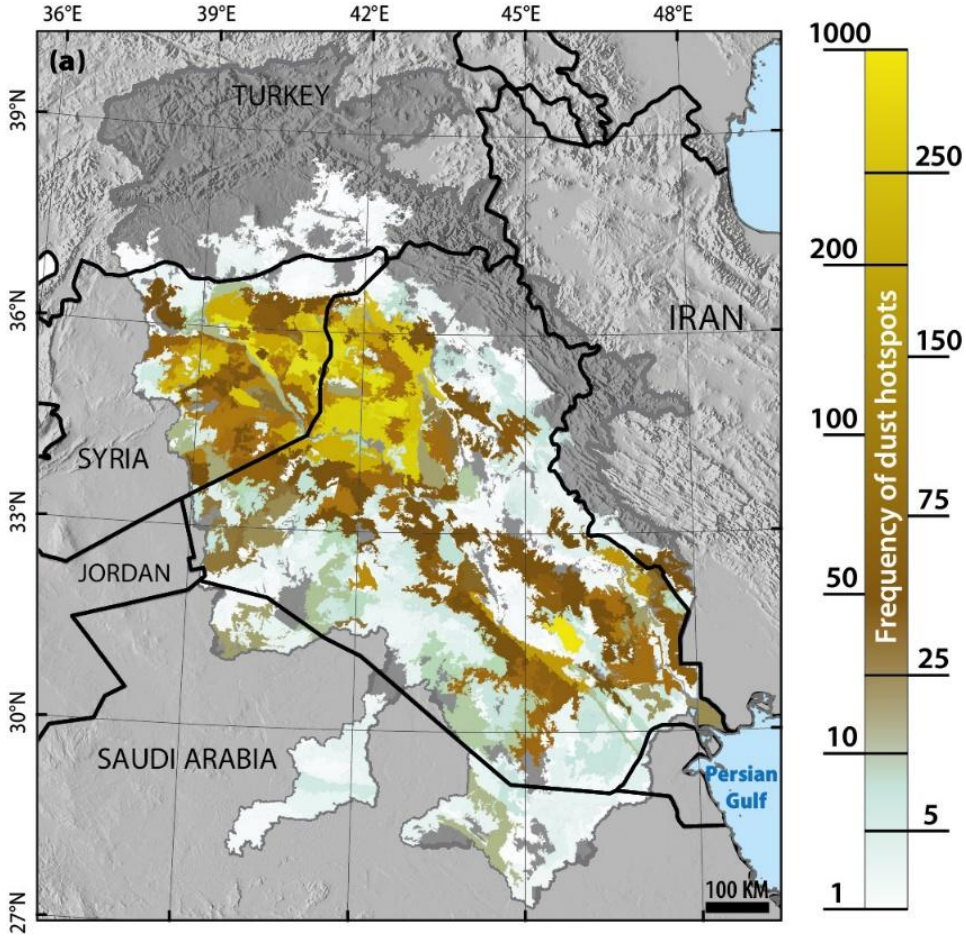


Fig. 9. *Integration of multi-temporal dust emission hotspots with auxiliary environmental data for object-oriented segmentation of dust source areas into land units (modified from Darvishi Boloorani et al., 2024a).*

At the hazard assessment level, Soleimani et al. (2026) developed a comprehensive framework for mapping dust storm hazardousness by integrating satellite-derived AOD with key hydroclimatic variables, including precipitation, temperature, soil moisture, wind speed, drought indicators, and vegetation cover. In this study, AOD was used as a proxy for dust dynamics and was combined with environmental drivers to capture the multi-factor nature of dust hazard formation. The integrated datasets were subsequently analyzed using the IsoData unsupervised clustering algorithm to generate spatial classifications of dust hazardousness across Iran. The results provide detailed hazardousness maps as well as population exposure estimates, highlighting pronounced spatial heterogeneity with consistently higher hazard levels in southern, southwestern, and southeastern regions of the country, as illustrated in Fig. 10.

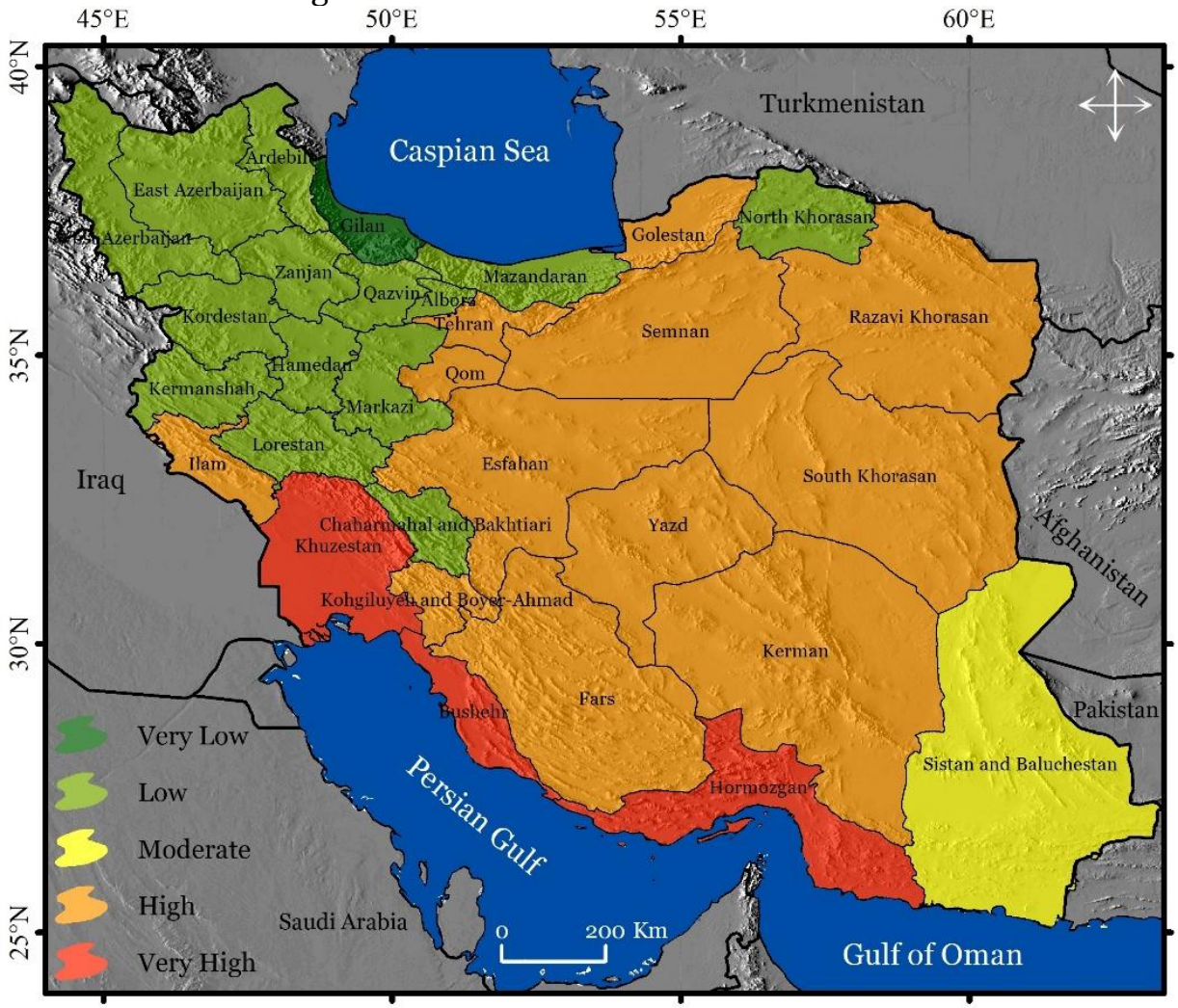


Fig. 10. *Dust storm hazardousness assessment in Iran based on the integration of time-series MODIS-derived Aerosol Optical Depth (AOD) as a proxy for dust dynamics and key hydroclimatic variables, including precipitation, temperature, soil moisture, wind speed, drought indicators, and vegetation cover. The combined datasets were classified using the IsoData clustering algorithm to generate a spatial dust hazardousness level map (modified from Soleimani et al., 2026).*

At the global scale, Darvishi Boloorani et al. (2025) used Sentinel-5P Absorbing Aerosol Index (AAI) data combined with land-surface masking to develop a global inventory of dust source regions (Fig. 11). These satellite-derived datasets were further integrated with LULC information to classify dust sources into three main categories: desert surfaces, vegetated

areas, and dried water bodies (Fig. 12). The spatial distribution and relative contribution of each category were analyzed across different countries, providing a consistent global-scale characterization of dust sources. These results support the development of targeted dust hazard mitigation strategies and highlight the value of integrating remote sensing, GIS, and Cartographic methods as core components of geoinformatics for environmental hazard analysis. Collectively, these applications demonstrate that geoinformatics enables a transition from single-hazard analysis to an integrated understanding of coupled hydrological–climatic–aerosol systems across multiple spatial and temporal scales.

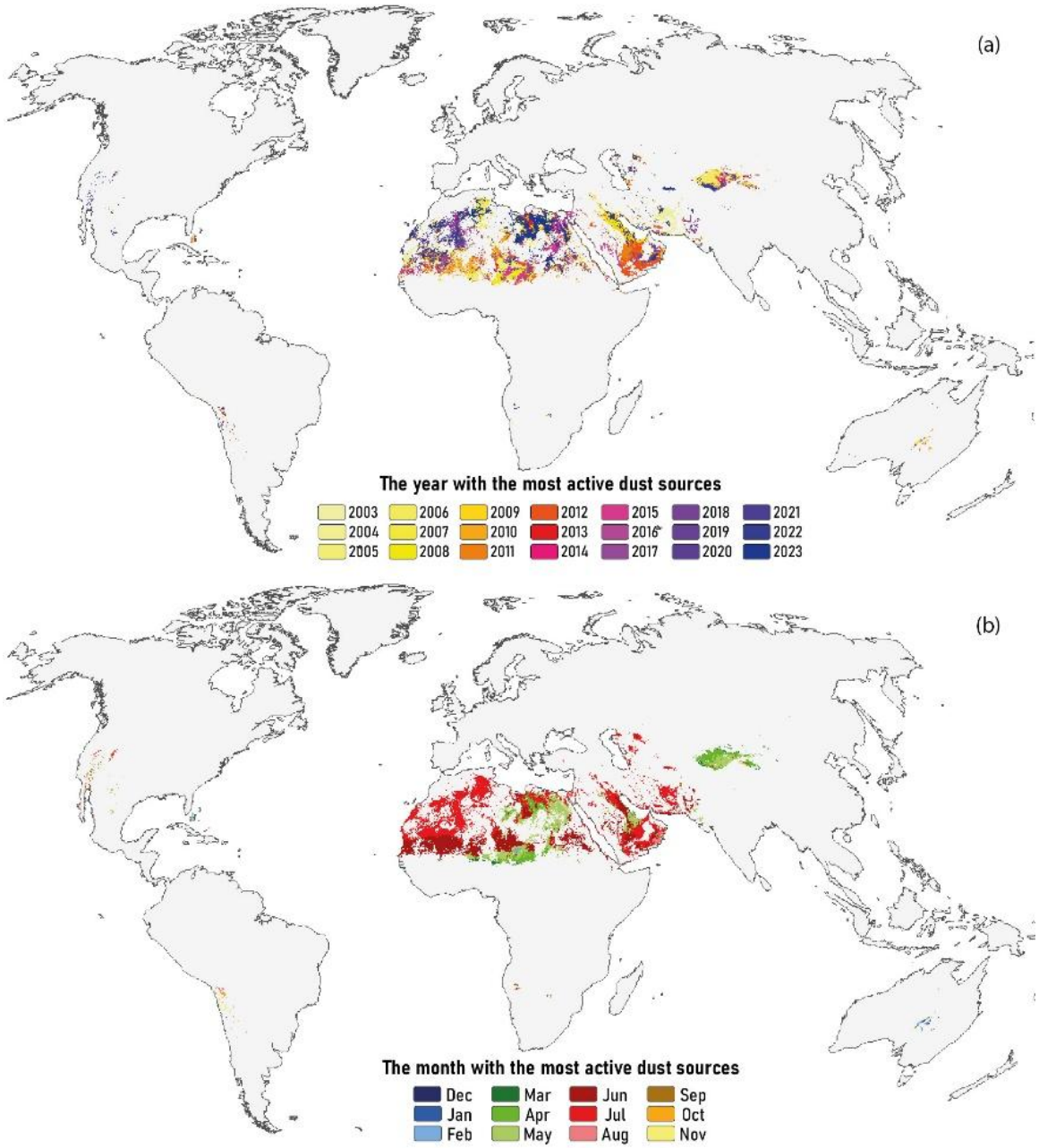


Fig. 11. *Global spatial distribution of dust sources derived from satellite observations, shown at (a) most active annual dust sources and (b) most active monthly dust sources (Darvishi Boloorani et al., 2025).*

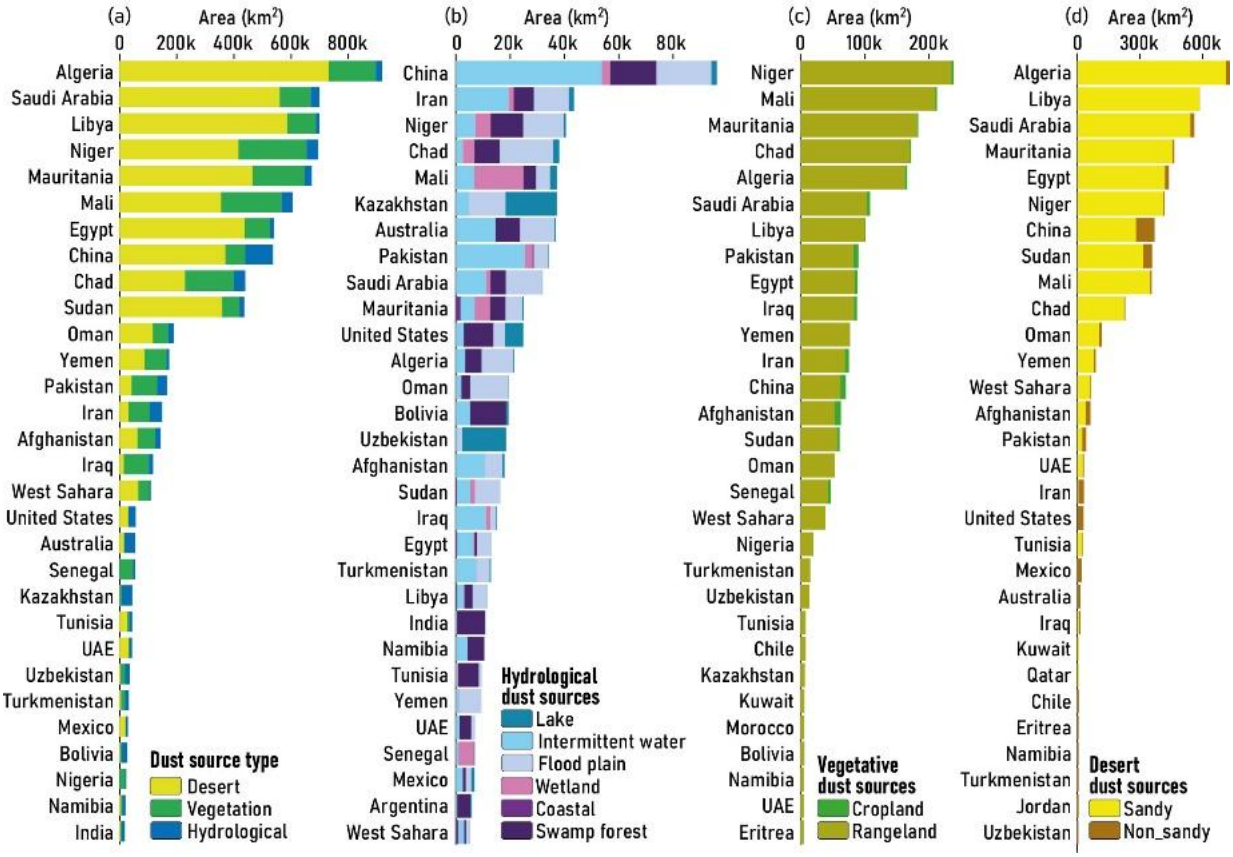


Fig. 12. Classification and global spatial distribution of dust-source types derived from integrated satellite and GIS analysis, including desert, vegetated, and hydrological (dried water bodies) sources. The figure presents (a) the primary dust-source categories, (b) hydrological dust sources, (c) vegetated dust sources, and (d) desert dust sources (Darvishi Boloorani et al., 2025).

3. Discussion. Building on the coupled hazard framework introduced above, the discussion interprets the reviewed evidence in terms of interlinked water–drought–dust system dynamics rather than isolated hazard categories.

3.1. Water scarcity as a coupled socio-hydrological crisis. Within the coupled system, water scarcity represents the primary hydrological control influencing downstream land surface and atmospheric processes. The reviewed studies indicate that water scarcity in the Middle East, particularly in the TEB, should be understood not merely as a climatic phenomenon but as a coupled socio-hydrological crisis driven by the interaction of climate variability and human interventions. Multi-source satellite analyses covering the period 1984–2022 reveal a 9.6% decrease in precipitation and a 6.3% increase in evaporation, alongside more than a twofold expansion of upstream dam reservoirs. In parallel, significant declines of approximately 76% and 63% were observed in permanent and seasonal surface water areas in the Mesopotamian marshes, respectively. Importantly, attribution analyses suggest that 39.3% of renewable water depletion is associated with human interventions, while 13.6% can be linked to climate-related hydroclimatic changes (Darvishi Boloorani et al., 2026b). This clearly highlights the capability of geospatial and remote sensing approaches to disentangle the relative contributions of anthropogenic and climatic drivers in large-scale hydrological systems.

Complementary evidence from studies on TEB water bodies further demonstrates that the shrinkage of lakes and marshes leads to the

exposure of fine sediments, thereby increasing the potential for dust emission (Darvishi Boloorani et al., 2021). Collectively, these findings confirm the effectiveness of geoinformatics approaches in quantifying water loss, identifying its driving mechanisms, and linking hydrological changes to downstream environmental hazards such as dust storms.

However, these approaches are still associated with uncertainties arising from threshold selection in water classification, variability in input data quality, and simplifying assumptions in attribution frameworks. Despite these limitations, their main strength lies in transforming heterogeneous and fragmented observations into spatially explicit and decision-relevant information for basin-scale water resource management.

3.2. Drought dynamics and climatic regime shift in arid regions. Drought acts as a temporal amplifier within the coupled hazard system, linking hydroclimatic variability to land degradation and dust mobilization. In this regard, the drought-related studies demonstrate a clear intensification of drought conditions across the Middle East, together with strong interactions between drought and other climate-related hazards. Darvishi Boloorani et al. (2026a), based on long-term analysis covering 1901–2022 using SPEI, trend detection, and breakpoint analysis, showed that a major climatic regime shift occurred around 1976. Following this shift, drought conditions became more frequent, persistent, and severe. The study further demonstrated that since 2000, drought-affected areas have expanded, while summer drought frequency has increased by up to 60% in some regions. This century-scale perspective is particularly important, as it places recent drought variability within a long-term climatic context and highlights the non-linear nature of hydroclimatic change in the region.

Beyond long-term climatic trends, evidence from the TEB further highlights the compound nature of drought-related hazards. Darvishi Boloorani et al. (2024b), in their study on the role of drought in dust storm formation in the Tigris and Euphrates Basin, showed that the region experienced drought conditions for more than 50% of the time over the last three decades. The authors further demonstrated a cascading propagation of drought types, where 5-month and 27-month meteorological droughts transitioned into agricultural and hydrological droughts, thereby substantially intensifying environmental stress. Importantly, their results revealed that dust storm activity increased by up to 400% during drought periods, while meteorological drought alone accounted for approximately 84% of observed dust events in the basin.

Collectively, these findings highlight drought not only as a water resource deficit but also as a key triggering mechanism for dust storm activity, reinforcing its role as a central component of compound climate hazards in arid environments. A key limitation of drought index-based approaches lies in their sensitivity to the choice of index, temporal aggregation, and threshold definitions, which may affect the interpretation of severity and timing. Nevertheless, their main strength within a geoinformatics framework is the transformation of long-term climatic records into spatially explicit and temporally coherent representations of hazard dynamics.

3.3. From dust source detection to hazard characterization: a geoinformatics perspective. In general, dust storms represent the atmospheric expression of land–atmosphere coupling, emerging as a downstream response to hydrological and climatic stressors. The dust storm literature demonstrates a clear methodological transition from qualitative source identification to integrated quantitative hazard modeling within geoinformatics frameworks. Early work by Darvishi Boloorani et al. (2023b) showed that visual interpretation of satellite imagery can effectively support the identification of dust emission hotspots, establishing a baseline for remote sensing-based dust source mapping. Building on this foundation, Darvishi Boloorani et al. (2024a) demonstrated that combining visual interpretation with object-oriented segmentation of multi-temporal MODIS Terra/Aqua imagery significantly improves the robustness and reproducibility of dust source delineation. By integrating LULC data, geomorphological information, and surface characteristics, the study produced well-defined dust source objects with approximately 92% spatial agreement with reference data, highlighting the advantage of object-based approaches in generating homogeneous and analytically usable dust source units.

At the hazard assessment level, Soleimani et al. (2026) extended the analysis from source characterization to exposure and risk mapping by integrating MODIS-derived AOD with key hydroclimatic variables, including precipitation, temperature, soil moisture, wind speed, drought indicators, and vegetation cover. Using IsoData clustering, the study demonstrated that dust storm hazardousness is spatially concentrated in southern, southwestern, and southeastern Iran, with approximately 38% of the population exposed annually to high hazard levels.

At the global scale, Darvishi Boloorani et al. (2025) further advanced the framework by developing a satellite-based global dust source inventory using Sentinel-5P AAI data combined with surface masking techniques. Their results indicated that approximately 5% of global land surface functions as active dust emission sources, predominantly distributed across North Africa (67%) and Asia (30%), with deserts accounting for nearly 65% of total dust source areas.

Collectively, these studies illustrate a progressive shift from local-scale identification of dust sources to regional hazard quantification and ultimately to global-scale dust source characterization, underscoring the central role of geoinformatics in developing a multiscale dust storm hazard system.

3.4. Geoinformatics as an integrative framework for coupled climate hazards. The reviewed studies collectively demonstrate that water scarcity, drought, and dust storms should not be treated as isolated environmental hazards. Rather, they represent interconnected components of a coupled hazard system linked through hydrological, ecological, and atmospheric processes. Within this system, water scarcity acts as a primary hydrological stressor that reduces surface-water availability and accelerates land degradation. Prolonged drought further amplifies these impacts by decreasing soil moisture and vegetation cover, thereby increasing the susceptibility of exposed

surfaces to wind erosion. These conditions ultimately contribute to the activation and expansion of dust-emission sources, illustrating a cascading pathway from hydrological stress to atmospheric hazards.

A key finding emerging from the reviewed studies is that geoinformatics provides the analytical framework required to identify and quantify these interactions across multiple spatial and temporal scales. Long-term satellite observations enable the monitoring of water-body dynamics, drought evolution, and dust-source activity within a consistent observational framework. When integrated with GIS-based spatial analysis and hydroclimatic datasets, these observations facilitate the identification of feedback mechanisms, propagation pathways, and spatial heterogeneity that would be difficult to capture using conventional approaches.

The reviewed evidence also highlights an important methodological transition in climate-hazard research. Earlier studies primarily focused on mapping individual hazards, whereas recent geoinformatics applications increasingly support process-based analyses that reveal interactions among hazards. This shift from hazard-specific assessments toward integrated system-level understanding represents a critical step for improving climate-risk analysis and environmental management in arid and semi-arid regions.

Taken together, the findings suggest that the principal contribution of geoinformatics extends beyond hazard detection and mapping. Its greatest value lies in its ability to integrate diverse environmental datasets into a coherent framework capable of explaining how climate-related hazards emerge, interact, and propagate across landscapes. Such an integrated perspective provides a stronger scientific basis for risk-informed decision-making, early warning systems, and long-term resilience planning under changing climatic conditions.

4. Conclusion. The conceptual synthesis developed in this study demonstrates that water scarcity, drought, and dust storms in the Middle East are not isolated phenomena but interconnected components of a coupled hazard system that can be effectively characterized through geoinformatics-based approaches. The integration of remote sensing, GIS, and spatial modeling enables consistent multi-scale monitoring of hydrological stress, drought evolution, and dust-source activation across complex environmental gradients.

By combining satellite-derived indicators such as water extent, vegetation dynamics, and aerosol optical depth with hydroclimatic variables and spatial statistical methods, these approaches enable a transition from static hazard mapping toward dynamic spatiotemporal representation of environmental change. This transition supports improved identification of breakpoints, hotspot regions, exposure patterns, and hazard intensities, thereby enhancing the analytical basis for risk-informed decision-making.

Geoinformatics also provides a practical foundation for operational applications, including early warning systems, hazard zoning, and scenario-based assessments under future climate variability. However, the robustness of these applications is still constrained by uncertainties associated with data resolution, methodological assumptions, and threshold-dependent classifications, which may

influence hazard representation across different spatial and temporal scales.

Future research should therefore focus on integrating high-resolution multi-sensor datasets with advanced machine learning frameworks and data assimilation techniques that link satellite observations with in-situ measurements. In addition, coupling physical process understanding with socio-economic exposure and vulnerability layers will be essential for more comprehensive risk quantification. Ultimately, the development of interoperable, cloud-based geospatial infrastructures will be critical for enabling scalable, transferable, and decision-ready solutions for climate hazard management in arid and semi-arid regions.

Acknowledgements: The authors appreciate the financial support of the Iran National Science Foundation (INSF) (Project No. 4021582).

5. Reference

1. Abatzoglou, J. T., Dobrowski, S. Z., Parks, S. A., & Hegewisch, K. C. (2018). TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958–2015. *Scientific data*, *5*(1), 170191.

2. Ackerman, S. A. (1997). Remote sensing aerosols using satellite infrared observations. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, *102*(D14), 17069-17079.

3. Al-Taei, A. I., Alesheikh, A. A., & Darvishi Boloorani, A. (2023). Land use/land cover change analysis using multi-temporal remote sensing data: a case study of Tigris and Euphrates Rivers Basin. *Land*, *12*(5), 1101.

4. Darvishi Boloorani, A., Najafi Marghmaleki, S., Soleimani, M., Papi, R., Kardan Moghaddam, H., & Samany, N. N. (2023a). Development of a scenario-based approach using game theory for the restoration of Hawizeh Marsh and dust mitigation. *Hydrological Sciences Journal*, *68*(1), 131-147.

5. Darvishi Boloorani, A., Nasiri, N., Papi, R., Soleimani, M., Neysani Samany, N., Al-Hemoud, A., ... & Al-Dousari, A. (2026a). Climate change has intensified drought in the Middle East over the last century. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, *66*(10361), 103612.

6. Darvishi Boloorani, A., Nasiri, N., Soleimani, M., Papi, R., Amiri, F., Neysani Samany, N., ... & Al-Hemoud, A. (2024a). A new approach to dust source mapping using visual interpretation and object-oriented segmentation of satellite imagery. *Applied Computing and Geosciences*, *23*, 100182.

7. Darvishi Boloorani, A., Papi, R., Soleimani, M., Al-Hemoud, A., Amiri, F., Karami, L., ... & Mirzaei, S. (2023b). Visual interpretation of satellite imagery for hotspot dust sources identification. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, *29*, 100888.

8. Darvishi Boloorani, A., Papi, R., Soleimani, M., Karami, L., Amiri, F., & Neysani Samany, N. (2021). Water bodies changes in Tigris and Euphrates basin has impacted dust storms phenomena. *Aeolian Research*, *50*, 100698.

9. Darvishi Boloorani, A., Papi, R., Soleimani, M., Neysani Samany, N., Al-Hemoud, A., Bakhtiari, M., ... & Huete, A. (2026b). Human interventions and climate change trigger water crisis in the Tigris and Euphrates Basin. *Environmental Science & Policy*, *177*, 104300.

10. Darvishi Boloorani, A., Soleimani, M., Papi, R., Nasiri, N., Amiri, F., Neysani Samany, N., ... & Al-

Hemoud, A. (2025). Global map of characterized dust sources using multisource remote sensing data. *Scientific Reports*, *15*(1), 29805.

11. Darvishi Boloorani, A., Soleimani, M., Papi, R., Nasiri, N., Neysani Samany, N., Mirzaei, S., & Al-Hemoud, A. (2024b). Assessing the role of drought in dust storm formation in the Tigris and Euphrates basin. *Science of The Total Environment*, *921*, 171193.

12. Hagenlocher, M., Meza, I., Anderson, C. C., Min, A., Renaud, F. G., Walz, Y., ... & Sebesvari, Z. (2019). Drought vulnerability and risk assessments: state of the art, persistent gaps, and research agenda. *Environmental Research Letters*, *14*(8), 083002.

13. Middleton, N., & Al-Hemoud, A. (2024). Sand and dust storms: recent developments in impact mitigation. *Sustainability*, *16*(16), 7121.

14. Mishra, A. K., & Singh, V. P. (2010). A review of drought concepts. *Journal of hydrology*, *391*(1-2), 202-216.

15. Prospero, J. M. (2007). African dust: Its large-scale transport over the Atlantic ocean and its impact on the Mediterranean region. In *Regional climate variability and its impacts in the Mediterranean area* (pp. 15-38). Dordrecht: Springer Netherlands.

16. Rayegani, B., Barati, S., Goshtasb, H., Gachpaz, S., Ramezani, J., & Sarkheil, H. (2020). Sand and dust storm sources identification: A remote sensing approach. *Ecological Indicators*, *112*, 106099.

17. Schwalm, C. R., Anderegg, W. R., Michalak, A. M., Fisher, J. B., Biondi, F., Koch, G., ... & Tian, H. (2017). Global patterns of drought recovery. *Nature*, *548*(7666), 202-205.

18. Soleimani, M., Darvishi Boloorani, A., Neysani Samany, N., Ghayamghamian, M. R., & Al-Hemoud, A. (2026). Assessment of dust storms hazardousness in Iran using remotely sensed aerosol loading-based and hydroclimatic data. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 102033.

UDK: 528.8:551.435.5(575.165)

SURXONDARYO VILOYATI TOG' VA TOG'OLDI HUDUDLARIDA SEL XAVFINI MASOFADAN ZONDLASH VA GAT TEXNOLOGIYALARI YORDAMIDA BAHOLASH

Hamidullayev Shohjahon Shuhratovich *- "TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti "Geodeziya va geoinformatika" kafedrasi assistenti*

Xalilov Azimbek Komiljon o'g'li *- "TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti talabasi*

Donayeva Tursunoy Sodiq qizi *- "TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti talabasi*

Annotatsiya

Tadqiqotda Surxondaryo daryo havzasi misolida sel xavfini baholashning kompleks uslubi ishlab chiqildi. Hududning 13 500 km² maydoni uchun 2022-2024 yillardagi 115 ta sel hodisasi inventari yig'ilib, yetti ta tabiiy omil (TWI, SPI, yog'in, gidrografik tarmoq zichligi, geologik tuzilish, NDVI, qiyalik ekspozitsiyasi) asosida Frequency Ratio (FR), Statistical Index (SI) va Certainty Factor (CF) statistik modellari qo'llanildi. CHIRPS sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari mahalliy meteorologik stansiyalar bilan validatsiya qilinib, R^2 = 0,87-0,91 va MBE = 6,5%

ko'rsatkichlariga erishildi. Hisor muzligi maydoni 1993-2024 yillarda 60% ga qisqargani aniqlandi. ROC/AUC tahlili modellar aniqligi 0,856-0,889 oralig'ida ekanini ko'rsatdi. Juda yuqori xavfli zona 265,17 km² ni tashkil etib, uning 163,05 km² qismi ekin yerlari va 82,42 km² qismi aholi yashash maydonlariga to'g'ri keldi. Olingan natijalar ArcGIS Online platformasida geoportal ko'rinishida joriy etildi.

Tayanch so'zlar: *sel xavfi, masofadan zondlash, GAT, Frequency Ratio, ROC/AUC, Sentinel, CHIRPS, Surxondaryo, geoportal.*

1. Kirish

Tabiiy ofatlar orasida sel hodisalari tog' va tog'oldi hududlarida eng katta xavf tug'diradigan jarayonlardan biri hisoblanadi. EM-DAT xalqaro ma'lumotlar bazasiga ko'ra, 2000-2024 yillar oralig'ida dunyo bo'yicha 472 ta yirik sel hodisasi qayd etilgan, ular 20 mingdan ortiq insonning hayotini olib ketgan [1]. Markaziy Osiyo va O'zbekistonning janubiy mintaqalari iqlim o'zgarishi, muzliklarning erishi va yog'ingarchilik ekstremallarining ortishi natijasida sel xavfi nuqtai nazaridan eng zaif hududlardan biri hisoblanadi [2]. Surxondaryo viloyatida 2018-2024 yillar oralig'ida jami 268 ta sel hodisasi qayd etilgan, eng ekstremal yillar 2022-yil (78 ta) va 2024-yil (62 ta) bo'lgan [3].

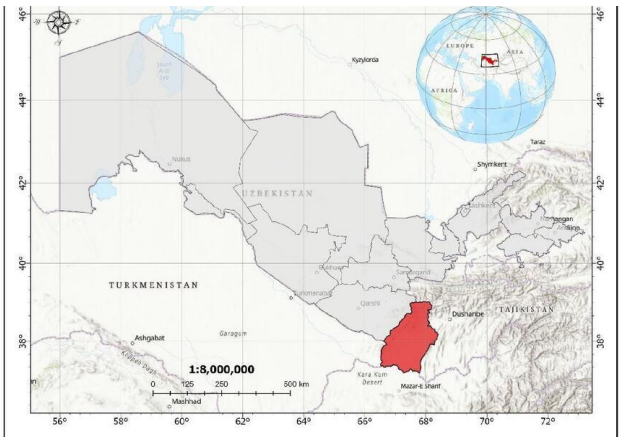
Sel xavfini baholashda masofadan zondlash va geografik axborot tizimlari (GAT) yetakchi vositalardan biriga aylangan. Frequency Ratio (FR), Statistical Index (SI) va Certainty Factor (CF) statistik modellari sel hodisalari bilan ularga ta'sir etuvchi omillar orasidagi miqdoriy bog'liqliklarni aniqlash imkonini beradi va dunyoning turli mintaqalarida muvaffaqiyatli sinovdan o'tgan [4,5]. O'zbekiston sharoitida bunday tadqiqotlar hozircha cheklangan miqyosda olib borilmoqda.

Mazkur tadqiqotning maqsadi Surxondaryo viloyati tog' va tog'oldi hududlarida sel xavfini masofadan zondlash va GAT texnologiyalari yordamida baholash uslubini ishlab chiqishdir. Tadqiqot vazifalari: havzaning iqlim dinamikasini tahlil qilish, CHIRPS modelining ishonchliligini baholash, statistik modellar yordamida sel xavfi xaritalarini yaratish, juda yuqori xavfli hududlarni aniqlash va geoportal ko'rinishida natijalarni joriy etish.

2. Materiallar va metodlar

2.1. Tadqiqot hududi

Surxondaryo daryo havzasi O'zbekistonning eng janubidagi viloyat bo'lib, umumiy maydoni qariyb 13 500 km² ni tashkil etadi. Havza Hisor tog' tizmasining janubiy yon bag'irlaridan boshlanib, Amudaryoning chap qirg'og'idagi Termiz tekisliklarigacha cho'ziladi. Maydonning 40% i Tojikiston Tursunzoda va Sharinav tumanlari hududiga to'g'ri keladi. Balandlik 300 m dan 3 500 m dan ortiqgacha o'zgaradi. Iqlim kontinental quruq, yillik o'rtacha yog'ingarchilik tekisliklarda 130-400 mm, tog' yon bag'irlarida 600-1 000 mm ni tashkil etadi (1-rasm).



1-rasm. Tadqiqot hududi - Surxondaryo viloyati

2.2. Ma'lumotlar manbalari

Sel hodisalari inventari (115 ta nuqta, 2022-2024 yillar) O'zbekiston Gidrometeorologiya xizmati markazidan olindi. Tabiiy omillar uchun quyidagi ma'lumotlar manbalari ishlatildi: raqamli balandlik modeli (SRTM, 30 m); multispektral tasvirlar (Landsat 9 va Sentinel-2, 10-30 m, 2022-2024); radar tasvirlari (Sentinel-1 SAR, 10 m, VV+VH qutblanish); yog'in (CHIRPS, 5 km, 2020-2024) va 6 ta meteorologik stansiya ma'lumotlari; geologik xarita (USGS World Geologic Database); gidrografik tarmoq (OpenStreetMap). Barcha qatlamlar WGS 1984 UTM Zone 42N proyeksiyasida, 30×30 m fazoviy aniqlikda standartlashtirildi.

2.3. Tahlil uslublari

Sel xavfini baholash uchun uchta bivariat statistik model qo'llanildi. Frequency Ratio (FR) modeli quyidagi formula bilan hisoblandi:

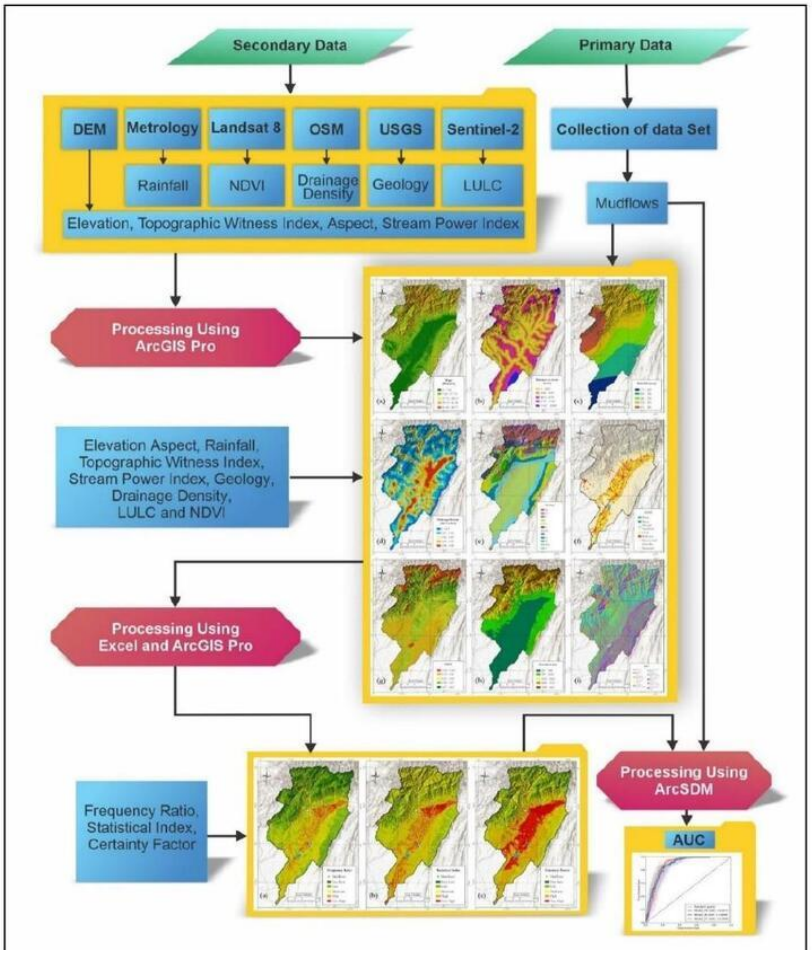
$$FR = (S_i / \Sigma S_i) / (N_i / \Sigma N_i) \quad (1)$$

bu yerda S_i - i-sinfdagi sel hodisalari soni; N_i - i-sinfdagi piksellar soni; ΣS_i va ΣN_i - barcha sinflar bo'yicha umumiy yig'indi. FR qiymati 1 dan katta bo'lsa, sinf sel xavfi bilan musbat bog'lanishni, 1 dan kichik bo'lsa salbiy bog'lanishni anglatadi.

Statistical Index (SI) modeli har bir sinf uchun tabiiy logarifm asosida og'irlik qiymatini hisoblaydi:

$$SI = ln[(D_pix / N_pix) / (D / N)] \quad (2)$$

Certainty Factor (CF) modeli sel hodisalarining sinflar bo'yicha taqsimoti asosida ishonchlilik darajasini aniqlaydi. Modellashtirish ArcGIS Pro va Google Earth Engine muhitlarida amalga oshirildi. Barcha qatlamlar 30×30 m fazoviy aniqlikda, WGS 1984 UTM Zone 42N proyeksiyasida standartlashtirildi. Modellarning aniqligi ROC (Receiver Operating Characteristic) egri chizig'i va uning ostidagi maydon (AUC) yordamida baholandi (2-rasm) [6].

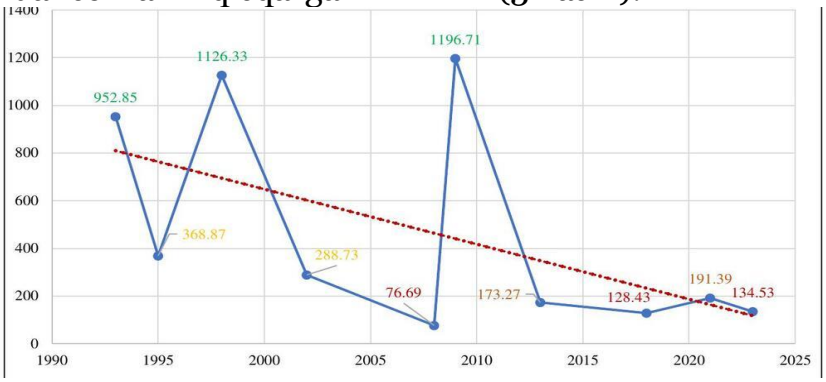


2-rasm. Sel xavfi xaritalarini tuzishning texnologik sxemasi

3. Natijalar

3.1. Hisor muzligi dinamikasi

Landsat tasvirlari asosida hisoblangan NDSI (Normalized Difference Snow Index) qiymatlari Hisor muzligi maydonining 1993-2024 yillar oralig'ida sezilarli qisqarganini ko'rsatdi. Trend tahliliga ko'ra, muzlik maydoni 1993-yildagi taxminan 140 km² dan 2024-yilda 55 km² ga, ya'ni 60% ga kamaygan. Bu davrda havo harorati 1,5-2,0°C ga oshgan, muzlik qalinligi o'rtacha 30-50 m ga kamaygan (3-rasm).



3-rasm. Hisor muzligi NDSI ko'rsatkichlari dinamikasi (1993-2024)

3.2. CHIRPS modeli validatsiyasi

Sun'iy yo'ldosh asosli CHIRPS modeli ma'lumotlari mahalliy meteorologik stansiyalar bilan solishtirildi (1-jadval). Natijalar CHIRPS modeli yog'in miqdorini ishonchli baholay olishini tasdiqladi.

1-jadval

CHIRPS modeli va meteorologik stansiyalar yog'in ma'lumotlarining solishtirilishi

Stansiya	CHIRPS, mm	Stansiya, mm	Farq, mm	Nisbiy xato, %
Boysun	790	752	+38	5,1
Denov	615	627	-12	1,9
Sariosiyo	820	790	+30	3,8
Sherobod	460	482	-22	4,6
Termiz	430	458	-28	6,1
Sho'rchi	450	475	-25	5,3
O'rtacha	**594**	**597**	**±26**	**4,5**

Korrelyatsiya koeffitsienti R^2 = 0,87-0,91 oralig'ida, o'rtacha xato (MBE) 6,5% ni tashkil etdi. Bu ko'rsatkichlar CHIRPS ma'lumotlaridan sel xavfini baholashda foydalanish mumkinligini tasdiqladi.

3.3. Sel xavfi xaritalari va modellar aniqligi

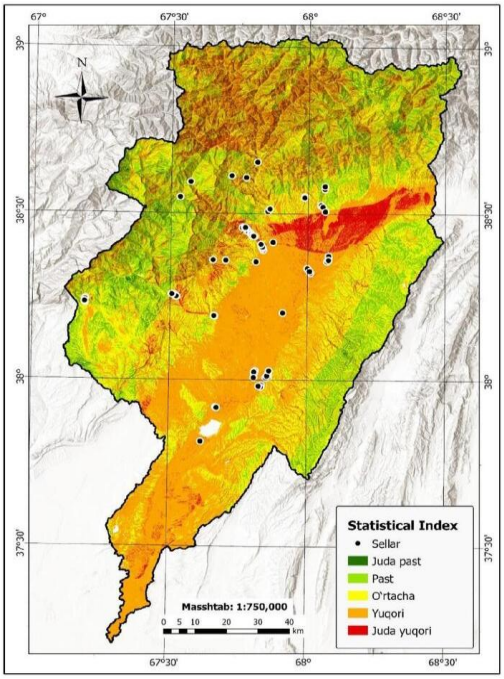
Uchta statistik model yordamida sel xavfi xaritalari yaratildi. ROC/AUC tahlili modellarning yuqori aniqlik darajasiga ega ekanligini ko'rsatdi (2-jadval). CF modeli eng yuqori aniqlikka erishdi (AUC = 0,889), undan keyin FR modeli (AUC = 0,877) va SI modeli (AUC = 0,869) joylashdi.

2-jadval

Statistik modellar samaradorligi va sinflarning maydon ulushi

Model	AUC	Juda past, %	Past, %	Yuqori, %	Juda yuqori, %
FR	0,877	37,63	4,63	21,27	1,98
SI	0,869	0,42	38,50	43,11	3,74
CF	0,889	0,93	15,72	36,25	11,73

FR modeli yordamida olingan sel xavfi xaritasida tadqiqot hududi besh sinfga (juda past, past, o'rtacha, yuqori, juda yuqori) ajratildi. Juda yuqori xavfli zonalar asosan havzaning shimoliy qismida, Hisor tog'larining janubiy yon bag'irlarida, Qoratog' va To'palang daryolari qo'shilish hududida shakllandi (4-rasm).



4-rasm. Statistical Index modeli asosida Surxondaryo havzasidagi sel xavfi xaritasi

3.4. Juda yuqori xavfli hududlarning hududiy va yer qoplami bo'yicha taqsimoti

FR modeli natijalariga ko'ra juda yuqori xavfli sinfning umumiy maydoni 265,17 km² ni tashkil etdi. Bu maydonning 60% i Tojikiston (158,12 km²) va 40% i O'zbekiston (107,05 km²) hududlariga to'g'ri keldi. Tumanlar kesimida eng katta maydon Tursunzoda (124,17 km²) va Sariosiyo (77,98 km²) tumanlarida qayd etildi (3-jadval).

3-jadval

Juda yuqori sel xavfi hududlarining yer qoplami turlari bo'yicha taqsimoti (km²)

Yer qoplami turi	O'zbekiston	Tojikiston	Jami
Ekin yerlari	60,44	102,60	**163,05**
Aholi yashash yerlari	31,13	51,29	**82,42**
Vegetatsiyasiz yerlar	13,76	2,90	16,66
Yaylovlar	1,23	0,07	1,30
Suv obyektlari	0,46	0,56	1,02
Daraxtzorlar	0,03	0,69	0,72
Jami	**107,05**	**158,12**	**265,17**

Juda yuqori xavfli hududlarning umumiy maydonidan 61,5% (163,05 km²) ekin yerlari va 31,1% (82,42 km²) aholi yashash maydonlariga to'g'ri keldi. Bu hududlarda sel xavfi nafaqat tabiiy, balki ijtimoiy-iqtisodiy jihatdan ham yuqori darajada ekanini ko'rsatadi.

Tadqiqot natijalari bir nechta muhim xulosalarni shakllantirishga imkon berdi. Hisor muzligi maydonining 30 yil davomida 60% qisqarishi mintaqada iqlim o'zgarishining sezilarli ta'sirini ko'rsatadi va Markaziy Osiyo muzliklarining yo'qotishi bo'yicha jahon tadqiqotlari natijalari bilan mos keladi [7]. Muzlik maydonining qisqarishi yoz oylarida daryo oqimining beqarorligini oshiradi va kuchli yog'inlar bilan birgalikda sel xavfini kuchaytiradi.

CHIRPS modeli ma'lumotlari mahalliy stansiyalar bilan yaxshi mos kelishi (R^2 = 0,87-0,91, MBE = 6,5%) ushbu sun'iy yo'ldosh asosli mahsulotdan tog'li hududlarda yog'in monitoringi uchun foydalanish mumkinligini ko'rsatdi. Bu kam stansiyalarga ega baland tog' zonalari uchun ayniqsa muhim ahamiyatga ega [8]. Uchta statistik model AUC = 0,856-0,889 oralig'ida yuqori aniqlikka erishishi ularning Surxondaryo havzasi sharoitida ishonchli ekanligini tasdiqladi. CF modeli juda yuqori xavf sinfini yanada sezgir aniqlashda (11,73%) FR (1,98%) va SI (3,74%) modellaridan ustun ekani Reichenbach va boshqalar (2018) tomonidan o'tkazilgan meta-tahlil bilan mos keladi [9].

Juda yuqori xavfli zonalarning Qoratog' va To'palang daryolari qo'shilish qismida to'planishi bu yerda relyef, gidrologik konsentratsiya va orografik yog'in omillarining birgalikdagi ta'siri bilan izohlanadi. Tojikiston Tursunzoda tumanidagi katta maydon (124,17 km^2) sel xavfining transchegaraviy xarakteriga ega ekanini ko'rsatadi va ikki tomonlama hamkorlikning zarurligini taqozo qiladi. Tadqiqotning amaliy ahamiyati shundaki, juda yuqori xavfli zonalarning 92,6% i ekin yerlari va aholi yashash maydonlariga to'g'ri keladi, bu sel xavfini kamaytirish chora-tadbirlarini aholi xavfsizligini ta'minlash va qishloq xo'jaligi yerlarini muhofaza qilishga yo'naltirish zarurligini bildiradi.

Tadqiqotning cheklovlari sifatida sel inventarining qisqa vaqt davri (2022-2024), SRTM DEM ning 30 m aniqligi va modellarda Train/Test split yo'qligini qayd etish mumkin. Kelajakdagi tadqiqotlarda ALOS PALSAR (12,5 m) yoki Copernicus GLO-30 ma'lumotlaridan foydalanish, k-fold cross-validation usulini qo'llash va mashina o'rganish modellari (Random Forest, XGBoost) bilan solishtirish maqsadga muvofiq.

4. Xulosa

Tadqiqot doirasida Surxondaryo viloyati tog' va tog'oldi hududlari uchun masofadan zondlash va GAT texnologiyalariga asoslangan sel xavfini baholashning kompleks uslubi ishlab chiqildi. Hisor muzligi maydoni 1993-2024 yillar davomida 60% ga (140 km^2 dan 55 km^2 gacha) qisqargan bo'lib, iqlim isishi (+1,5-2,0°C) bilan birga mintaqada sel xavfini kuchaytiruvchi asosiy tabiiy omildir. CHIRPS sun'iy yo'ldosh asosli yog'in modeli mahalliy stansiyalar bilan R^2 = 0,87-0,91 va MBE = 6,5% ko'rsatkichlari bo'yicha ishonchli mos keldi.

FR (AUC = 0,877), SI (AUC = 0,869) va CF (AUC = 0,889) statistik modellari yordamida sel xavfi xaritalari yaratildi. Juda yuqori xavfli zona 265,17 km^2 ni tashkil etib, asosan Tursunzoda (124,17 km^2) va Sariosiyo (77,98 km^2) tumanlarida, Qoratog' va To'palang daryolari qo'shilish qismida joylashgan. Ushbu hududning 163,05 km^2 qismi ekin yerlari va 82,42 km^2 qismi aholi yashash maydonlariga to'g'ri keldi. Natijalar ArcGIS Online platformasida geoportal ko'rinishida joriy etilib, Favqulodda vaziyatlar vazirligi, Ekologiya vazirligi va

Gidrometeorologiya markazi viloyat boshqarmalariga amaliy foydalanish uchun tavsiya qilindi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). EM-DAT: The International Disaster Database, 2024. URL: https://www.emdat.be (murojaat sanasi: 15.05.2025).
2. Khasanov S., Juliev M., Uzbekov U., et al. Landslides and related mudflow hazards in Central Asia: a review with emphasis on GIS and remote sensing approaches. GeoScape, 15(2), 2021, pp. 134-145. https://doi.org/10.2478/geosc-2021-0011
3. Hamidullayev Sh.Sh., Oymatov R.K. Mudflow risk in Surkhandarya Province: causes, trends and contributing factors. Proceedings of the Scientific-Practical Conference "Development of Specialized Higher Education and Science in the Context of Globalization", TIIAME NRU, Tashkent, 2025, pp. 397-401.
4. Lee S., Pradhan B. Landslide hazard mapping at Selangor, Malaysia using frequency ratio and logistic regression models. Landslides, 4, 2007, pp. 33-41. https://doi.org/10.1007/s10346-006-0047-y
5. Abdo H.G., Almohamad H., Al Dughairi A.A., et al. Spatial implementation of frequency ratio, statistical index and index of entropy models for landslide susceptibility mapping. Geoscience Letters, 9(45), 2022, pp. 1-24. https://doi.org/10.1186/s40562-022-00256-5
6. Hamidullayev Sh.Sh. Surxondaryo daryosi havzasida sel xavfi modellarining ROC/AUC tahlili asosida samaradorligini baholash. O'zbekiston agrar fani xabarnomasi, № 3(99), Toshkent, 2025, B. 145-152.
7. Hock R., Bliss A., Marzeion B., et al. GlacierMIP - A model intercomparison of global-scale glacier mass-balance models and projections. Journal of Glaciology, 65(251), 2019, pp. 453-467. https://doi.org/10.1017/jog.2019.22
8. Funk C., Peterson P., Landsfeld M., et al. The climate hazards infrared precipitation with stations - a new environmental record for monitoring extremes. Scientific Data, 2, 150066, 2015. https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66
9. Reichenbach P., Rossi M., Malamud B.D., Mihir M., Guzzetti F. A review of statistically-based landslide susceptibility models. Earth-Science Reviews, 180, 2018, pp. 60-91. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.03.001
10. Chub V.E., Trofimov G.N., Merkushkin A.S. O'zbekistonning sel hodisalari. Toshkent: NIGMI O'zgidromet, 2007. - 109 b.
11. Hamidullayev Sh.Sh. Sentinel-1 SAR ma'lumotlaridan foydalanib sel hodisalarini tezkor aniqlash algoritmi. Geodeziya va kartografiya jurnali, № 4, Toshkent, 2024, B. 67-74.
12. Fazilova D., Magdiyev H., Makhmudov M., Fazilov A. A multi-criteria GIS model for geohazard assessment in the Charvak reservoir area, Uzbekistan. Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 28(3), 2025, pp. 587-596. https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2025.09.003

УДК 004.9:528.94:504.06(575.172)

ПРОСТРАНСТВЕННО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ С УЧЁТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ: НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КАРАКАЛПАКСТАН И ПРИАРАЛЬЯ

Реймова Гулмира Полатовна *- независимый исследователь, Каракалпакское отделение Академии наук Республики Узбекистан.*

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы разработки и совершенствования пространственно-информационных моделей устойчивого развития регионов с учетом экологических факторов. Актуальность темы статьи обусловлена необходимостью изучения экологических процессов, связанных с последствиями высыхания Аральского моря, изменениями состоянии земельных ресурсов, водообеспеченности и климатических условий. Предложена интегрированная пространственно-информационная модель, основанная на использовании геоинформационных систем, Интернета вещей, искусственного интеллекта, дистанционного зондирования Земли и интеллектуальных систем поддержки принятия решений. Разработанная методология включает уровни сбора данных, геоинформационной интеграции, аналитической обработки, интеллектуального прогнозирования и взаимодействия пользователя с системой. В статье подтверждается, что применение комплексного подхода позволяет повысить эффективность экологического мониторинга, прогнозирования природных рисков, управления водными ресурсами и оценки устойчивости регионов.

Ключевые слова: устойчивое развитие, геоинформационная система (ГИС), региональный, пространственно-информационная модель, Интернет вещей (IoT), экологический мониторинг, изменение климата, искусственный интеллект.

Annotatsiya. Ushbu maqolada ekologik omillarni hisobga olgan holda hududlarning barqaror rivojlanishi uchun fazoviy ma’lumotlar modellarini ishlab chiqish va takomillashtirish masalalari ko’rib chiqilgan. Maqola mavzusining dolzarbligi Orol dengizining qurishi oqibatlari, yer resurslari jolatidagi o’zgarishlar, suv bilan ta’minlanganlik darajasi va iqlim sharoitidagi o’zgarishlar bilan bog’liq jarayonlarni o’rganish zarurati bilan izohlanadi. Maqolada geografik axborot tizimlari, ashyolar interneti, sun’iy intellekt, Yerni masofadan zondlash texnologiyalari va qaror qabul qilishni qo’llab-quvvatlovchi intellektual tizimlarga asoslangan integratsiyalashgan fazoviy ma’lumotlar modeli taklif etilgan. Ishlab chiqilgan metodologiya ma’lumotlarni yig’ish, geoinformatsion integratsiya, analitik qayta ishlash, intellektual prognozlash va foydalanuvchi bilan tizim o’rtasidagi o’zaro hamkorlik bosqichlarini qamrab oladi. Maqolada kompleks yondashuvdan foydalanish ekologik monitoring samaradorligini oshirish, tabiiy xavflarni prognozlash, suv resurslarini boshqarish va hududlarning barqarorligini baholash imkonini berishi asoslab berilgan.

Kalit so’zlar: barqaror rivojlanish, geografik axborot tizimi

(GIS), mintaqaviy rivojlanish, fazoviy ma’lumotlar modeli, ashyolar interneti (IoT), ekologik monitoring, iqlim o’zgarishi, sun’iy intellekt.

Abstract. This article examines the issues of developing and improving spatial information models for sustainable regional development considering environmental factors. The relevance of the study is determined with the consequences of the Aral Sea desiccation, changes in land resource conditions, water availability, and climatic conditions. An integrated spatial information model based on Geographic Information Systems (GIS), Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), Remote Sensing technologies, and intelligent decision support systems is proposed. The developed methodology includes data collection, geospatial integration, analytical processing, intelligent forecasting, and user-system interaction layers. The study confirms that the application of an integrated approach can improve the effectiveness of environmental monitoring, natural risk forecasting, water resource management, and regional sustainability assessment.

Keywords: sustainable development, Geographic Information System (GIS), regional development, spatial information model, Internet of Things (IoT), environmental monitoring, climate change, artificial intelligence.

Введение

В современных условиях глобальных климатических изменений, возрастающей антропогенной нагрузки на окружающую среду и реализации Целей устойчивого развития ООН [1] особую актуальность приобретает разработка и совершенствование пространственно-информационных моделей управления региональным развитием. Для Республики Узбекистан вопросы устойчивого регионального развития имеют особое значение, поскольку отдельные регионы страны испытывают воздействие различных экологических факторов, требующих постоянного мониторинга и эффективного управления. Одним из таких регионов является Приаралье, включая Республику Каракалпакстан, где многолетние изменения, связанные с сокращением площади Аральского моря, оказали заметное влияние на природные экосистемы и условия жизнедеятельности населения. В настоящее время для региона актуальными остаются задачи рационального использования водных ресурсов, предотвращения деградации земель, снижения воздействия пыле-солевых процессов и повышения экологической устойчивости территорий.

В последние годы Правительство Республики Узбекистан реализует масштабные программы экологической реабилитации Приаралья, включая создание лесных насаждений на высохшем дне Аральского моря [2], развитие систем экологического мониторинга, цифровизацию государственного управления [3] и внедрение принципов «зелёной экономики» [4]. Вместе с тем эффективность принимаемых решений во многом зависит от качества пространственных данных, скорости их обработки и возможности прогнозирования экологических и социально-экономических процессов.

Традиционные геоинформационные системы (ГИС – GIS – Geographic Information

System) обеспечивают эффективное хранение, обработку и визуализацию пространственных данных, однако зачастую не способны оперативно учитывать динамические изменения окружающей среды. В связи с этим перспективным направлением становится интеграция технологий Интернета вещей (IoT – Internet of Things), методов искусственного интеллекта (AI – Artificial Intelligence), дистанционного зондирования Земли (Remote Sensing), технологий больших данных (Big Data), а также современных интерфейсов взаимодействия человека и машины (HMI – Human-Machine Interaction).

Целью настоящего исследования является разработка и совершенствование пространственно-информационной модели устойчивого развития регионов с учетом экологических факторов на основе интеграции ГИС, Интернета вещей (IoT) и интеллектуальных аналитических технологий применительно к условиям Республики Каракалпакстан и Приаралья.

Обзор литературы

В мировой практике вопросы устойчивого развития регионов все чаще рассматриваются через призму цифровой трансформации пространственного управления.

Исследования в области цифровых двойников (Digital Twins) демонстрируют высокую эффективность моделирования городских и региональных систем посредством интеграции пространственных и временных данных. Использование цифровых двойников позволяет осуществлять мониторинг экологического состояния регионов, прогнозировать развитие инфраструктуры, а также оценивать последствия природных и антропогенных воздействий [5].

Значительное внимание уделяется применению искусственного интеллекта и методов машинного обучения (Machine Learning) для анализа пространственных данных. Данные технологии позволяют выявлять скрытые закономерности изменения климатических условий, прогнозировать нагрузку на природные ресурсы и формировать адаптивные сценарии территориального развития [6].

Современные исследования в области технологий облачных вычислений (Cloud Computing) и Интернета вещей (IoT) подтверждают возможность организации непрерывного мониторинга окружающей среды. Система IoT-датчиков (совокупность датчиков и устройств Интернета вещей - IoT Devices and Sensors) обеспечивает получение данных о качестве воздуха, температуре, влажности, состоянии водных объектов, уровне загрязнения почв и других параметрах в режиме реального времени [7].

Для регионов с высокой экологической уязвимостью особую роль играют геоинформационные системы, объединенные с данными дистанционного зондирования Земли. Подобный подход активно применяется для мониторинга процессов деградации земель, оценки растительного покрова и анализа изменений водных ресурсов [8].

Несмотря на значительные достижения, большинство существующих исследований ориентировано преимущественно на городские агломерации. В то же время специфические условия

Приаралья требуют разработки специализированных пространственно-информационных моделей, способных учитывать комплекс экологических факторов, характерных для аридных регионов Центральной Азии.

Предлагаемая методология

Предлагаемая пространственно-информационная модель устойчивого развития региона основана на интеграции пяти взаимосвязанных уровней:

1. Уровень сбора данных. На данном этапе осуществляется сбор пространственных и экологических данных из следующих источников: спутниковые снимки Sentinel[12] и Landsat[13]; метеорологические станции; датчики качества воздуха; датчики контроля содержания пыли и солей; станции мониторинга подземных и поверхностных вод; данные кадастровых и статистических органов; данные беспилотных летательных аппаратов.

Для территории Каракалпакстана особое значение имеют следующие экологические показатели: концентрация взвешенных твердых частиц PM2.5 и PM10 (диаметром до 2,5 и 10 мкм (микрометров) соответственно), уровень засоления почв, температура поверхности земли, индекс растительности NDVI[14], уровень грунтовых вод и частота возникновения пыле-солевых бур.

2. Геоинформационная интеграция. Все поступающие данные интегрируются в единую ГИС-платформу. Формируются тематические слои, отражающие водные ресурсы, деградированные земли, сельскохозяйственные территории, населенные пункты, транспортную инфраструктуру, экологически опасные зоны и лесомелиоративные насаждения, созданные на высохшем дне Аральского моря.

3. Аналитический модуль. Для оценки устойчивости региона рассчитывается интегральный индекс устойчивого развития (SDI – Sustainable Development Index):

$$DI = f\ (E, S, E_c) \quad (1)$$

где:

E – экологические показатели;

S – социальные показатели;

E_c – экономические показатели.

Экологический блок включает:

$$E = f\ (AQ, WQ, LC, CC) \quad (2)$$

где:

AQ – качество атмосферного воздуха;

WQ – качество водных ресурсов;

LC – состояние земельных ресурсов;

CC – климатические изменения.

[12] Sentinel – семейство спутников дистанционного зондирования Земли, разработанное Европейским космическим агентством (ESA – European Space Agency) в рамках программы «Коперник» (Copernicus). Они предоставляют данные о растительности, водных ресурсах, землепользовании, изменениях окружающей среды и многом другом.

[13] Landsat – одна из старейших программ спутникового наблюдения Земли, реализуемая Национальным управлением по аэронавтике и исследованию космического пространства США (НАСА - NASA – National Aeronautics and Space Administration) совместно с Геологической службой США (USGS – United States Geological Survey). Спутники Landsat ведут съемку поверхности Земли с 1970-х годов, что позволяет анализировать изменения ландшафтов на протяжении десятилетий.

[14] NDVI – Normalized Difference Vegetation Index – нормализованный разностный индекс растительности, используемый для оценки состояния и плотности растительного покрова на основе спутниковых данных.

4. Интеллектуальная система поддержки принятия решений. Система использует методы машинного обучения для прогнозирования экологических рисков, оценки вероятности пыле-солевых бурь, прогнозирования дефицита водных ресурсов и определения наиболее уязвимых территорий.

5. Интерфейс взаимодействия человека и системы. Разрабатывается интерактивная платформа, позволяющая органам государственной власти, экологическим организациям, научным учреждениям и населению получать актуальную информацию о состоянии территории, а также моделировать различные сценарии ее развития.

На рисунке 1 представлена концептуальная архитектура предлагаемой пространственно-информационной системы устойчивого развития региона, основанной на интеграции геоинформационных технологий, Интернета вещей (IoT), аналитических инструментов и системы поддержки принятия решений.

Как видно из рисунка 1, функционирование системы начинается с формирования информационной базы, включающей данные о населении, природных ресурсах и инфраструктуре региона. Для условий Республики Каракалпакстан такими данными являются сведения о состоянии водных ресурсов, уровне деградации земель, качестве атмосферного воздуха, динамике растительного покрова и социально-экономических характеристиках населенных пунктов.

На следующем этапе информация интегрируется в ГИС-модели, обеспечивающие пространственную привязку и визуализацию данных. Использование ГИС позволяет объединять разнородные экологические, социальные и экономические показатели в единой цифровой среде.

Далее данные поступают в блок интеллектуальной инфраструктуры Интернета вещей (Intelligent IoT Infrastructure), который включает сеть сенсоров и устройств мониторинга окружающей среды. В условиях Приаралья такие датчики могут обеспечивать непрерывный контроль концентрации взвешенных частиц PM2.5 и PM10, уровня засоления почв, температуры поверхности, влажности воздуха, состояния водных объектов и частоты возникновения пыле-солевых бурь.

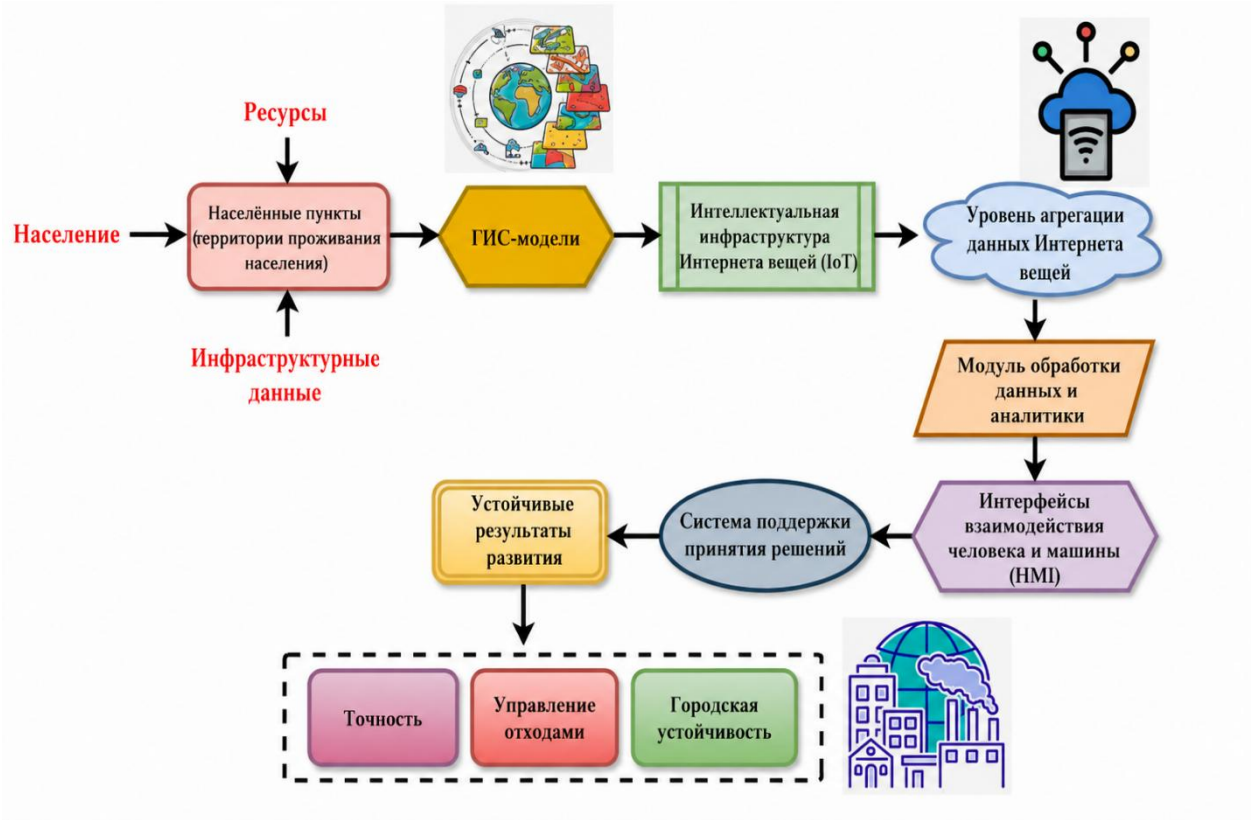


Рис. 1. Архитектура пространственно-информационной системы устойчивого развития региона на основе ГИС и Интернета вещей (IoT)

Полученные данные передаются на уровень агрегации IoT-данных (IoT Data Aggregation Layer), где осуществляется их объединение, предварительная обработка, фильтрация и проверка качества. Затем информация поступает в модуль обработки данных и аналитики (Data Processing and Analytics Module), в котором используются методы статистического анализа, машинного обучения и прогнозного моделирования.

Результаты анализа отображаются через интерфейсы взаимодействия человека и машины (Human-Machine Interaction Interfaces), обеспечивающие доступ пользователей к интерактивным картам, аналитическим панелям и прогнозным сценариям развития региона.

На основе полученной информации функционирует система поддержки принятия решений (Decision Support System), предназначенная для выбора оптимальных управленческих мер в области природопользования, экологической безопасности, водного хозяйства и регионального развития.

Конечным результатом работы системы являются результаты устойчивого развития (Sustainable Outcomes), которые выражаются в повышении точности мониторинга состояния окружающей среды, совершенствовании системы управления отходами, укреплении экологической устойчивости региона и повышении эффективности регионального управления.

Для Республики Каракалпакстан особое значение имеет возможность оперативного выявления экологических угроз, связанных с последствиями

высыхания Аральского моря, прогнозирования зон повышенного риска деградации земель и формирования научно обоснованных решений по адаптации региона к климатическим изменениям. Таким образом, представленная на рисунке 1 архитектура дополняет предложенную методологию и демонстрирует практический механизм реализации концепции устойчивого развития на основе современных цифровых технологий.

Результаты и обсуждение

Моделирование показало, что интеграция ГИС, Интернета вещей (IoT) и интеллектуальных аналитических инструментов существенно повышает качество управления региональным развитием. Для условий Каракалпакстана система позволяет следующее:

Экологический мониторинг: в режиме реального времени контролировать качество атмосферного воздуха, концентрацию солевых аэрозолей, состояние лесомелиоративных насаждений и процессы опустынивания;

Управление водными ресурсами: пространственный анализ обеспечивает выявление зон водного дефицита, прогнозирование водопотребления и оценку эффективности ирригационных систем. Особую актуальность это имеет для Амударьинского и Берунийского районов, где вопросы рационального водопользования являются критически важными;

Мониторинг деградации земель: интеграция спутниковых данных и IoT-датчиков позволяет оценивать динамику засоления почв, определять участки с высоким риском деградации и планировать мероприятия по рекультивации земель;

Оценка климатических рисков: полученные результаты свидетельствуют о возможности раннего предупреждения экстремальных явлений, засух, пыле-солевых бурь и ухудшения качества воздуха.

Пространственная устойчивость населённых пунктов: разработанная модель позволяет определить территории, наиболее подверженные экологическим угрозам, и сформировать приоритеты для государственных инвестиционных программ. Особенно значимым результатом является возможность комплексного анализа взаимосвязи между экологическими, социальными и экономическими факторами, что обеспечивает более обоснованное принятие управленческих решений.

Заключение

Проведенное исследование подтверждает высокую эффективность применения интегрированных пространственно-информационных моделей для обеспечения устойчивого развития регионов с учетом экологических факторов.

Для Республики Каракалпакстан и Приаралья внедрение интеллектуальной ГИС-платформы, основанной на использовании технологий Интернета вещей (IoT), искусственного интеллекта и дистанционного зондирования Земли, позволяет существенно повысить качество экологического мониторинга, эффективность управления природными ресурсами и обоснованность стратегических решений.

Предлагаемая модель обеспечивает непрерывный экологический мониторинг, прогнозирование климатических и экологических рисков, рациональное управление водными ресурсами, поддержку принятия решений в области устойчивого развития, а также повышению экологической устойчивости населенных пунктов Приаралья.

В перспективе дальнейшие исследования могут быть направлены на интеграцию цифровых двойников регионов, технологий искусственного интеллекта нового поколения, спутников сверхвысокого разрешения и национальных платформ пространственных данных Узбекистана для формирования единой системы устойчивого управления регионами в условиях изменение климата.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Цели в области устойчивого развития. Доступно: https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/ (Дата обращения: 1 июня 2026 года).

2. Новицкий З. Б. «Лесные насаждения – единственный реальный путь решения экологической проблемы Арала». Доступно: https://www.gazeta.uz/ru/2026/05/13/desert/ (13 мая 2026).

3. Указ Президента Республики Узбекистан, от 05.10.2020 г. № УП-6079 «Об утверждении Стратегии «Цифровой Узбекистан-2030» и мерах по ее эффективной реализации».

4. Постановление Президента Республики Узбекистан, от 04.10.2019 г. № ПП-4477 «Об утверждении Стратегии по переходу Республики Узбекистан на «зеленую» экономику на период 2019-2030 годов».

5. Omar Sanchez, Karen Castaneda, Sofia Vidal-Mendez, Daniela Carrasco-Beltran and Natalia E. Lozano-Ramirez. Exploring the influence of linear infrastructure projects 4.0 technologies to promote sustainable development in smart cities // Results in Engineering. Volume 23, September 2024. 25 pages.

6. Аналакова О., Ёллыева О. Использование искусственного интеллекта для анализа пространственных данных и выявления закономерностей в картографии // Международный научный журнал «Инновационная наука» № 5-2-2 / 2024. Стр. 158-160.

7. Dianyou Yu, Qian Tao, Qiulin Liu, Yongqiang Jin, Yu Sun and Peng Fu. Lifecycle management of urban renewal enabled by Internet of Things: Development, application, and challenges // Results in Engineering. Volume 27, September 2025. 31 pages.

8. Курбанов Э. А., Воробьев О. Н., Ша Д., Ли Х., Гитас И., Минаков Х., Габдлелхаков А. К., Мартынова М. В. Обзор использования ГИС и дистанционного зондирования для устойчивого лесоводства и экологии в России и Китае //Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 5. Стр. 9-20.

УДК 004.9:528.94:911.3:502.131.1(575.1)

ПРОСТРАНСТВЕННО-ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИКА РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Реймова Гулмира Полатовна *- Каракалпакское отделение Академии наук Республики Узбекистан, независимый исследователь*

E-mail: ggreymova@gmail.com

Тел: +998946066238

Аннотация. В статье рассматриваются возможности применения пространственно-информационных моделей для обеспечения устойчивого развития регионов страны. Актуальность работы связана с необходимостью повышения эффективности регионального управления в условиях экологических и социально-экономических вызовов. Методология основана на системном анализе, обобщении научной литературы и пространственном моделировании. Результаты показывают, что использование ГИС, ДЗЗ и пространственного анализа способствует совершенствованию регионального планирования и мониторинга экологических рисков. Научный вклад состоит в обосновании роли пространственно-информационных моделей в устойчивом развитии регионов, а практическая значимость – в разработке рекомендаций по совершенствованию пространственного управления регионами.

Ключевые слова: пространственно - информационные модели, устойчивое развитие, геоинформационные системы (ГИС), пространственный анализ, региональное развитие, региональное планирование, дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ).

Annotatsiya. Maqolada mamlakat hududlari barqaror rivojlanishini ta’minlashda fazoviy ma’lumotlar modellaridan foydalanish imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotning dolzarbligi ekologik va ijtimoiy-iqtisodiy muammolar sharoitida hududiy boshqaruv samaradorligini oshirish zarurati bilan izohlanadi. Tadqiqot metodologiyasi tizimli tahlil, ilmiy adabiyotlarni umumlashtirish hamda fazoviy modellashtirish usullariga asoslangan. Tadqiqot natijalari GIS (geografik axborot tizimlari), masofadan zondlash texnologiyalari va fazoviy tahlildan foydalanish hududiy rejalashtirishni takomillashtirish hamda ekologik xavflarni monitoring qilish samaradorligini oshirishga xizmat qilishini ko‘rsatdi. Tadqiqotning ilmiy hissasi fazoviy ma’lumotlar modellarining hududlar barqaror rivojlanishidagi o‘rnini nazariy jihatdan asoslashdan iborat bo‘lsa, amaliy ahamiyati hududlarni fazoviy boshqarishni takomillashtirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqilganligi bilan belgilanadi.

Kalit so’zlar: fazoviy ma’lumotlar modellari, barqaror rivojlanish, geografik axborot tizimlari (GIS), fazoviy tahlil, mintaqaviy rivojlanish, mintaqaviy rejalashtirish, Yerni masofadan zondlash.

Abstract. This article examines the potential application of spatial information models to support the sustainable development of the country’s regions. The relevance of the study is the need to enhance the

effectiveness of regional governance in the context of environmental and socio-economic challenges. The research methodology is based on systems analysis, a review and synthesis of scientific literature, and spatial modeling. The findings indicate that the use of Geographic Information Systems (GIS), remote sensing technologies, and spatial analysis contributes to improving regional planning and environmental risk monitoring. The scientific contribution of the study lies in substantiating the role of spatial information models in sustainable regional development, while its practical significance is reflected in the development of recommendations for improving the spatial governance of regions.

Key words: spatial information models, sustainable development, Geographic Information Systems (GIS), spatial analysis, regional development, regional planning, remote sensing.

ВВЕДЕНИЕ

В XXI веке устойчивое развитие становится одной из важнейших глобальных целей человечества. Усиление климатических изменений, рост урбанизации, истощение природных ресурсов, деградация экосистем и возрастающая социально-экономическая дифференциация регионов требуют новых подходов к региональному управлению и планированию. В этих условиях особую значимость приобретают пространственные исследования и пространственно-информационные модели, позволяющие анализировать сложные взаимосвязи между экономическими, социальными и экологическими процессами.

Концепция устойчивого развития, официально закрепленная в докладе Всемирной комиссии ООН по окружающей среде и развитию «Наше общее будущее», предполагает удовлетворение потребностей нынешнего поколения без ущерба для возможностей будущих поколений удовлетворять собственные потребности [1]. Реализация данной концепции требует интеграции экологических, экономических и социальных факторов в единую систему принятия решений.

Современные пространственные исследования представляют собой междисциплинарное направление, объединяющее географию, экономику, экологию, урбанистику, информационные технологии и региональное планирование. Благодаря развитию геоинформационных систем (ГИС), дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и цифровых двойников территорий (Digital Twins), пространственный анализ становится важнейшим инструментом обеспечения устойчивого развития.

Для Республики Узбекистан значение пространственно-информационного подхода существенно возрастает в связи с реализацией масштабных программ регионального развития, цифровой трансформации государственного управления и достижения Целей устойчивого развития ООН до 2030 года. Особую актуальность данная проблематика приобретает для Республики Каракалпакстан, которая на протяжении нескольких десятилетий остается одной из наиболее экологически уязвимых регионов Центральной Азии вследствие кризиса Аральского моря.

В последние годы в Узбекистане наблюдаются значительные территориальные различия в уровне социально-экономического развития регионов. Город Ташкент, Ташкентская область, Навоийская область и отдельные индустриальные центры демонстрируют высокие темпы экономического роста и привлечения инвестиций. Одновременно ряд территорий сталкивается с ограниченностью водных ресурсов, экологическими рисками, недостаточным развитием инфраструктуры и демографическими вызовами.

В этих условиях использование пространственно-информационных моделей позволяет выявлять территориальные диспропорции развития, оценивать доступность инфраструктурных объектов, прогнозировать последствия климатических изменений, осуществлять мониторинг земельных и водных ресурсов, разрабатывать сценарии устойчивого развития регионов, а также повышать эффективность государственного управления на основе данных.

Особую значимость пространственное моделирование приобретает для решения экологических проблем Приаралья. Использование спутникового мониторинга позволяет отслеживать процессы опустынивания, изменение земельного покрова, динамику пыльно-солевых бурь и эффективность мероприятий по озеленению высохшего дна Аральского моря.

Целью настоящего исследования является анализ теоретических основ и современных практик применения пространственно-информационных моделей для обеспечения устойчивого развития регионов Республики Узбекистан, включая Республику Каракалпакстан, а также разработка концептуальных направлений совершенствования регионально управления на основе пространственных данных и цифровых технологий.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи: исследовать теоретические основы пространственных исследований и устойчивого развития; определить роль пространственно-информационных технологий в обеспечении устойчивого развития регионов; проанализировать современные тенденции пространственного развтия регионов Узбекистана; выявить экологические и социально-экономические вызовы Республики Каракалпакстан; разработать рекомендации по внедрению пространственно-информационных моделей в систему регионального управления.

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Пространственные исследования представляют собой научное направление, изучающее пространственную организацию природных, социальных и экономических процессов. Согласно работам Стэна Опеншоу [2], Майкла Батти [3], Джека Дангермонда и Майкла Ф. Гудчайлда [4], пространственный анализ позволяет выявлять закономерности размещения объектов и процессов, которые невозможно обнаружить при использовании традиционных статистических методов.

Развитие геоинформационных технологий существенно расширило

возможности пространственных исследований. ГИС-системы позволяют интегрировать различные типы данных, включая демографическую информацию экологические показатели, транспортные сети, объекты инфраструктуры и экономические характеристики регионов [5].

Лосева О. В. подчеркивает, что пространственный анализ является не только инструментом визуализации данных, но и эффективным механизмом поддержки принятия решений в сфере устойчивого развития [6].

Современные исследования устойчивого развития основаны на признании тесной взаимосвязи между тремя ключевыми компонентами: экономическим развитием; социальной справедливостью; экологической устойчивостью.

По мнению Джеффри Д. Сакса, достижение устойчивого развития невозможно без учета пространственных особенностей регионов. Экологические риски, инфраструктурная обеспеченность, доступность социальных услуг и инвестиционная привлекательность существенно различаются между регионами, что требует пространственно ориентированных подходов к разработке государственной политики [7].

После принятия Целей устойчивого развития ООН (ЦУР) в 2015 году роль пространственных данных значительно возросла. Многие индикаторы ЦУР непосредственно связаны с региональными характеристиками и требуют использования геопространственной информации [8].

Согласно исследованиям Программы ООН по окружающей среде (UNEP - UN Environment Programme) [9], Программы ООН по населенным пунктам (UN-Habitat - United Nations Human Settlements Programme) [10] и Группы Всемирного банка (WBG - World Bank Group) [11], геоинформационные системы являются одним из наиболее эффективных инструментов пространственного управления устойчивым развитием. ГИС-технологии используются для мониторинга изменений землепользования, управления природными ресурсами, оценки экологических рисков, регионального планирования, развития транспортной инфраструктуры и мониторинга достижения ЦУР.

Особенно важным является применение ГИС в условиях климатических изменений. Пространственные модели позволяют прогнозировать зоны риска, анализировать последствия экстремальных погодных явлений и разрабатывать адаптационные стратегии.

В последние годы Узбекистан активно внедряет цифровые технологии в сферу государственного управления и регионального развития. Реализуются государственные программы цифровизации земельного кадастра, электронного картографирования, мониторинга сельскохозяйственных земель и экологических систем.

Для различных регионов страны характерны различные пространственные особенности: Ташкентская область - высокая урбанизация и концентрация инфраструктуры; Навоийская область - ресурсно-ориентированное развитие и горнодобывающая

промышленность; Самаркандская и Бухарская области - развитие туризма и культурного наследия; Ферганская долина - высокая плотность населения и земельная нагрузка; Республика Каракалпакстан - экологическая трансформация региона вследствие кризиса Аральского моря.

В связи с этим возникает необходимость создания единой национальной пространственно-информационной платформы устойчивого развития, которая обеспечит интеграцию данных различных ведомств и позволит осуществлять комплексное региональное планирование.

Исследования Группы Всемирного банка, Программы развития ООН (ПРООН - UNDP - United Nations Development Programme) [12], Международного фонда спасения Арала (МФСА) [13] и ряда центральноазиатских ученых [14] показывают, что применение спутниковых данных позволяет оценивать масштабы деградации земель, отслеживать процессы опустынивания, контролировать эффективность лесомелиоративных мероприятий, анализировать динамику водных ресурсов и прогнозировать экологические риски для населения.

Современные пространственно - информационные модели позволяют перейти от реактивного управления экологическими проблемами к проактивному управлению региональным развитием.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование основано на междисциплинарном подходе, объединяющем теоретические положения устойчивого развития, пространственных исследований, региональной экономики, экологического менеджмента и цифрового регионального управления. Такой подход позволяет комплексно оценить взаимосвязи между социально-экономическими, экологическими и пространственными процессами, определяющими устойчивость развития регионов.

Методологической базой исследования послужили научные труды зарубежных и отечественных ученых в области пространственного анализа, геоинформационных систем (ГИС), регионального планирования и устойчивого развития, а также материалы международных организаций, включая Организацию Объединенных Наций (ООН), Программу ООН по окружающей среде, Группа Всемирного банка, Продовольственную и сельскохозяйственную организацию ООН (FAO - Food and Agriculture Organization) и Международный фонд спасения Арала.

Исследование базируется на концепции устойчивого развития, предполагающей сбалансированное взаимодействие экономических, социальных и экологических компонентов развития регионов, а также на принципах пространственного управления, предусматривающих учет региональных особенностей при разработке стратегий регионального развития.

Для достижения поставленной цели использован комплекс взаимодополняющих методов исследования: системный анализ, сравнительный анализ, пространственный анализ, метод анализа научной литературы и метод концептуального моделирования.

Информационная база исследования включает научные публикации по вопросам пространственного анализа и устойчивого развития, материалы международных организаций (ООН, UNEP, ПРООН, Группа Всемирного банка, FAO), аналитические материалы по реализации Целей устойчивого развития в Узбекистане, данные о региональном развитии Республики Узбекистан, материалы по экологической ситуации в Республике Каракалпакстан и Приаралье, а также исследования в области геоинформационных технологий и дистанционного зондирования Земли. Использование различных источников информации позволило обеспечить комплексность исследования и повысить достоверность полученных результатов.

В основу исследования положена концепция интеграции пространственно-информационных технологий в систему устойчивого развития регионов. Предлагаемая концептуальная модель включает четыре взаимосвязанных блока: первый блок - пространственные данные; второй блок - аналитические инструменты; третий блок - система поддержки принятия решений; четвертый блок - результаты устойчивого развития.

Таким образом, предложенная методология позволяет комплексно исследовать возможности использования пространственно-информационных моделей для обеспечения устойчивого развития регионов и формирования эффективной системы регионального управления.

АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В последние годы в Республике Узбекистан наблюдаются значительные изменения в региональной организации социально-экономической деятельности. Реализуемые государственные программы модернизации экономики, цифровой трансформации и регионального развития способствуют формированию новых пространственных центров экономического роста. Вместе с тем сохраняются существенные различия между регионами по уровню экономического развития, инвестиционной активности, обеспеченности инфраструктурой и экологической устойчивости.

Наиболее высокий уровень экономической концентрации наблюдается в городе Ташкенте, Ташкентской области, Навоийской области и отдельных индустриальных центрах страны. Эти регионы характеризуются высокой плотностью населения, развитой транспортной инфраструктурой, значительным объемом инвестиций и высокой степенью цифровизации. В то же время отдельные регионы сталкиваются с ограниченностью водных ресурсов, климатическими рисками и инфраструктурными ограничениями. Особенно актуальны данные проблемы для территорий Приаралья.

В подобных условиях применение пространственно - информационных моделей позволяет обеспечить более эффективное распределение ресурсов и повысить качество регионального планирования.

Республика Каракалпакстан занимает особое место в системе устойчивого развития Узбекистана. Экологические изменения в районе

Аральского моря оказали заметное влияние на природные ландшафты, экологическую обстановку и социально - экономическое развитие региона. Среди основных пространственных особенностей региона можно отметить изменения состояния земельных ресурсов, расширение аридных территорий, ограниченность водных ресурсов, повышение частоты пыльно-солевых явлений, изменения в структуре биологического разнообразия и повышение чувствительности населенных пунктов к экологическим факторам.

В последние годы в регионе реализуются масштабные проекты по восстановлению экологической устойчивости Приаралья. Особое значение имеют программы лесомелиорации высохшего дна Аральского моря, направленные на сокращение распространения солепылевых масс [15]. Применение технологий дистанционного зондирования Земли позволяет осуществлять постоянный мониторинг состояния земель, динамики растительного покрова и эффективности природоохранных мероприятий. Пространственный анализ показывает, что использование современных геоинформационных технологий существенно повышает эффективность управления экологическими процессами в регионе.

Геоинформационные системы являются одним из наиболее востребованных инструментов пространственного управления. В современных условиях ГИС позволяют решать широкий круг задач: мониторинг использования земельных ресурсов, анализ транспортной доступности, оценка размещения объектов социальной инфраструктуры, прогнозирование экологических рисков, планирование инвестиционных проектов и управление природными ресурсами.

Особенно важным является использование геоинформационных систем для оценки пространственного неравенства между регионами. На основе геоинформационного анализа возможно выявление регионов с недостаточным уровнем инфраструктурного обеспечения и определение приоритетных направлений государственной поддержки. Для Узбекистана развитие национальной геоинформационной инфраструктуры становится важным условием повышения эффективности государственного управления и достижения целей устойчивого развития [16].

Проведенное исследование позволило получить следующие результаты:

установлено, что пространственно-информационные модели являются эффективным инструментом интеграции экологических, социальных и экономических аспектов устойчивого развития;

выявлено, что использование ГИС, дистанционного зондирования Земли и пространственной аналитики способствует повышению качества регионального планирования и государственного управления;

определено, что Республика Каракалпакстан требует применения специализированных пространственно - информационных решений, ориентированных на мониторинг экологических процессов и

адаптацию к последствиям кризиса Аральского моря;

разработана концептуальная пространственно-информационная модель устойчивого развития регионов Республики Узбекистан, объединяющая природно-экологические, социальные, экономические, инфраструктурные и управленческие компоненты;

обоснована необходимость внедрения цифровых двойников территорий и технологий искусственного интеллекта в практику регионального управления;

доказано, что переход к цифровым пространственным платформам способен существенно повысить эффективность реализации государственных программ устойчивого развития и достижения Целей устойчивого развития ООН.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

По результатам исследования предлагаются следующие рекомендации по совершенствованию системы пространственного управления устойчивым развитием регионов Республики Узбекистан.

Во-первых, целесообразно сформировать единую национальную пространственно - информационную платформу устойчивого развития, обеспечивающую интеграцию данных государственных органов, научных организаций и региональных структур управления. Такая платформа должна стать основой для мониторинга территориального развития и принятия стратегических решений на основе объективных данных.

Во-вторых, необходимо расширить использование геоинформационных систем и технологий дистанционного зондирования Земли в деятельности органов государственного управления. Особое внимание следует уделить мониторингу земельных ресурсов, водохозяйственных систем, экологического состояния территорий и реализации инфраструктурных проектов.

В-третьих, рекомендуется внедрить систему пространственного мониторинга достижения Целей устойчивого развития ООН на региональном уровне. Это позволит осуществлять регулярную оценку территориальных различий и повысить адресность государственной политики в сфере устойчивого развития.

В-четвертых, следует ускорить цифровизацию процессов территориального планирования путем внедрения технологий больших данных, искусственного интеллекта и цифровых двойников территорий. Использование данных инструментов позволит повысить качество прогнозирования социально-экономических и экологических процессов, а также эффективность регионального управления.

В-пятых, для Республики Каракалпакстан необходимо создать специализированную геоинформационную систему экологического мониторинга Приаралья, ориентированную на контроль процессов опустынивания, деградации земель, состояния водных ресурсов и эффективности природоохранных мероприятий. Это будет способствовать повышению результативности экологической политики и

устойчивости региона к климатическим изменениям.

В-шестых, целесообразно усилить межведомственное взаимодействие между органами государственного управления, научно-исследовательскими учреждениями и образовательными организациями в сфере пространственных исследований и геоинформационных технологий. Развитие научно-практического сотрудничества позволит ускорить внедрение инновационных решений в практику регионального управления.

В-седьмых, рекомендуется разработать и внедрить систему пространственных индикаторов устойчивого развития регионов, включающую экологические, социальные, экономические и инфраструктурные показатели. Данная система позволит проводить комплексную оценку эффективности реализуемых программ и формировать научно обоснованные стратегии территориального развития.

В-восьмых, необходимо расширять подготовку высококвалифицированных специалистов в области геоинформационных технологий, пространственного анализа и цифрового управления территориями. Формирование современного кадрового потенциала является важнейшим условием успешного внедрения пространственно-информационных моделей в систему государственного и регионального управления.

Реализация предложенных рекомендаций будет способствовать формированию современной цифровой экосистемы пространственного управления, повышению эффективности региональной политики, укреплению экологической устойчивости территорий и достижению долгосрочных целей устойчивого развития Республики Узбекистан, включая Республику Каракалпакстан.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rosalind Warner. Brundtland Report. Chapter in the Book “Essential Concepts for Implementing the Sustainable Development Goals”. 1st Edition. London: Routledge, 2025. 224 pages.

2. Michael F. Goodchild. The Openshaw effect // International Journal of Geographical Information Science. Vol. 36, No. 9, 2022. Pages 1697-1698.

3. Michael Batty. The New Science of Cities: There are many sciences of the city // North American Regional Science Council. 13-16 November 2019. Pittsburg: Centre for Advanced Spatial Analysis (CASA), 2019. 60 pages.

4. Jack Dangermond and Michael F. Goodchild. Building geospatial infrastructure // Geo-Spatial Information Science. Vol. 23, No. 1, 2020. Pages 1-9.

5. Юдина Т. Н., Богомолова А. В., Петухова О.В., Вайнштok А. П. ГИС-технологии для социально-экономических исследований // Вестник Московского Университета. Серия 5. География. № 4, 2022. Стр. 52-63.

6. Лосева О. В. Пространственные базы данных как инструмент интеллектуализации и цифровой трансформации промышленного производства // Имущественные отношения в Российской Федерации. № 5 (284) 2025. Стр. 9-20.

7. Jeffrey D. Sachs. The Age of Sustainable Development. New York:

Columbia University Press, 2015. 543 pages.

8. Цели в области устойчивого развития: 17 целей для преобразования нашего мира. Т.: Организация Объединенных Наций в Узбекистане, 2021. 44 стр.

9. Наша планета. Наша цель. Годовой отчет за 2025 год. Найроби: Программа ООН по окружающей среде, 2026. 52 стр.

10. Housing at the centre of urban futures. Annual Report 2025. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme, 2026. 48 pages.

11. Создание рабочих мест, содействие росту экономики. Годовой отчет за 2025 год. Вашингтон: Группа Всемирного банка, 2025. 132 стр.

12. Annual Report 2025 Uzbekistan. T.: UNDP, 2026. 25 pages.

13. Зотов А. Новейшие технологии помогут сохранить ресурсы // Правда Востока. № 252 (30289), 3 декабря 2023 года.

14. Ниязов Дж. Б., Калашникова О. Ю., Гафуров А. А. Методика прогноза водности высокогорных рек Центральной Азии на основе снимков MODIS // Центральноазиатский журнал исследований водных ресурсов. 6 (2), 2020. Стр. 26-37.

15. На высохшем дне Аральского моря реализуются перспективные проекты. Доступно: https://gov.uz/ru/urmon/news/view/91246 (2025-10-22).

Эргашев Д. Глобальная система геопространственных статистических данных: сущность, принципы и перспективы развития // International journal of scientific researchers. Vol.17 No. 2 May 2026. Стр. 652-662.

UDK: 528.8:631.6:551.583(575.172)

ANALYSIS OF THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON CROPLANDS APPLYING GEOSPATIAL METHODS IN THE ARAL SEA REGION (Kegeyli and Bozataw Districts)

T.P. Reymov *– "TIIAME" National Research University PhD student at Geodesy and Geoinformatics Department*

Abstract. *Climate change increasingly affects irrigated croplands in the Aral Sea region through rising temperature, higher atmospheric evaporative demand, hydrological drought, salinity accumulation, dust deposition and instability of irrigation water supply. This paper develops a literature-based methodological framework for assessing climate change impacts on croplands in Kegeyli and Bozataw districts of Karakalpakstan using geospatial methods. The review is based on 69 classified publications and project materials from the uploaded Excel database, dominated by remote sensing, statistical trend analysis, climate/hydrological modelling and machine-learning approaches. The review shows that a single vegetation index is insufficient for the study area because cropland response is jointly controlled by irrigation, drought, soil salinity and land-use change. Therefore, the selected methodology combines Sentinel-2/Landsat vegetation indicators, Sentinel-1/Sentinel-2 cropland masking, climate datasets, drought indices,*

salinity-related indicators, and statistical attribution models in a Google Earth Engine and GIS workflow. The proposed framework includes annual and seasonal cropland mapping, vegetation-health anomaly analysis, Mann-Kendall and Sen's slope trend detection, correlation and lag analysis with climate variables, and validation with field or official agricultural statistics. The approach is designed to produce district-level maps of vulnerable croplands, climate stress intensity and priority areas for climate-smart irrigation and land management.

Keywords: *Aral Sea region; Kegeyli; Bozataw; climate change; croplands; Sentinel-2; Landsat; NDVI; drought; soil salinity; Google Earth Engine; geospatial analysis.*

1. Introduction

The Aral Sea region is one of the most environmentally sensitive agricultural landscapes in Central Asia. Irrigated croplands in northern Karakalpakstan are exposed to the combined pressure of arid climate, increasing temperature, water scarcity, secondary salinization and land-cover transformation. Kegeyli and Bozataw districts are located within the lower Amu Darya delta system, where agricultural productivity depends not only on rainfall but also on irrigation infrastructure, drainage conditions, river discharge, groundwater and soil salinity. Under climate change, these controls interact with heat waves, droughts and rising evaporative demand, making conventional field-only monitoring insufficient for operational assessment.

Recent literature in the uploaded review matrix indicates that climate impacts on agriculture in Asia and Central Asia are increasingly investigated through integrated frameworks that combine climate models, crop models, remote sensing, hydrological analysis and socio-economic interpretation. Habib-Ur-Rahman et al. (2022) emphasize that crop yields in Asia may decline under projected warming scenarios, while Conrad et al. (2016), Xenarios et al. (2019), Tian et al. (2021) and Veldkamp et al. (2026) highlight the sensitivity of irrigated agriculture in the Aral Sea and adjacent river basins to water availability, evapotranspiration and crop water demand. For Uzbekistan and Karakalpakstan, Khamidov et al. (2023), Makhmudova et al. (2023) and the Global Green Growth Institute (2025) provide particularly relevant evidence that water-saving technologies and spatially targeted climate-smart agriculture are becoming necessary in northern Karakalpakstan.

The scientific problem addressed in this article is that climate impacts on croplands in Kegeyli and Bozataw cannot be evaluated reliably through yield statistics alone. Yield data are often aggregated, delayed and influenced by management decisions. In contrast, remote sensing provides spatially continuous information on crop vigor, phenology, drought stress, moisture condition and land-cover change. However, satellite indicators also have limitations: NDVI can saturate in dense crops, bare soil and salinity can distort vegetation signals, and irrigation can mask climatic drought effects. Therefore, a multi-indicator geospatial methodology is

needed. The aim of this article is to review the available literature and select a methodological framework for assessing climate-change impacts on croplands in Kegeyli and Bozataw districts using remote sensing, GIS and statistical climate attribution methods.

2. Literature Review

2.1. Structure of the reviewed literature

The uploaded Excel database classifies 69 articles and materials by topic, period, data source and methodology category. The largest group is statistical/trend analysis combined with remote sensing (21 sources), followed by direct remote-sensing and satellite-analysis studies (18 sources) and machine-learning/deep-learning studies with remote sensing (10 sources). The database is also recent: 29 sources belong to 2023–2026 and 21 sources belong to 2020–2022. This distribution supports a methodology centered on modern remote sensing, Google Earth Engine processing and trend attribution rather than only descriptive literature review.

Table 1. *Literature blocks used to construct the methodology selection framework.*

Literature block	Main sources from Excel matrix	Core contribution	Relevance for Kegeyli–Bozataw croplands
Climate change, drought and water demand	Habib-Ur-Rahman et al. (2022); Conrad et al. (2016); Xenarios et al. (2019); Tian et al. (2021); Fallah et al. (2024); Toshmatov et al. (2024); Veldkamp et al. (2026)	Shows rising heat, changing precipitation, drought risk and higher crop water demand.	Defines climate variables and drought indicators that must be linked with satellite crop response.
Aral Sea and lower Amu Darya environmental change	Patel et al. (2021); Zhang et al. (2023); Shi et al. (2020); Singh et al. (2025); Banks et al. (2022); Rakhmatova et al. (2025)	Documents Aral Sea desiccation, NDVI change, dust storms and environmental feedbacks.	Provides regional context for climate stress, dust, salinity and vegetation degradation.
Cropland and land-cover mapping	Basukala et al. (2017); Kadirov et al. (2022); Boymurodov et al. (2024); Erdanaev (2024); Gao et al. (2021); Guo et al. (2019)	Demonstrates pixel/object classification, Sentinel/Landsat workflows and SAR-optical fusion.	Supports creation of a cropland mask before analyzing climate impacts.
Vegetation indices, phenology and trend analysis	Bohović (2016); Dubovyk et al. (2013); Huang et al. (2017); Li et al. (2024); Jiang et al. (2024); Tangjialeke et al. (2024)	Uses NDVI time series, phenology metrics, resilience, drought thresholds and trend tests.	Supports seasonal crop-health analysis and detection of degradation/recovery zones.
Salinity and water stress	Metternicht and Zinck (2003); Khamidov et al. (2022); Mamatkulov et al. (2023); Ahmad	Shows how salinity, ETo and crop water stress can be detected or approximated by RS and GIS.	Identifies soil salinity and evapotranspiration as control variables in

	et al. (2023); Makhmudova et al. (2023)		climate-impact assessment.
Data platforms and harmonization	Claverie et al. (2025); Chastain et al. (2023); Frantz et al. (2024); Hu et al. (2021)	Provides basis for Landsat-Sentinel harmonization, usable observations and climate data evaluation.	Improves time-series consistency and reduces uncertainty in arid regions with frequent cloud/dust problems.

2.2. Climate change and irrigated agriculture in the Aral Sea region

The first literature block establishes that climate change affects croplands primarily through heat stress, water scarcity and evapotranspiration. Habib-Ur-Rahman et al. (2022) synthesize evidence that Asian rice and wheat systems can experience considerable yield reductions under climate scenarios, which is methodologically important because it links climate drivers to crop productivity rather than only to vegetation cover. In Central Asia, Conrad et al. (2016) and Xenarios et al. (2019) show that irrigated agriculture is especially sensitive to river-basin water availability and irrigation demand. Tian et al. (2021) further connect crop evapotranspiration and irrigation water requirements in the lower Amu Darya basin, providing a direct hydrological basis for this article's focus on the Aral Sea region.

Recent sources in the matrix strengthen this argument. Fallah et al. (2024), Toshmatov et al. (2024), Boyaj et al. (2023) and Rakhmatova et al. (2020) point to increasing temperature extremes, shifting precipitation patterns and drought risk in Uzbekistan and Central Asia. Veldkamp et al. (2026) suggests that climate change has increased crop water consumption in Central Asia despite shifts toward less water-intensive cropping. For Kegeyli and Bozataw, this means that climate impact should not be represented by precipitation alone; it should be assessed through temperature, precipitation, ETo, drought indices and the satellite-observed response of crops during the growing season.

2.3. Remote sensing of vegetation condition and cropland degradation

Remote sensing literature provides the analytical core for district-level cropland assessment. Dubovyk (2017) and Dubovyk et al. (2013) show that NDVI, SAVI and multi-temporal satellite indicators can be used to assess land degradation in irrigated lowlands of Uzbekistan, while emphasizing the need for field validation and integration with socio-economic or management data. Bohović (2016), Huang et al. (2017), Patel et al. (2021) and Zhang et al. (2023) demonstrate the value of long-term vegetation-index trends for Central Asia and the Aral Sea buffer zone. These studies establish that NDVI trends can capture greening, browning, phenology changes and vegetation response to climate variability, although coarse-resolution datasets may not distinguish croplands from natural vegetation.

For Kegeyli and Bozataw, the reviewed evidence implies that a cropland mask is necessary before interpreting NDVI

or EVI trends. Without separating irrigated fields from settlements, bare soil, salt-affected land and natural vegetation, district-level results may mix different land-cover processes. The literature also suggests that NDVI should be complemented by EVI, NDMI/LSWI and thermal or drought indicators because vegetation vigor alone cannot distinguish drought stress from salinity, fallow land or crop rotation.

2.4. Cropland classification and Google Earth Engine workflows

Cropland mapping studies in Uzbekistan and Central Asia provide a practical methodological foundation. Basukala et al. (2017) evaluated classification algorithms for irrigated croplands in Uzbekistan and found that object-based approaches can outperform basic pixel-based methods in fragmented agricultural landscapes. Kadirov et al. (2022) and Erdanaev (2024) demonstrate multi-sensor crop-type mapping using Sentinel, Landsat and machine-learning classifiers. Gao et al. (2021) shows that combining Sentinel-1 SAR and Sentinel-2 optical data in Google Earth Engine improves irrigated-area mapping, especially where clouds or spectral confusion reduce optical-only accuracy. Boymurodov et al. (2024) and Guo et al. (2019) provide transferable land-cover mapping and change-detection workflows for the wider Aral Sea and Uzbekistan context.

The methodological conclusion is that the first step in climate-impact assessment should be an annual cropland mask. Random Forest classification in Google Earth Engine is selected as a suitable method because it is robust, interpretable, scalable and widely used in the reviewed sources. Sentinel-1 backscatter can help separate irrigated or crop-covered surfaces from bare saline soils and non-agricultural land, while Sentinel-2 spectral bands and vegetation indices can capture crop vigor and phenology.

2.5. Drought, salinity and vegetation resilience

Climate change impacts in the Aral Sea region are strongly mediated by drought and salinity. Vicente-Serrano et al. (2013) provides a foundation for using SPEI to capture drought intensity at multiple time scales; Tangjialeke et al. (2024) and Jiang et al. (2024) extend this perspective by examining drought response thresholds, resilience and vulnerability in Central Asia. Guo et al. (2020) and Peng et al. (2020) use MODIS time-series products and drought metrics to assess risk in cultivated or vegetated areas. These sources support integrating meteorological drought indices with satellite vegetation anomalies.

Soil salinity is equally important for Kegeyli and Bozataw because irrigated lowlands in the lower Amu Darya delta are prone to salt accumulation under poor drainage and high evaporation. Metternicht and Zinck (2003) show that remote sensing can detect salinity directly or indirectly through spectral changes and vegetation suppression. Khamidov et al. (2022) project salinity changes under climate conditions in the Khorezm region, and Mamatkulov et al. (2023) demonstrates GEE and machine-learning approaches for monitoring soil salinity in irrigated lands of Uzbekistan. Therefore, the selected methodology includes salinity-sensitive indicators and recommends

using field or soil-map data when available.

2.6. Research gaps identified from the review

Across the reviewed literature, several gaps are visible. First, many Central Asian studies operate at regional or national scale and therefore cannot directly explain district-level cropland dynamics in Kegeyli and Bozataw. Second, some long-term studies rely on coarse-resolution datasets such as GIMMS or MODIS, which are valuable for climate trends but too coarse for fragmented irrigated fields. Third, many remote-sensing studies rely heavily on NDVI; however, NDVI alone can be distorted by soil background, salinity, crop type and irrigation timing. Fourth, climate models and crop models provide future risk estimates but often lack local validation. Fifth, salinity, irrigation water availability and management practices are not always integrated with vegetation trends.

These gaps justify a combined methodology: (i) high-resolution cropland masking, (ii) multi-index vegetation and moisture analysis, (iii) climate and drought anomaly assessment, (iv) statistical trend and attribution analysis, and (v) validation with field, yield, salinity or administrative agricultural data.

3. Methodology Selection

Based on the literature review, five methodological alternatives were compared. The selected approach is not a single method but an integrated geospatial framework. It is chosen because it best fits the spatial heterogeneity of the Aral Sea region and the need to connect climate drivers with cropland response at district scale.

Table 2. *Methodology selection matrix for the Kegeyli–Bozataw cropland study.*

Methodological option	Strengths	Weaknesses	Key supporting sources	Decision
Climate/crop modelling only	Can estimate future yield and water demand under climate scenarios.	Requires detailed crop parameters and local calibration; less spatially explicit at field level.	Habib-Ur-Rahman et al. (2022); Conrad et al. (2016); Veldkamp et al. (2026)	Use as background, not as the main method.
Single-index NDVI trend analysis	Simple, transparent and comparable with many Central Asian studies.	NDVI saturation, soil/salinity effects and crop-rotation confusion.	Patel et al. (2021); Zhang et al. (2023); Huang et al. (2017)	Use, but only as one component.
Machine-learning cropland classification	Allows annual cropland masks and crop/non-crop separation.	Requires training data and accuracy assessment.	Basukala et al. (2017); Kadirov et al. (2022); Gao et al. (2021)	Selected as preprocessing step.
Multi-index RS + climate trend analysis	Captures vegetation vigor, moisture stress, heat/drought anomalies and trends.	Requires careful preprocessing and interpretation.	Dubovyk (2017); Jiang et al. (2024); Tangjialeke et al. (2024); Makhmudova et al. (2023)	Selected as the core method.

RS + field/yield/salinity validation	Links satellite patterns to real agricultural outcomes.	Depends on availability and quality of local data.	Metternicht and Zinck (2003); Khamidov et al. (2022); Mamatkulov et al. (2023)	Selected for validation and interpretation.

4. Proposed Materials and Methods

4.1. Study area

The proposed study area includes croplands of Kegeyli and Bozataw districts in the Aral Sea region of the Republic of Karakalpakstan, Uzbekistan. The districts are part of the lower Amu Darya delta environment, where agriculture depends on irrigation water, canal networks, drainage conditions and soil salinity management. The region is characterized by an arid to semi-arid climate, high summer temperatures, strong evaporation, frequent water deficit and increasing exposure to dust and salt transport from the desiccated Aral Sea bed. These conditions make the area suitable for analyzing how climate stress is reflected in vegetation productivity and cropland stability.

4.2. Data sources

Table 3. *Recommended data sources for the geospatial climate-impact assessment.*

Data group	Recommended dataset	Spatial/temporal role	Purpose in analysis
Optical satellite imagery	Sentinel-2 L2A; Landsat 8/9; optional HLS	10–30 m; 2017–2025 or longer with Landsat	Vegetation, moisture and salinity-sensitive indicators; crop phenology and anomalies.
SAR satellite imagery	Sentinel-1 GRD VV/VH	10 m; all-weather observations	Cropland/irrigated land masking and support in cloudy/dusty periods.
Thermal data	MODIS LST or Landsat thermal products	1 km / 30–100 m depending on dataset	Heat stress, TCI and VHI calculation.
Climate data	ERA5-Land, CHIRPS, TerraClimate or local station data	Daily/monthly; 0.05°–0.25° or station-based	Temperature, precipitation, ETo, drought anomalies and SPEI/meteorological indices.
Land-cover/reference data	ESA WorldCover, Dynamic World, Esri Sentinel-2 Land Cover Explorer, local cadastral/cropland boundaries	10 m to administrative units	Training data and cropland-mask refinement.
Agricultural validation data	District yield statistics, crop calendar, field samples, salinity maps, irrigation/drainage data	Field/district level	Validation and interpretation of satellite-derived stress patterns.

4.3. Pre-processing workflow

All satellite images should be processed in Google Earth Engine to ensure reproducibility. Sentinel-2 L2A scenes are filtered by the crop-growing season and masked for clouds, cirrus and

cloud shadows using the scene classification layer or QA bands. Landsat surface reflectance data can be harmonized with Sentinel-2 where longer time series are needed, following the logic of HLS and cross-sensor harmonization studies by Claverie et al. (2025), Chastain et al. (2023) and Frantz et al. (2024).

Seasonal composites should be created for the main agricultural phases: early growth, peak vegetation, late season and post-harvest/fallow. Median or percentile composites reduce cloud and dust noise. Administrative boundaries of Kegeyli and Bozataw are used to clip outputs, while cropland masks are used to remove non-agricultural surfaces. All datasets should be resampled or aggregated to a common analysis grid, preferably 10 m or 30 m for mapping and district-level summary statistics.

4.4. Cropland masking and classification

Before assessing climate impact, annual cropland extent must be delineated. The recommended classification approach is Random Forest in Google Earth Engine using Sentinel-2 spectral bands, vegetation indices, seasonal metrics and Sentinel-1 VV/VH backscatter. Training samples can be derived from local land-use maps, high-resolution visual interpretation, field points or reliable land-cover products. The output classes should at minimum distinguish active cropland, fallow/bare agricultural land, natural vegetation, settlement, water and salt/barren surfaces. Accuracy assessment should use independent validation samples and report overall accuracy, producer/user accuracy and F1-score. Only pixels classified as active or potential cropland should be used in the climate-impact analysis.

4.5. Vegetation, moisture, drought and salinity indicators

Table 4. *Selected indicators for detecting climate-related cropland stress.*

Indicator	Formula / basis	Meaning	Expected climate signal	Notes
NDVI	(NIR – Red) / (NIR + Red)	Crop greenness and biomass proxy	Lower values during drought, heat stress, salinity or failed irrigation	Core indicator; compare seasonal anomalies.
EVI	2.5 × (NIR – Red) / (NIR + 6Red – 7.5Blue + 1)	Vegetation vigor with reduced atmospheric/soil influence	Useful in dense vegetation and high-biomass stages	Complements NDVI saturation issues.
NDMI / LSWI	(NIR – SWIR1) / (NIR + SWIR1)	Canopy and soil moisture condition	Declines under water stress and high evaporation	Strong for irrigation stress detection.
SAVI / MSAVI	Soil-adjusted vegetation index	Vegetation signal in sparse/bare-soil conditions	Useful in early season and saline/bare soil mosaics	Recommended for arid croplands.
VCI	(NDVIi – NDVImin) / (NDVImax – NDVImin) × 100	Vegetation condition anomaly	Low values identify vegetation drought stress	Requires multi-year NDVI baseline.

TCI	(LSTmax – LSTi) / (LSTmax – LSTmin) × 100	Thermal stress anomaly	Low values indicate heat stress	Use MODIS/Landsat thermal data.
VHI	0.5 × VCI + 0.5 × TCI	Combined vegetation and temperature stress	Low VHI marks drought/heat-affected cropland	Can be mapped by month/season.
SPEI / climate drought index	Precipitation minus potential evapotranspiration anomaly	Meteorological drought pressure	Negative values indicate drought conditions	Calculate at 1-, 3- and 6-month scales.
Salinity-sensitive indices	NDSI or selected spectral salinity indices; optional ML salinity model	Direct/indirect salinity stress	Higher salinity suppresses vegetation and productivity	Validate with soil salinity maps/samples.

4.6. Trend, anomaly and attribution analysis

For each year and season, zonal statistics should be calculated for croplands in Kegeyli and Bozataw: mean, median, standard deviation, minimum, maximum and percent area under stress classes. Multi-year baselines are then used to calculate anomalies of NDVI, EVI, NDMI, VCI, VHI, ETo and precipitation. A negative vegetation anomaly during periods of high temperature, low precipitation or high ETo is interpreted as a potential climate stress signal, but interpretation must consider irrigation, crop type and salinity.

Trend detection should use the non-parametric Mann-Kendall test and Sen's slope estimator because these methods are robust for non-normal environmental time series and widely used in the reviewed Central Asian vegetation studies. Trends should be mapped pixel-wise and summarized by district, irrigation zone or crop type. Pixel classes may include stable productive cropland, improving cropland, declining cropland, highly variable cropland and persistent stress zones.

Attribution should be performed through correlation and lag analysis between crop indicators and climate variables. For example, NDVI or NDMI anomalies at peak season can be correlated with temperature, precipitation, ETo, SPEI and LST anomalies for the same month and the preceding 1–3 months. Multiple regression, Random Forest variable importance or geographically weighted regression can then identify whether vegetation stress is more strongly related to heat, drought, salinity proxy, or irrigation/land-cover change.

4.7. Validation and uncertainty control

Validation should be carried out at two levels. First, the cropland classification map must be validated using independent reference points and standard accuracy metrics. Second, climate-impact indicators must be evaluated against field observations, district yield data, crop calendars, salinity maps, irrigation-water availability or expert interpretation. Because yield can be affected by crop type, management and inputs, validation should not rely on yield alone. Uncertainty should be discussed in relation to cloud/dust

contamination, mixed pixels, sensor harmonization, climate-data resolution, changing crop rotations and the limited availability of field data.

4.8. Methodological workflow

Table 5. *Proposed geospatial workflow for the article.*

Workflow step	Operation
Step 1	Collect district boundaries, cropland/land-use references, Sentinel-2, Landsat/HLS, Sentinel-1, climate and validation data.
Step 2	Preprocess images: cloud/shadow masking, seasonal compositing, harmonization and clipping to Kegeyli–Bozataw.
Step 3	Classify annual croplands using Random Forest and validate the cropland mask.
Step 4	Calculate NDVI, EVI, NDMI/LSWI, SAVI/MSAVI, VCI, TCI, VHI, SPEI/ETo and salinity-sensitive indicators.
Step 5	Generate seasonal and annual anomaly maps and compute zonal statistics for each district and cropland class.
Step 6	Apply Mann-Kendall/Sen slope trend analysis and classify stable, improving, declining and stress-prone croplands.
Step 7	Use correlation, lag regression or Random Forest attribution to link crop response with temperature, precipitation, ETo, drought and salinity proxies.
Step 8	Validate outputs with field/yield/salinity/irrigation data and prepare final maps, tables and recommendations.

5. Expected Results and Interpretation Framework

The proposed methodology should produce four main groups of results. The first group is a set of annual cropland maps for Kegeyli and Bozataw, showing active cropland, fallow land and non-agricultural surfaces. These maps are necessary to separate climate-related vegetation response from simple land-use conversion. The second group is vegetation-health and moisture-stress maps, including seasonal NDVI, EVI, NDMI, VCI and VHI anomalies. These outputs will show where crop vigor declines during hot or dry years and where vegetation remains stable despite climate stress due to irrigation or better soil-water conditions.

The third result group is trend and vulnerability mapping. Mann-Kendall and Sen's slope outputs will identify croplands with persistent decline, improvement or high variability. Areas with repeated negative vegetation anomalies, low NDMI, high LST/low TCI and high salinity proxy values can be classified as climate-vulnerable croplands. The fourth group is statistical attribution, which will quantify relationships between crop indicators and climate variables. If NDMI and VHI correlate more strongly with ETo and temperature than with precipitation, heat and evaporative demand may be considered dominant stressors. If vegetation decline is spatially aligned with salinity proxies and drainage constraints, climate change may be interpreted as acting through secondary salinization and water-management stress.

For practical use, results can be translated into management zones: (1) stable productive croplands, (2) climate-sensitive but recoverable croplands, (3) salinity- or water-stress-prone croplands, and (4) croplands requiring priority adaptation measures. Recommended adaptation measures may include water-saving irrigation, drainage improvement, salt-tolerant crop selection, optimized crop

calendars and targeted monitoring of fields with repeated negative anomalies.

6. Discussion

The selected methodology is consistent with the dominant direction of recent literature in the Excel matrix: remote sensing combined with statistical trend analysis and climate interpretation. It improves on simple NDVI trend studies by including cropland classification, moisture and thermal indicators, salinity proxies and validation. It also improves on climate-model-only approaches by producing spatially explicit maps that can be used by district-level planners and agricultural managers.

At the same time, several limitations must be acknowledged. First, satellite-derived stress does not automatically equal yield loss; management decisions, crop type, fertilizer, pests and irrigation timing can create similar spectral patterns. Second, climate datasets such as ERA5, CHIRPS or TerraClimate may not fully capture local irrigation microclimates and canal-water distribution. Third, saline soils and bare fields can create spectral confusion, particularly in early season and after harvest. Fourth, Kegeyli and Bozataw may differ in irrigation infrastructure and land-management history, so district comparison should be interpreted with local context. These limitations reinforce the need for validation and local expert review.

The methodological novelty of the proposed article is the integration of climate stress, cropland masks and multi-index satellite indicators specifically for Kegeyli and Bozataw districts. The approach can be implemented in Google Earth Engine and ArcGIS/QGIS, making it replicable and scalable for the wider lower Amu Darya and South Aral Sea region.

7. Conclusion

The literature review confirms that climate change affects croplands in the Aral Sea region through interconnected heat, drought, evapotranspiration, salinity and land-use pathways. For Kegeyli and Bozataw districts, the most appropriate methodology is an integrated geospatial framework based on annual cropland masking, multi-temporal Sentinel/Landsat vegetation indicators, climate and drought indices, salinity-sensitive variables, trend analysis and validation with field or official agricultural data. The selected methodology can identify not only whether cropland vegetation is changing, but also where changes are concentrated and which climate-related drivers are most likely responsible. This makes the approach suitable for developing district-level adaptation recommendations and supporting climate-smart agriculture planning in the South Aral Sea region.

References

1. Muhammad Habib-Ur-Rahman et al.. (2022). Impact of Climate Change on Agricultural Production in Asia.
2. Olena Dubovyk. (2017). Role of Remote Sensing in Land Degradation Assessment.
3. Bohović. (2016). Vegetation Phenology Trends in Central Asia (1982–2011).
4. Basukala et al.. (2017). Mapping Irrigated Croplands in Uzbekistan.
5. Aleksandra Wolanin, Gustau Camps-Valls, Luis Gómez-Chova, Gonzalo Mateo-García, Christiaan van

der Tol, Yongguang Zhang, Luis Guanter. (2019). Estimation of crop gross primary productivity (GPP) using Sentinel-2 and Landsat 8 remote sensing combined with radiative transfer model simulation and machine learning.

6. Mukhammadkhon Khamidov, Aziz Inamov, Utkir Islomov, Zokhid Mamatkulov. (2023). Application of advanced computer technologies in determination of irrigation regimes for cotton in water-scarce areas.

7. Global Green Growth Institute (GGGI). (2025). Climate-Smart Agriculture Models for the Aral Sea Region,2025,Global Green Growth Institute (GGGI),"Karakalpakstan (Bozataw, Kegeyli, Chimbay, Karauzyak)",CSA demonstrations.

8. L. Jiang et al.. (2024). Assessing vegetation resilience and vulnerability to hydrological drought in Central Asia (includes Amu Darya delta),2024,L. Jiang et al.,Central Asia.

9. J.-P. Deroin et al.. (2025). Use of Remote Sensing Data to Study the Aral Sea Basin in Central Asia—Geoscience and Geological Hazards,2025,

10. J.-P. Deroin et al.,Aral Sea Basin,Comprehensive RS overview with environmental drivers affecting agriculture,"Multi-sensor RS synthesis (optical/SAR), geoscience hazards context", "Synthesizes RS methods applicable to cropland monitoring (salinity, dust, water stress) relevant to Aral Sea margins.",Journal article (Remote Sensing), https://www.mdpi.com/2072-4292/17/16/2814,Indirect (methods).

11. U. Makhmudova et al.. (2023). Evaluation of perennial reference evapotranspiration (ETo) and vegetation parameters in Karakalpakstan, 2023,

12. U. Makhmudova et al.,Karakalpakstan (agricultural area), "ETo trends and vegetation (e.g., LAI) relationships under warming", Meteorological + RS vegetation metrics, Expansion of LAI substantially accelerated ETo in agricultural areas—higher crop water demand under climate change., Journal article,https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1642359323000241, Regional (Karakalpakstan).

13. R. Jaksibaev et al.. (2023). Vegetation monitoring in the South Aral Sea region by satellite images,2023,R. Jaksibaev et al.,South Aral Sea region (Uzbekistan),NDVI monitoring and interpretation thresholds,Sentinel/Landsat NDVI.

14. R. Boymurodov et al.. (2024). Monitoring LULC in the Khorezm oasis using Esri Sentinel-2 Land Cover Explorer,2024,

15. R. Boymurodov et al., "Khorezm oasis (downstream Amu Darya, adjacent to Karakalpakstan)", LULC change.

16. A. Kadirov et al. (PMC). (2022). Irrigated Crop Types Mapping in Tashkent Province of Uzbekistan Using Multi-Sensor Data,2022,

17. A. Kadirov et al. (PMC),Tashkent Province (method reference for Uzbekistan), Crop type classification, "Sentinel-1/2, Landsat.

18. E. Erdanaev. (2024). Classification of main irrigated crop

types using Landsat & Sentinel data (Doctoral thesis),2024,

19. E. Erdanaev, Central Asia / Uzbekistan focus, Operational crop classification for sustainable development, Landsat & Sentinel.

20. W. Tangjialeke et al.. (2024). Analysis of drought response thresholds and the effect of climate on vegetation in Central Asia,2024,W. Tangjialeke et al.,Central Asia,Drought thresholds.

21. Patel et al.. (2021). Climatic Change and Human Activities Link to Vegetation Dynamics in the Aral Sea Basin Using NDVI.

22. Zhang et al.. (2023). Analysis of NDVI Trends and Driving Factors in the Buffer Zone of the Aral Sea.

23. Reyer et al.. (2024). Multivariate Analysis of Land Surface Dynamics in Central Asia: Patterns of Trends and Drivers under a Changing Climate.

24. Mirzabaev et al.. (2025). Land Degradation in Uzbekistan: Key Challenges and Sustainable Solutions.

25. Khamidov et al.. (2022). Assessment of Soil Salinity Changes under Climate Change in the Khorezm Region, Uzbekistan.

26. Singh et al.. (2025). Tracing the Impact of Irrigation Development on Aral Sea Desiccation and Land Use Dynamics Using Remote Sensing.

27. Hussain et al.. (2024). Analyzing Vegetation Health Dynamics across Seasons and Regions through NDVI and Climatic Variables.

28. Li et al.. (2020). Assessing Extreme Climatic Changes on a Monthly Scale and Their Implications for Vegetation in Central Asia.

29. Li et al.. (2024). Changes in Vegetation Phenology and its Response to Soil Moisture in the Dry Zone of Central Asia, 1982–2022.

30. Dubovyk et al.. (2013). Spatio-Temporal Analyses of Cropland Degradation in the Irrigated Lowlands of Uzbekistan using Remote Sensing and Logistic Regression.

31. Veldkamp et al.. (2026). Climate Change has Increased Crop Water Consumption in Central Asia despite Less Water-Intensive Cropping.

32. Tian et al.. (2021). Investigation of Crop Evapotranspiration and Irrigation Water Requirement in the Lower Amu Darya River Basin.

33. Guo et al.. (2020). Drought Risk Assessment in Cultivated Areas of Central Asia Using MODIS Time-Series Data.

34. Toshmatov et al.. (2024). Assessing Potential Impacts of Climate Change on Drought in Uzbekistan: Findings from RCP and SSP Scenarios.

35. Rakhmatova et al.. (2020). Analysis of Temperature Change in Uzbekistan and Regional Atmospheric Circulation 1961–2016.

36. Fallah et al.. (2024). Climate Change Impacts on Central Asia: Trends, Extremes and Future Projections.

37. Li et al.. (2019). Tracking Climate Change in Central Asia through Temperature and Precipitation Extremes.

38. Boyaj et al.. (2023). Anthropogenic Influence on Extreme Temperature and Precipitation in Central Asia.

39. Ibrahim et al.. (2025). Impact of Climate Change on Crop Yields in Uzbekistan's Agricultural Zones.

40. Bekchanov et al.. (2024). Can Domestic Wheat Farming Meet Climate Change-Induced Challenges of National Food Security in Uzbekistan?.

41. Aralova et al.. (2018). Drought Variability and Land Degradation in Central Asia: Assessment using Remote Sensing Data and Drought Indices.

42. Shen et al.. (2018). Remote Sensing-based Land Surface Change Identification and Prediction in the Aral Sea Bed, Central Asia.

43. Banks et al.. (2022). Impacts of the Desiccation of the Aral Sea on the Central Asian Dust Life-Cycle.

44. Rakhmatova et al.. (2025). Analysis of Sand and Dust Storm Activity in Central Asia for 2019–2023.

45. Claverie et al.. (2025). Harmonized Landsat and Sentinel-2 (HLS) Version 2.0 Surface Reflectance Dataset.

46. Chastain et al.. (2023). Landsat-7 ETM+, Landsat-8 OLI, and Sentinel-2 MSI Surface Reflectance Cross-Comparison and Harmonization.

47. Frantz et al.. (2024). Global Overview of Usable Landsat and Sentinel-2 Data 1982–2023.

48. Vicente-Serrano et al.. (2013). Drought Index SPEI and Vegetation Dynamics in Arid and Semi-Arid Regions: A Review.

49. Shi et al.. (2020). Spatiotemporal Changes in the Aral Sea and its Effect on the Surrounding Environment.

50. Jiang et al.. (2024). Assessing Vegetation Resilience and Vulnerability to Hydrological Drought in Central Asia.

51. Mamatkulov et al.. (2023). Monitoring Soil Salinity using Google Earth Engine and Machine Learning in Irrigated Lands of Uzbekistan.

52. Yusupov et al.. (2022). Land Surface Temperature and Vegetation Index Changes in Karakalpakstan (2000–2020).

53. Conrad et al.. (2016). Effects of Climate Change on Irrigated Agriculture in the Aral Sea Basin.

54. Chen et al.. (2021). Spatiotemporal Precipitation Variations in Arid Central Asia in the Context of Global Warming.

55. Li et al.. (2022). Greening and Browning Trends of Vegetation in Central Asia and Their Response to Climate Change.

56. Metternicht and Zinck. (2003). Remote Sensing of Soil Salinity: Potentials and Constraints.

57. Ahmad et al.. (2023). Crop Water Stress Detection Using Remote Sensing Techniques.

58. Gao et al.. (2021). Irrigated Area Mapping Using Sentinel-1 and Sentinel-2 Data in Google Earth Engine.

59. Xenarios et al.. (2019). Assessment of Climate Change Impacts on Water Resources and Agriculture in the Syr Darya River Basin.

60. Guo et al.. (2019). Land Cover Classification and Change Detection Analysis in the Aral Sea Basin.

61. Huang et al.. (2017). Vegetation Dynamics and Response to Climate Change and Human Activities in Central Asia.

62. Peng et al.. (2020). Assessing Response of Ecosystem Water Use Efficiency to Drought during and after Drought Events in Central Asia.

63. Indoitu et al.. (2019). MODIS-Based Vegetation Index Changes in the Aral Sea Region 2000–2016.

Hu et al.. (2021). Evaluation of ERA5 and CHIRPS Precipitation Data in Arid and Semi-Arid Regions of Central Asia.

GOOGLE EARTH ENGINE YORDAMIDA YER QOPLAMINI XARITALASH UCHUN MASHINA O‘RGANISH KLASSIFIKATORLARINI BAHOLASH (POP TUMANNI MISOLIDA)

Xakimov Alyorbek Karimjon o‘g‘li *- TIQXMMI Milliy tadqiqot universiteti, 70811601 – Yer resurslaridan foydalanish va boshqarish mutaxassisligi 1-bosqich magistranti*

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda O‘zbekistonning Pop tumani hududida (Namangan viloyati) yer qoplamasi klassifikatsiyasi Google Earth Engine (GEE) platformasida Sentinel-2 ko‘p spektral sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida amalga oshirildi. Klassifikatsiyada to‘rtta mashinali o‘rganish algoritmi — Random Forest (RF), Support Vector Machine ikkita yadro funksiyasi bilan (RBF va Linear) va Gradient Boost (GB) — taqqoslandi. Yer qoplami olti sinfga ajratildi: Daraxtzorlar, qurilish hududlari, yalang yerlar, suv havzalari, tog‘oldi yaylovlari va ekin maydonlari. Aniqlik baholash natijalari Random Forest algoritmining eng yuqori ko‘rsatkichlarni — 94,2% umumiy aniqlik va 0,92 Kappa koeffitsientini — ta’minlaganini ko‘rsatdi. SVM (RBF yadro) 93,48% aniqlik va 0,9200 Kappa bilan ikkinchi o‘rinni egalladi, Gradient Boost esa 91,3% aniqlik va 0,89 Kappa bilan uchinchi o‘rinda turdi. SVM (Linear yadro) 90,5% aniqlik va 0,88 Kappa ko‘rsatdi. Barcha algoritmlarda Kappa koeffitsientining 0,88 dan yuqori ekanligi klassifikatsiya natijalari ishonchliligining yuqori ekanligini tasdiqlaydi. Tadqiqot natijalari Random Forest algoritmining Sentinel-2 tasvirlari bilan birgalikda quruq iqlimli tog‘ va tekislik hududlarda yer qoplamasi xaritasini tuzishda eng samarali yondashuv ekanligini ko‘rsatdi. Olingan xaritalar qishloq xo‘jaligini rejalashtirish, suv resurslarini boshqarish va atrof-muhit monitoringi uchun muhim asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: yer qoplamasi klassifikatsiyasi; Random Forest; Support Vector Machine; Gradient Boost; Google Earth Engine; Sentinel-2; masofaviy zondlash; Pop tumani.

Abstract. In this study, land cover classification in the Pop district of Uzbekistan (Namangan region) was performed on the Google Earth Engine (GEE) platform based on Sentinel-2 multispectral satellite images. Four machine learning algorithms — Random Forest (RF), Support Vector Machine with two kernel functions (RBF and Linear), and Gradient Boost (GB) — were compared in the classification. Land cover was divided into six classes: Forests, construction areas, bare land, water bodies, foothill pastures, and croplands. The accuracy evaluation results showed that the Random Forest algorithm provided the highest performance — 94.2% overall accuracy and 0.92 Kappa coefficient. SVM (RBF kernel) ranked second with 93.48% accuracy and 0.9200 Kappa, while Gradient Boost ranked third with 91.3% accuracy and 0.89 Kappa. SVM

(Linear kernel) showed 90.5% accuracy and 0.88 Kappa. The fact that the Kappa coefficient is higher than 0.88 in all algorithms confirms the high reliability of the classification results. The results of the study showed that the Random Forest algorithm, combined with Sentinel-2 images, is the most effective approach for creating land cover maps in mountainous and plain areas with a dry climate. The resulting maps can serve as an important basis for agricultural planning, water resources management and environmental monitoring.
Keywords: land cover classification; Random Forest; Support Vector Machine; Gradient Boost; Google Earth Engine; Sentinel-2; remote sensing; Pop district.
Аннотация. В данном исследовании была проведена классификация типов землепользования в районе Поп Узбекистана (Наманганская область) на платформе Google Earth Engine (GEE) на основе мультиспектральных спутниковых снимков Sentinel-2. Для классификации сравнивались четыре алгоритма машинного обучения: случайный лес (RF), метод опорных векторов с двумя ядерными функциями (RBF и линейная) и градиентный бустинг (GB). Типы землепользования были разделены на шесть классов: леса, застроенные территории, незастроенные участки, водоемы, предгорные пастбища и сельскохозяйственные угодья. Результаты оценки точности показали, что алгоритм случайного леса продемонстрировал наилучшие результаты — общую точность 94,2% и коэффициент Каппа 0,92. Метод опорных векторов (ядро RBF) занял второе место с точностью 93,48% и коэффициентом Каппа 0,9200, а градиентный бустинг — третье с точностью 91,3% и коэффициентом Каппа 0,89. Метод опорных векторов (ядро линейной) показал точность 90,5% и коэффициент Каппа 0,88. Тот факт, что коэффициент Каппа во всех алгоритмах превышает 0,88, подтверждает высокую надежность результатов классификации. Результаты исследования показали, что алгоритм случайного леса в сочетании с изображениями Sentinel-2 является наиболее эффективным подходом для создания карт землепользования в горных и равнинных районах с сухим климатом. Полученные карты могут служить важной основой для сельскохозяйственного планирования, управления водными ресурсами и экологического мониторинга.
Ключевые слова: классификация землепользования; случайный лес; метод опорных векторов; градиентный бустинг; Google Earth Engine; Sentinel-2; дистанционное зондирование; район.

KIRISH

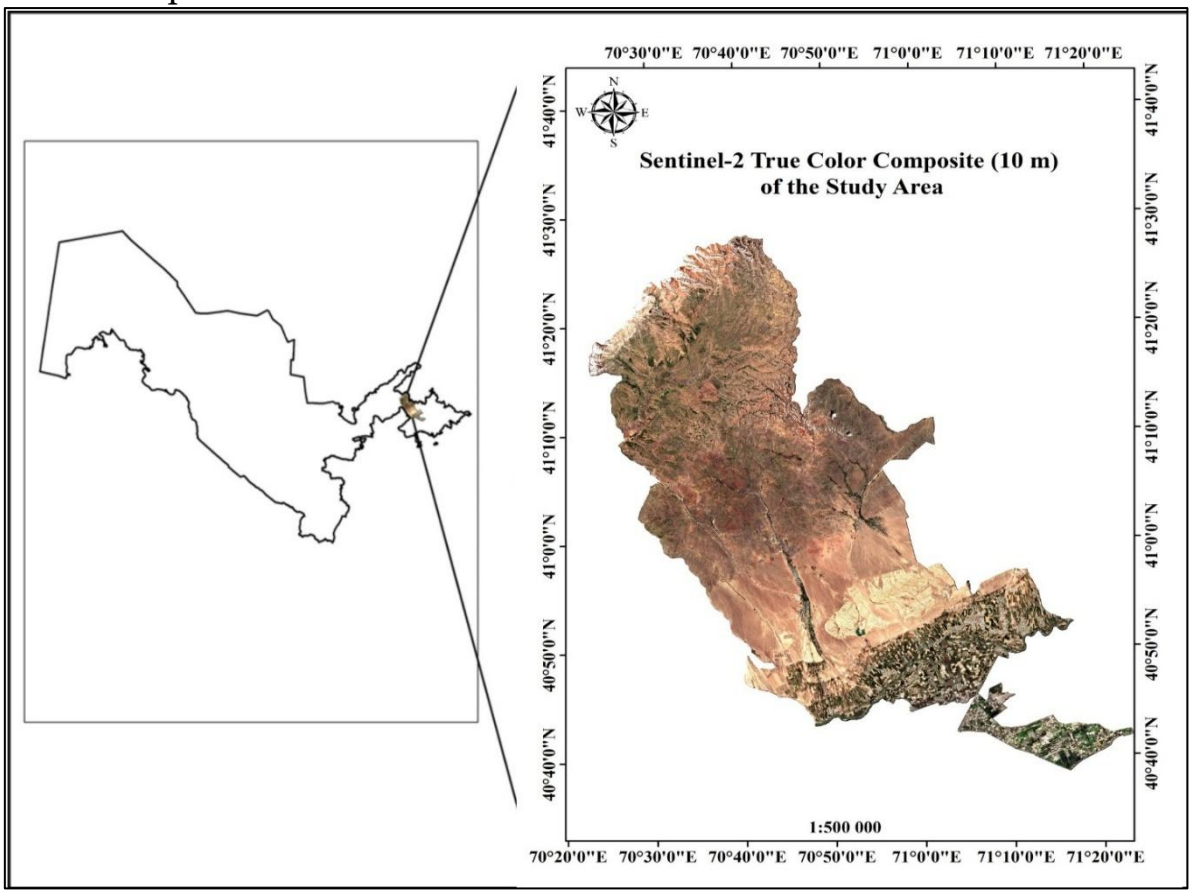
Iqlim va biosferadagi o‘zgarishlar yer qoplamining o‘zgarishi bilan chambarchas bog‘liq. Shu sababli, fazoviy jihatdan batafsil ma’lumotlari atrof-muhit gradiyentlaridagi o‘zgarishlar va inson faoliyati qanday bog‘liqligini tushunish uchun juda muhimdir[1]. Samarali yerdan foydalanish qoidalarini yaratish va atrof-muhitni muhofaza qilish maqsadida, yer uchastkalari o‘zgarishi haqida o‘z vaqtida va aniq ma’lumot berish juda muhimdir[2]. Sayyoramiz quruqlik maydonining uchdan bir qismini tashkil etuvchi o‘tloqlar quruqlik ekologiyasi uchun juda muhimdir. Masalan, Markaziy Osiyo cho‘llari va Sibir taygasi orasida joylashgan Mo‘g‘ulistonning ulkan

dasht ekosistemalari dunyodagi eng muhim ekotizimlardan biri hisoblanadi. Biroq, o‘tloqlar va ular qo‘llab-quvvatlaydigan chorvadorlar iqlim o‘zgarishi (masalan, isish tendentsiyasi, ekstremal iqlim hodisalarining ko‘payishi), yer qoplamining o‘zgarishi (masalan, yaylov zichligi va yo‘qlib borishi) va hukumat siyosatidagi o‘zgarishlar natijasida aziyat chekmoqda[3]. Yer qoplamini xaritalash va vaqt o‘tishi bilan yer qoplamidagi o‘zgarishlarni kuzatish uchun eng muhim manbalaridan biri masofadan turib zondlash ma’lumotlari hisoblanadi[4], [5]. Boshqa barcha mashina o‘rganish yondashuvlari bilan taqqoslaganda, SVM va RF Yer qoplamlarining o‘zgarishi tasnifi uchun eng samarali usullar hisoblanadi[6]. Biroq, Yer qoplamlarining o‘zgarishi tasnifining aniqligi sensor sifatiga va tasvir ma’lumotlari bilan bog‘liq jihatlarga, masalan, ishlov berish qurilma va dasturiy ta’minotiga, fazoviy va vaqtinchalik o‘lchamlarga va boshqalarga bog‘liq[7]. Yer qoplamalarining o‘zgarishi uchun XGBoost va SVM mashina o‘rganish modellari birlashtirish yaxshi natitjalar beradi[8]. Masofaviy zondlash bilan bog‘liq tadqiqotlar uchun eng mashhur platformalardan biri bu Google 2010-yilda ishga tushirgan Google Earth Engine (GEE) hisoblanadi. U katta miqdordagi geografik ma’lumotlar to‘plamlari va masofadan zondlash ma’lumotlarini saqlash, olish va tahlil qilish uchun mo‘ljallangan[9], [10], [11]. Yer qoplami turlarini tasniflashda ko‘p spektrli Sentinel-2 tasvirlari foydalanish aniqlikni oshiradi[12]. Markaziy Osiyo hududlarida, xususan O‘zbekiston sharoitida yer qoplamasini aniqlashda mashina o‘rganish algoritmlarining samaradorligini taqqoslash bo‘yicha tadqiqotlar yetarli darajada olib borilmoqda. Ayniqsa, Google Earth Engine platformasidan foydalangan holda Random Forest, Support Vector Machine va Gradient Boost va boshqalar algoritmlari qo‘lanilmoqda. Lekin Namangan viloyatining Pop tumani hududida Google Earth Engine platformasi va Sentinel-2 ma’lumotlari asosida mashina o‘rganish algoritmlarining samaradorligini taqqoslashga qaratilgan tadqiqotlar yetarli darajada olib borilmagan. Tadqiqot hududi sifatida Namangan viloyatining Pop tumani tanlab olindi. Ushbu hudud tabiiy va antropogen landshaftlarning xilma-xilligi bilan ajralib turadi hamda unda o‘simlik qoplami, qishloq xo‘jaligi yerlar, qurilish hududlari va yalang yerlar birgalikda uchraydi. Bu esa yer qoplamasini aniqlash va klassifikatsiya algoritmlarini baholash uchun qulay sharoit yaratadi. Bu tadqiqotning asosiy maqsadi Pop tumani hududida yer qoplamasini aniqlash va Google Earth Engine platformasida mashina o‘rganish algoritmlari, xususan Random Forest, Support Vector Machine va Gradient Boost usullarining samaradorligini taqqoslashdan iborat. Ushbu tadqiqotning ilmiy yangiligi shundan iboratki, unda Google Earth Engine platformasida Sentinel-2 sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida bir nechta mashina o‘rganish algoritmlari kompleks ravishda qo‘llanilib, ularning natijalari Pop tumani sharoitida o‘zaro taqqoslandi. Shuningdek, turli algoritmlarning aniqlik ko‘rsatkichlari (Overall Accuracy va Kappa koeffitsienti) asosida baholanib, eng samarali model aniqlab berishdan iborat

TADQIQOT HUDUDI

Pop tumani – O‘zbekistonning sharqiy qismidagi Namangan viloyatidagi ma’muriy tuman. Aholisi zich va intensiv qishloq xo‘jaligi bilan mashhur bo‘lgan unumdor Farg‘ona vodiysida u

mahalliy ma’muriyat va biznes markazi bo‘lib xizmat qiladi**.**



1-Rasm. Pop tumani, O'zbekiston Respublikasi Namangan viloyati.

Pop tumani Farg‘ona vodiysining sharqiy qismida joylashgan bo‘lib, ma’muriy jihatdan Namangan viloyatining g‘arbiy hududiga kiradi. Hududning relyefi xilma-xil bo‘lib, tumanning shimoliy qismi Chotqol tizmasi etaklariga tutashgan, janubiy qismlari esa asosan tekis qishloq xo‘jaligi hududlaridan iborat.

Mintaqa keskin kontinental iqlimga ega bo‘lib, yoz fasli issiq va quruq, qish esa nisbatan sovuq kechadi. Yillik yog‘in miqdori asosan qish va bahor fasllariga to‘g‘ri kelib, o‘rtacha 250–350 mm ni tashkil etadi.

Hududning tabiiy o‘simlik qoplami asosan dasht va yarim qurg‘oqchil o‘simliklar, butazorlar hamda tog‘oldi o‘simliklaridan iborat. Tuproq qoplami asosan unumdor kulrang tuproqlar bilan tavsiflanadi, bu esa qishloq xo‘jaligi faoliyati uchun qulay sharoit yaratadi.

Hududning katta qismi sug‘oriladigan dehqonchilikka jalb qilingan bo‘lib, asosan paxta, bug‘doy va bog‘dorchilik ekinlari yetishtiriladi.

Yer fondi ma’lumotlariga ko‘ra (2025-yil 1-yanvar holatiga), Pop tumani hududining asosiy qismini o‘rmon fondi yerlari (47,2%) va qishloq xo‘jaligi yerlari (44,3%) tashkil etadi. Shuningdek, sanoat, transport va boshqa maqsadlar uchun mo‘ljallangan yerlar 6,0%, suv fondi yerlari 2,0%, aholi punktlari yerlari 0,5%, tarixiy-madaniy ahamiyatga ega yerlar 0,07% hamda tabiatni muhofaza qilish va rekreatsiya yerlari 0,01% ni tashkil etadi.

Metodologiya

Tadqiqot Pop tumani hududida olib borildi. Tahlil uchun European Space Agency (ESA) tomonidan ishlab chiqilgan Copernicus Sentinel-2 SR Harmonized sun’iy yo‘ldosh tasvirlari

ishlatildi. Tasvirlar 2025-yil 1-yanvar — 31-dekabr oralig‘ida filtrlanib, bulutlilik darajasi 20% dan past bo‘lgan sahnalar tanlab olindi. Yillik mediana kompozit yaratildi va tadqiqot hududiga kesib olindi.

Yer qoplamasini aniqlash aniqligini oshirish maqsadida bir nechta spektral indekslar hisoblandi:

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – o‘simliklarni aniqlash uchun Sentinel-2 tasvirlarida NIR (B8) va RED (B4) bandlari asosida hisoblandi

$$NDVI \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$ [13].

NDBI (Normalized Difference Built-up Index) – qurilish hududlarini ajratish uchun

Bu indeks SWIR (B11) va NIR (B8) bandlari yordamida hisoblandi:

$$NDBI \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}$$ [13].

NDWI (Normalized Difference Water Index) – suv obyektlarini aniqlash uchun

Hisoblashda GREEN (B3**)** va NIR (B8) bandlari ishlatildi:

$$NDWI \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR}$$ [13].

Ushbu indekslar Sentinel-2 tasvirlariga qo‘shimcha bandlar sifatida biriktirildi va klassifikatsiya jarayonida foydalanildi. Klassifikatsiya uchun 6 ta yer qoplami sinfi tanlandi:

1. Daraxtzorlar
2. Qurilish hududlari
3. Yalang yerlar
4. Suv havzalari
5. Tog‘oldi yaylovlari
6. Ekin maydonlari

Har bir sinf uchun poligonlar asosida trening nuqtalari shakllantirildi. Ma’lumotlar tasodifiy ravishda 70% trening va 30% test to‘plamlariga ajratildi.

Support Vector Machine (SVM) algoritmining RBF kernelidan samarali foydalanish uchun kiruvchi ma’lumotlar normalizatsiya qilindi. Buning uchun har bir band bo‘yicha o‘rtacha qiymat va standart og‘ish hisoblanib, Z-score usuli qo‘llanildi.

Tadqiqotda uchta mashina o‘rganish algoritmi qo‘llanildi:

Random Forest (RF)

100ta nuqta olinib har bir qatlam uchun shu asosida ishlovchi algoritm bo‘lib, yuqori aniqlikni ko‘rastadi.

Support Vector Machine (SVM)

Ikki xil variantda sinovdan o‘tkazildi:

1. Default (linear kernel)
2. RBF kernel (gamma = 0.125, cost = 10)

Normalizatsiya qilingan ma’lumotlar bilan RBF modeli qo‘llanildi.

Gradient Boosting (GB)

Bunda ham 100tadan nuqta olindi. Bosqichma-bosqich yaxshilanib boradigan model, murakkab ma’lumotlarni aniqroq tasniflaydi.

Model natijalari quyidagi mezonlar asosida baholandi:

Overall Accuracy

Kappa koeffitsienti

Bu ko‘rsatkichlar orqali algoritmlar samaradorligi o‘zaro taqqoslandi.

Klassifikatsiya natijalari asosida har bir sinf uchun xaritalar tayorlandi.

Yakuniy klassifikatsiya xaritalari (RF, SVM, GB) Google Drive’ga GeoTIFF formatida eksport qilindi. Bu natijalar keyinchalik ArcGIS 10.8 dasturida vizualizatsiya va xaritalash uchun ishlatildi.

Natijalar

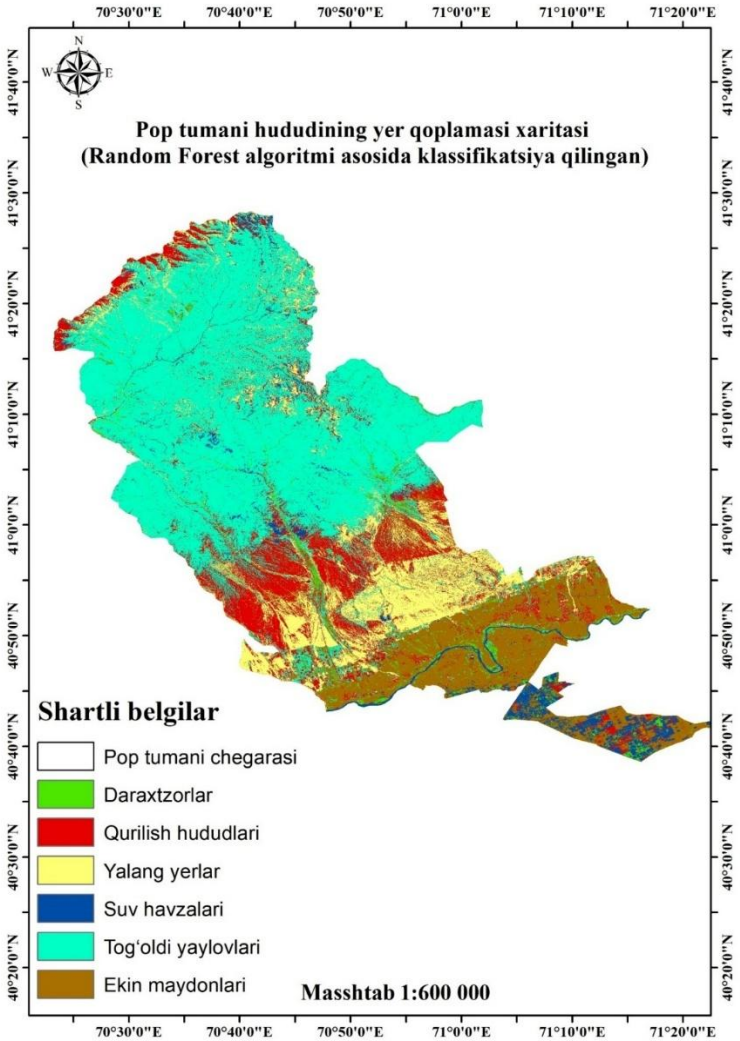
Ushbu tadqiqotda Pop tumani hududining yer qoplamasi Sentinel-2 sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida to‘rtta mashinaviy o‘rganish algoritmi — Random Forest (RF), Support Vector Machine (SVM) ikkita yadro funksiyasi bilan (RBF va Linear) va Gradient Boost (GB) — yordamida klassifikatsiya qilindi. Klassifikatsiya natijalari olti sinf bo‘yicha olib borildi: Daraxtzorlar, qurilish hududlari, yalang yerlar, suv havzalari, tog‘oldi

yaylovlari va ekin maydonlari. Barcha to‘rtta algoritm yuqori aniqlik ko‘rsatkichlarini namoyish etdi.

1-jadval. Mashinaviy o‘rganish algoritmlarining umumiy aniqlik va Kappa koeffitsienti asosida taqqoslanishi

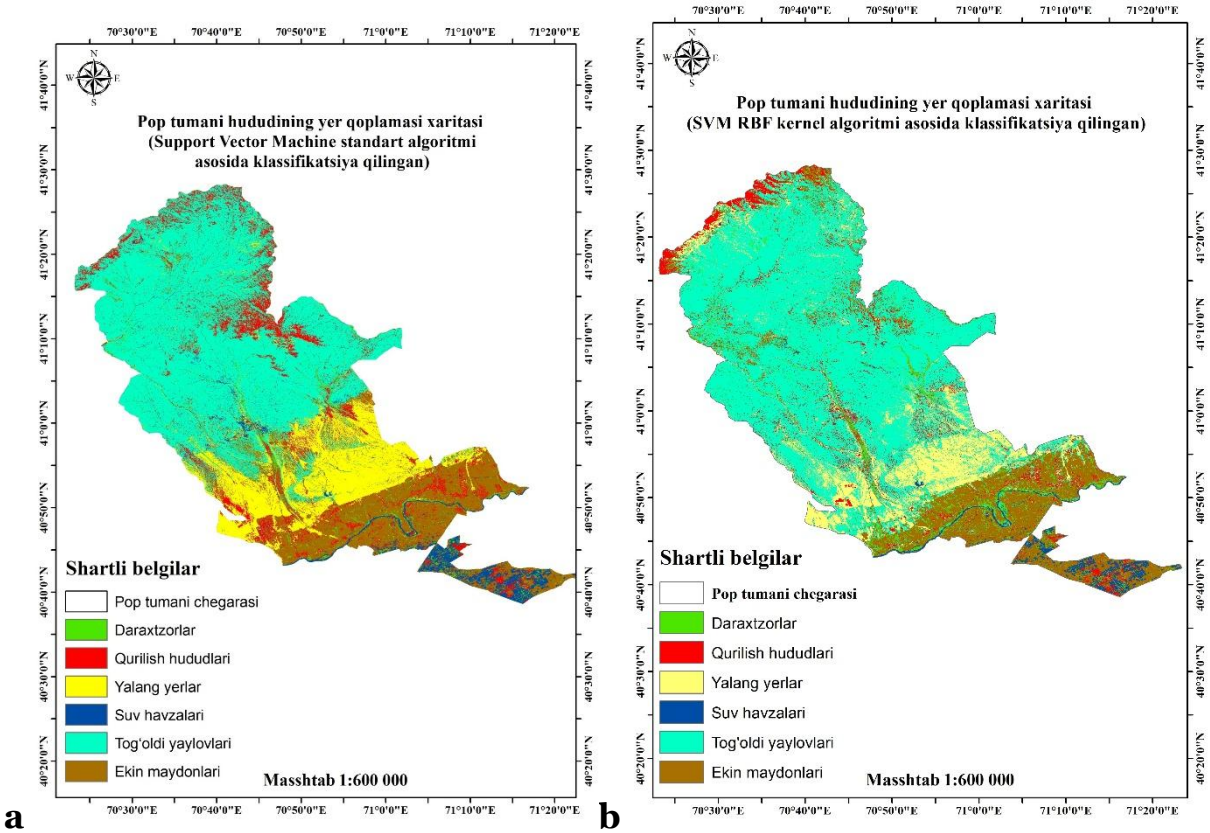
Algorithm	Overall Accuracy	Kappa Coefficient
Random Forest	0.94	0.92
SVM (RBF kernel)	0.93	0.92
Gradient Boost	0.91	0.89
SVM (Linear kernel)	0.90	0.88

Eng yuqori natijani Random Forest algoritmi ko'rsatdi — umumiy aniqlik 94,20% va Kappa koeffitsienti 0,9288 ga teng bo'ldi, bu esa algoritmning yer qoplamasi sinflarini tasodifiy to'g'ri ajrata olish qobiliyatining nihoyatda yuqori ekanligini bildiradi. Ikkinchi o'rinda SVM (RBF) algoritmi turdi — umumiy aniqlik 93,48% va Kappa 0,9200. Gradient Boost algoritmi 91,30% aniqlik va 0,8938 Kappa bilan uchinchi o'rinni egalladi. SVM (Linear yadro) esa to'rtta algoritm ichida nisbatan pastroq natija ko'rsatib, 90,58% aniqlik va 0,8844 Kappa qiymatini berdi. Kappa koeffitsientining barcha algoritmlarda 0,88 dan yuqori ekanligi klassifikatsiya natijalari tasodifiy taxminden sezilarli darajada ustunligini ko'rsatadi va barcha modellar qabul qilinishi mumkin bo'lgan ishonchlilik darajasida ishlagan deb xulosa qilish mumkin.



2-Rasm. Random Forest algoritmi asosida tuzilgan yer qoplamasi klassifikatsiya xaritasi (Pop tumani, 2025)

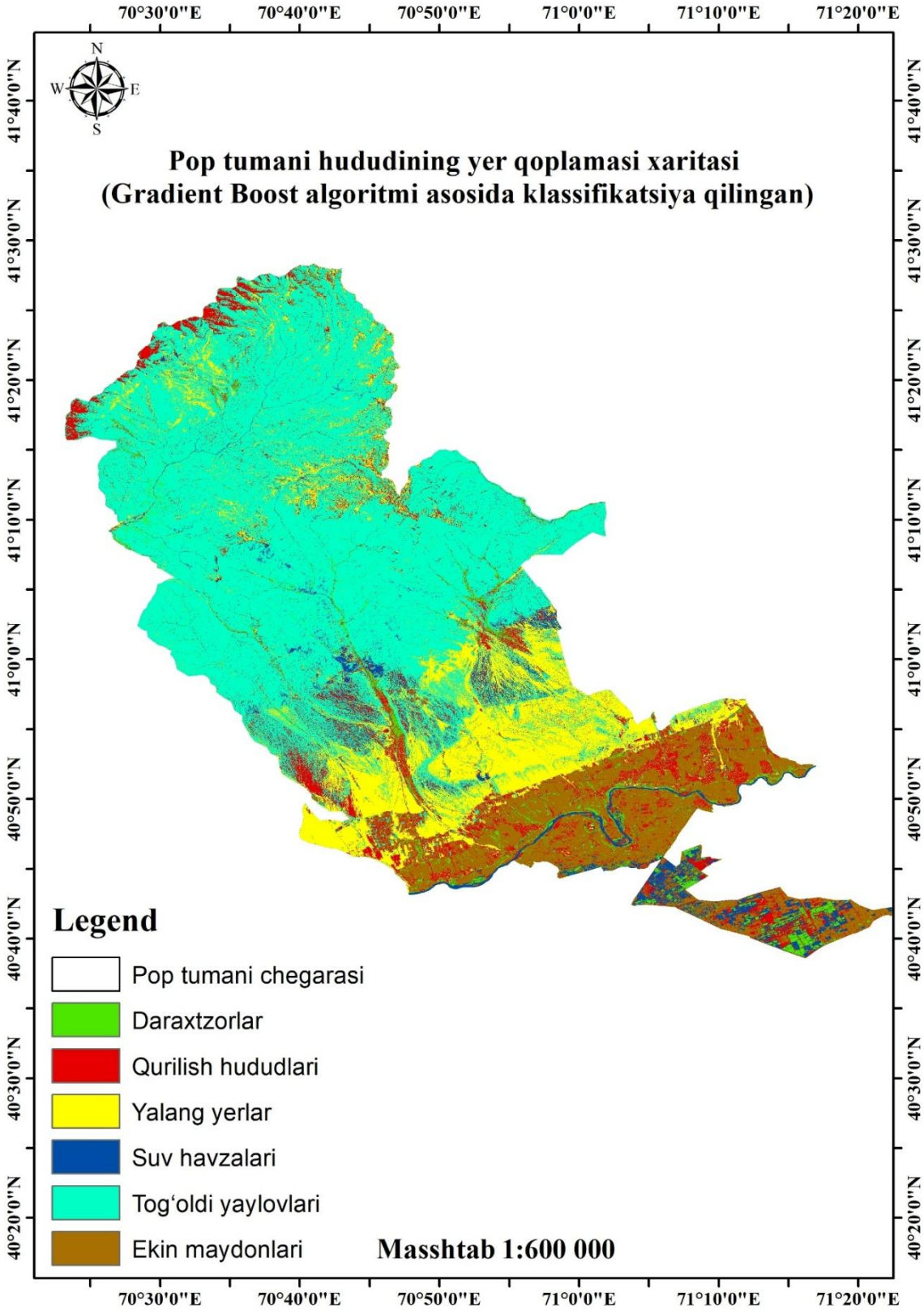
Random Forest algoritmi barcha algoritmlar ichida eng yuqori aniqlikni (94,20%) va Kappa koeffitsientini (0,9288) ko'rsatdi. Ushbu algoritm asosida tuzilgan xaritada (1-rasm) tog'oldi yaylovlari (moviy-yashil rang) hududning shimoliy va markaziy qismida ustuvorlik qilishi aniq ko'rinadi. Ekin maydonlari (jigarrang rang) sharqiy tekislik qismida yaxshi ajratilgan bo'lib, qurilish hududlari asosan voha bo'ylab tarqalgan.



a **b**

3-Rasm. Support Vector Machine (SVM) algoritmi asosida tuzilgan yer qoplamasi klassifikatsiya xaritasi (Pop tumani, 2025): a — Linear kernel; b — RBF kernel

SVM algoritmi ikki xil yadro funksiyasi bilan sinovdan o‘tkazildi. RBF yadro funksiyasi bilan SVM 93,48% aniqlik va 0,9200 Kappa ko‘rsatdi, bu RF dan biroz past bo'lsa-da, qabul qilinadigan yuqori natija hisoblanadi. Linear yadro bilan SVM esa 90,58% aniqlik va 0,8844 Kappa berdi. SVM algoritmi xaritasida (2-rasm) yalang yerlar va tog'oldi yaylovlari keng maydonlarni egalladi, ammo ba'zi sinflar o'rtasidagi chegaralarda aralashish kuzatildi.



4-Rasm. Gradient Boost algoritmi asosida tuzilgan yer qoplamasi klassifikatsiya xaritasi (Pop tumani, 2025)

Gradient Boost algoritmi 91,30% umumiy aniqlik va 0,8938 Kappa koeffitsienti ko'rsatdi. Kappa koeffitsientining 0,88 dan yuqori ekanligi barcha sinflarda klassifikatsiya sifati tasodifiy taxminden sezilarli darajada ustunligini tasdiqlaydi. Gradient Boost algoritmi xaritasida (3-rasm) sinflar chegaralari aniq ajratilgan bo'lib,

ayniqsa ekin maydonlari va yalang yerlar o'rtasidagi farq yaqqol ko'zga tashlanadi.

Xulosa qilib aytganda, Random Forest algoritmi Sentinel-2 ma'lumotlari asosida quruq iqlimli tog‘ va tekislik hududlarda yer qoplamasi klassifikatsiyasi uchun SVM va Gradient Boost algoritmlaridan ustunroq ekanligi tasdiqlandi

Muhokama (Discussion)

Ushbu tadqiqotda olingan natijalar Random Forest (RF) algoritmining Pop tumani yer qoplamasi klassifikatsiyasida eng yuqori aniqlik (94,20%) va Kappa koeffitsientini (0,9288) ta'minlaganligini ko'rsatdi. Bu natija ilmiy adabiyotlardagi mavjud tadqiqotlar bilan mos keladi. Xususan, Noi Phan va boshqalar[4]. Google Earth Engine platformasida RF algoritmi yordamida yer qoplamasi klassifikatsiyasida 90% dan yuqori aniqlikka erishganini qayd etgan bo'lib, bizning natijamiz ushbu ko'rsatkichdan yuqori ekanligi RF algoritmining Sentinel-2 ma'lumotlari bilan samarali ishlashini tasdiqlaydi. O'tkazgan keng qamrovli sharhda RF algoritmi turli landshaft sharoitlarida SVM va boshqa mashinali o'rganish algoritmlaridan doimiy ravishda ustun kelishini ko'rsatgan. Bizning tadqiqotimiz ham ushbu xulosani qo'llab-quvvatlaydi: RF 94,20% aniqlik bilan SVM RBF (93,48%), Gradient Boost (91,30%) va SVM Linear (90,58%) dan ustun chiqqan. SVM algoritmi RBF yadro funksiyasi bilan 93,48% aniqlik ko'rsatib, ikkinchi o'rinni egalladi. Bu natija Nigar va boshqalar[8]. tomonidan olib borilgan tadqiqot bilan qisman mos keladi: ular GEE platformasida SVM algoritmi murakkab yer qoplami turlarini ajratishda RF bilan raqobatlasha olishini, lekin ko'pincha biroz past natija berishini qayd etgan. RBF yadro funksiyasi chiziqsiz sinf chegaralarini modellashtirishda Linear yadroga nisbatan ancha samarali bo'ldi (93,48% va 90,58%). Bu farq Pop tumanidagi yer qoplama sinflari o'rtasidagi murakkab va chiziqsiz chegaralar mavjudligini ko'rsatadi. Gradient Boost algoritmi 91,30% aniqlik va 0,8938 Kappa koeffitsienti bilan uchinchi o'rinni egalladi. Cui va boshqalar[2] tomonidan ishlab chiqilgan AGTML yondashuvida turli boosting algoritmlari Sentinel tasvir ma'lumotlari bilan birgalikda yuqori aniqlik ko'rsatganligi qayd etilgan. Bizning tadqiqotimizda Gradient Boost nisbatan past natija ko'rsatishining sababi — bu algoritmning giperparametrlarni to'g'ri sozlashga ko'proq sezgir ekanligi bo'lishi mumkin. Kappa koeffitsienti 0,8938 ga teng bo'lganligi esa klassifikatsiya natijalari hali ham tasodifiy taxminden sezilarli darajada ustunligini tasdiqlaydi. Ushbu tadqiqotda Google Earth Engine (GEE) platformasidan foydalanish klassifikatsiya jarayonini sezilarli darajada osonlashtirdi. Pan va boshqalar[12]. GEE platformasida Sentinel-2 ko'p spektral tasvirlaridan foydalangan holda avtomatlashtirilgan yer qoplami xaritasini tuzish usulini taklif qilgan va yuqori aniqlikka erishgan. Bizning tadqiqotimiz ham ushbu yondashuvga asoslanib, Sentinel-2 tasvirlarining ko'p bantli ma'lumotlari RF algoritmiga o'quv ma'lumotlari sifatida uzatildi va yuqori sinf ajratish sifati ta'minlandi. GEE platformasidan foydalangan so'nggi tadqiqotlarni tahlil qilib, Sentinel-2 tasvirlarining 10 metrlik fazoviy o'lchamliligi mashinali o'rganish algoritmlarining aniqligini oshirishda muhim rol o'ynashini ta'kidlagan. Bizning tadqiqotimizda ham ushbu yuqori fazoviy o'lchamlilikning qurilish hududlari va ekin maydonlari kabi mayda sinflarni ajratishdagi ijobiy ta'siri yaqqol ko'zga tashlanadi.

Tadqiqotda bir qator cheklovlar mavjud. Birinchidan, klassifikatsiya faqat bitta vaqt nuqtasidagi tasvir asosida amalga oshirilgan bo'lib, mavsumiy o'zgarishlar hisobga olinmagan. Vaqt seriyali masofaviy zondlash ma'lumotlari yer qoplami klassifikatsiyasi aniqligini sezilarli darajada oshirishini ko'rsatgan. Kelajakdagi tadqiqotlarda ko'p vaqtli Sentinel-2 tasvirlaridan foydalanish klassifikatsiya sifatini yanada oshirishi mumkin.

Ikkinchidan, o'quv namunalari soni va taqsimoti klassifikatsiya aniqligiga bevosita ta'sir etadi. Cui va boshqalar[2]. o'quv namunalarini avtomatik yaratish usullari klassifikatsiya aniqligini oshirishi mumkinligini ko'rsatgan. Kelajakda Pop tumani uchun ko'proq namunalar to'plash orqali modellar sifatini yanada yaxshilash imkoniyati mavjud. Shuningdek, Lin va boshqalar[10] tomonidan taklif etilgan tez shaharlanayotgan hududlarda yer qoplami o'zgarishlarini monitoring qilish yondashuvi Pop tumanining rivojlanayotgan qismlariga ham qo'llash istiqbolli yo'nalish hisoblanadi. Umuman olganda, ushbu tadqiqot Google Earth Engine platformasida Sentinel-2 tasvirlari va mashinali o'rganish algoritmlarini birlashtirgan holda Pop tumani yer qoplamasi xaritasini yuqori aniqlikda tuzish mumkinligini isbotladi. Random Forest algoritmi barcha sinovlarda eng yuqori natijani ko'rsatib, ushbu mintaqa uchun tavsiya etiladigan usul sifatida e'tirof etildi.

Xulosa

Ushbu tadqiqotda O'zbekistonning Pop tumani hududida Sentinel-2 ko'p spektral sun'iy yo'ldosh tasvirlari va Google Earth Engine bulut hisoblash platformasi asosida to'rtta mashinali o'rganish algoritmi — Random Forest (RF), Support Vector Machine (SVM, RBF va Linear yadro funksiyalari), va Gradient Boost (GB) — yordamida olti sinfli yer qoplamasi klassifikatsiyasi amalga oshirildi. Tadqiqot natijalari quyidagi asosiy xulosalarga olib keldi:

Random Forest algoritmi barcha sinovlarda eng yuqori aniqlikni — 94,20% umumiy aniqlik va 0,9288 Kappa koeffitsientini — ko'rsatdi. Bu natija RF ning murakkab landshaft sharoitlarida, jumladan tog'oldi yaylovlari, ekin maydonlari va qurilish hududlarini bir vaqtda ajratishda yuqori ishonchlilik bilan ishlashini tasdiqlaydi.

SVM algoritmi RBF yadro funksiyasi bilan 93,48% aniqlik va 0,9200 Kappa ko'rsatib, ikkinchi o'rinni egalladi. RBF yadrosi chiziqsiz sinf chegaralarini modellashtirishda Linear yadroga (90,58%) nisbatan 2,90% yuqori aniqlik berdi, bu esa Pop tumani yer qoplami sinflari o'rtasidagi murakkab chegaralar mavjudligini ko'rsatadi.

Gradient Boost algoritmi 91,30% aniqlik va 0,8938 Kappa bilan uchinchi o'rinni egalladi. Barcha algoritmlarda Kappa koeffitsienti 0,88 dan yuqori bo'lganligi klassifikatsiya natijalari tasodifiy taxminden sezilarli darajada ustunligini va modellarning ishonchliligini tasdiqlaydigan muhim ko'rsatkich hisoblanadi.

Google Earth Engine platformasida Sentinel-2 tasvirlarining 10 metrlik fazoviy o'lchamliligi va ko'p bantli ma'lumotlari barcha algoritmlarda yuqori klassifikatsiya sifatini ta'minlashda hal qiluvchi rol o'ynadi. Ayniqsa, qurilish hududlari va ekin maydonlari kabi mayda, bir-biriga o'xshash sinflarni ajratishda Sentinel-2 ning yuqori fazoviy va spektral o'lchamliligi muhim ahamiyat kasb etdi. Tuzilgan yer qoplamasi xaritalarida tog'oldi yaylovlari Pop tumanining shimoliy va markaziy qismida keng maydonni egallashi, ekin maydonlari esa sharqiy tekislik

hududida to'planganligi aniqlandi. Bu natijalar mintaqaning agrar va ekologik holati to'g'risida muhim ma'lumot beradi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati shundan iboratki, taklif etilgan yondashuv — GEE platformasi va RF algoritmining kombinatsiyasi — O'zbekistonning boshqa tumanlarida ham yer qoplami xaritalarini tuzish va monitoring qilishda muvaffaqiyatli qo'llanishi mumkin. Ushbu xaritalar qishloq xo'jaligi rejalashtirish, suv resurslarini boshqarish va atrof-muhit monitoringi uchun qaror qabul qilish jarayonida muhim manba bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Kelajakdagi tadqiqotlarda ko'p vaqtli Sentinel-2 tasvirlaridan foydalanish, o'quv namunalari miqdorini oshirish va chuqur o'rganish (Deep Learning) algoritmlarini qo'llash orqali klassifikatsiya aniqligini yanada oshirish imkoniyati mavjud. Bundan tashqari, ushbu metodologiyani qo'shni Farg'ona vodiysi tumanlariga tatbiq etish mintaqaviy miqyosda yer qoplamasi o'zgarishlarini kuzatish uchun istiqbolli yo'nalish hisoblanadi.

Foydalanilagan adabiyotlar

[1] C. Gómez, J. C. White, and M. A. Wulder, “Optical remotely sensed time series data for land cover classification: A review,” *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 116, pp. 55–72, Jun. 2016, doi: 10.1016/J.ISPRSJPRS.2016.03.008.

[2] Y. Cui *et al.*, “AGTML: A novel approach to land cover classification by integrating automatic generation of training samples and machine learning algorithms on Google Earth Engine,” *Ecol. Indic.*, vol. 154, p. 110904, Oct. 2023, doi: 10.1016/J.ECOLIND.2023.110904.

[3] T. Noi Phan, V. Kuch, and L. W. Lehnert, “Land Cover Classification using Google Earth Engine and Random Forest Classifier—The Role of Image Composition,” *Remote Sensing 2020, Vol. 12, Page 2411*, vol. 12, no. 15, p. 2411, Jul. 2020, doi: 10.3390/RS12152411.

[4] T. Noi Phan, V. Kuch, and L. W. Lehnert, “Land Cover Classification using Google Earth Engine and Random Forest Classifier—The Role of Image Composition,” *Remote Sensing 2020, Vol. 12, Page 2411*, vol. 12, no. 15, p. 2411, Jul. 2020, doi: 10.3390/RS12152411.

[5] D. P. Roy *et al.*, “Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research,” *Remote Sens. Environ.*, vol. 145, pp. 154–172, Apr. 2014, doi: 10.1016/J.RSE.2014.02.001.

[6] S. Talukdar *et al.*, “Land-Use Land-Cover Classification by Machine Learning Classifiers for Satellite Observations—A Review,” *Remote Sensing 2020, Vol. 12, Page 1135*, vol. 12, no. 7, p. 1135, Apr. 2020, doi: 10.3390/RS12071135.

[7] J. S. Deng, K. Wang, Y. H. Deng, and G. J. Qi, “PCA-based land-use change detection and analysis using multitemporal and multisensor satellite data,” *Int. J. Remote Sens.*, vol. 29, no. 16, pp. 4823–4838, Aug. 2008, doi: 10.1080/01431160801950162.

[8] A. Nigar, Y. Li, M. Y. Jat Baloch, A. F. Alrefaei, and M. H. Almutairi, “Comparison of machine and deep learning algorithms using Google Earth Engine and Python for land classifications,” *Front. Environ. Sci.*, vol. 12, p. 1378443, May 2024, doi:

10.3389/FENVS.2024.1378443/TEXT.

[9] B. Alshehri, Z. Zhang, and X. Liu, "A Review of Google Earth Engine for Land Use and Land Cover Change Analysis: Trends, Applications, and Challenges," *ISPRS International Journal of Geo-Information 2025, Vol. 14, Page 416*, vol. 14, no. 11, p. 416, Oct. 2025, doi: 10.3390/IJGI14110416.

[10] L. Lin *et al.*, "Monitoring Land Cover Change on a Rapidly Urbanizing Island Using Google Earth Engine," *Applied Sciences 2020, Vol. 10, Page 7336*, vol. 10, no. 20, p. 7336, Oct. 2020, doi: 10.3390/APP10207336.

[11] A. Atesoglu, H. B. Ozel, T. Varol, M. Cetin, B. U. Baysal, and F. S. Bulut, "Monitoring Land Cover/Use Conversions in Türkiye Wetlands Using Collect Earth," *Journal of the Indian Society of Remote Sensing 2024 53:6*, vol. 53, no. 6, pp. 1979–1994, Feb. 2025, doi: 10.1007/S12524-024-02111-W.

[12] X. Pan, Z. Wang, G. Feng, S. Wang, and S. Samiappan, "Automated mapping of land cover in Google Earth Engine platform using multispectral Sentinel-2 and MODIS image products," *PLoS One*, vol. 20, no. 4, p. e0312585, Apr. 2025, doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0312585.

[13] I. D. Shandu, S. Xulu, and M. Gebreslasie, "Enhancing land cover classification in the heterogeneous landscape by integrating auxiliary data with Sentinel-2 imagery using the random forest algorithm," *Frontiers in Remote Sensing*, vol. 6, p. 1697897, Jan. 2026, doi: 10.3389/FRSEN.2025.1697897/TEXT

URBAN EXPANSION AND VEGETATION LOSS ANALYSIS IN NAMANGAN USING SENTINEL-2 IMAGERY (2020–2025)

Alyorbek Khakimov - *Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers National Research University, Tashkent, Uzbekistan*
E-mail: a_xakimov@tiiame.uz

Abstract. Rapid urban growth across Central Asia has triggered widespread land cover transformation, with green areas giving way to impervious surfaces at an accelerating pace. This study examines land cover dynamics in Namangan city, Uzbekistan, over a five-year period (2020–2025) by applying Sentinel-2 multispectral satellite imagery processed on the Google Earth Engine platform. Two spectral indices—the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Normalized Difference Built-up Index (NDBI)—were derived to quantify changes in vegetated and built-up surfaces. Land cover mapping was conducted using four supervised machine learning classifiers: Random Forest (RF), Support Vector Machine (SVM), Gradient Boosting Tree (GBT), and K-Nearest Neighbor (KNN). Classifier performance was evaluated through overall accuracy and the Kappa coefficient. Among the four models, SVM achieved the strongest results, with an overall accuracy of 0.97 and a Kappa coefficient of 0.95. Vegetation loss was delineated by identifying pixels where NDVI dropped below the 0.3 threshold between the two study periods. The analysis revealed a measurable expansion of built-up land and a corresponding contraction of vegetated areas, with the most pronounced changes

concentrated in the northern and eastern outskirts of the city. These findings offer spatially explicit evidence to inform green infrastructure planning and sustainable land management in Namangan and comparable medium-sized cities across Central Asia. Key limitations include the absence of field-validated ground truth for vegetation loss detection and the relatively short temporal scope of the study.
Keywords: urban expansion; vegetation loss; Sentinel-2; NDVI; NDBI; land cover change; Google Earth Engine; machine learning classification; Central Asia

Introduction. Land cover transformation driven by urban growth ranks among the most consequential environmental processes at the global scale, converting farmland and vegetated areas into built-up surfaces at rates that outpace natural recovery. Across Central Asia, population growth and economic development are fueling rapid city expansion, placing mounting pressure on peri-urban green spaces and agricultural land. Monitoring these spatial shifts is critical for informing sustainable city planning, environmental impact assessment, and evidence-based land governance. Satellite-based remote sensing, combined with spectral index analysis, has emerged as a powerful and cost-effective method for tracking land cover change over broad areas and multiple time periods(Herbei et al., 2026). Impervious surface expansion reduces infiltration, elevates surface temperatures, and fragments urban ecosystems, making rigorous quantification of built-up growth essential for proactive urban green space management(Jiang et al., 2025). The progressive replacement of vegetated land by hard surfaces also amplifies the urban heat island effect and may exacerbate local climate variability(Agbelade, 2025). Remote sensing studies have documented these dynamics across diverse cities, revealing that urbanization consistently reshapes land use patterns and generates novel environmental challenges(Haxhiu & Aliaj, n.d.). Thermal remote sensing integrated with GIS analysis further enables the assessment of surface temperature gradients associated with impervious surface growth(Gizem Gümüş & Gümüş, 2025). Among spectral indicators, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) is one of the most widely adopted metrics for mapping live vegetation in multispectral imagery, providing reliable estimates of canopy cover and vegetation health across scales(Labib et al., 2020). Its counterpart, the Normalized Difference Built-up Index (NDBI), is routinely applied in urban research to delineate constructed surfaces, track the footprint of urban expansion, and analyze the spatial intensity of built-up zones by amplifying the spectral contrast between impervious materials and natural cover. Integrating both indices with machine learning classifiers has proven effective for producing detailed land use and land cover maps, while maintaining ecological interpretability(Tempa et al., 2024). Satellite data have also been shown to capture vegetation functional properties beyond urban boundaries, though the strength of spectral–ecological relationships may diminish in hyper-arid irrigated cities where vegetation cover is sparse and thermally dominated by the built environment(Faqeih et al., 2025; Le Saint et al., 2024)

Namangan, located in the Fergana Valley of eastern Uzbekistan, is one of the country's largest cities and has

undergone notable demographic and infrastructural growth in recent decades. Despite its ecological significance and accelerating built-up expansion, the city remains underrepresented in peer-reviewed remote sensing literature, with few studies systematically quantifying land cover change and vegetation loss at fine spatial resolution. This gap limits the availability of spatially explicit, evidence-based data needed to guide local urban planning decisions. To address this, the present study pursues three objectives: (1) to map land cover across the Namangan study area for 2025 using Sentinel-2 imagery and multiple machine learning classifiers; (2) to compute and compare NDVI and NDBI indices for 2020 and 2025 in order to characterize changes in vegetated and built-up surfaces; and (3) to delineate zones of vegetation loss over the five-year interval. The results are intended to provide a spatially grounded scientific foundation for green infrastructure planning and sustainable urban development in Namangan and similar transitional cities throughout Central Asia.

Study Area. Namangan is situated in Namangan Region within the northern reaches of the Fergana Valley, at the confluence of the North Fergana Canal and the Namangansoy River, at an elevation of approximately 450–476 meters above sea level. According to official land cadastre records for 2025, the administrative territory of Namangan city covers 4,739 hectares (approximately 47.4 km²), while the broader Namangan district encompasses around 19,885 hectares.

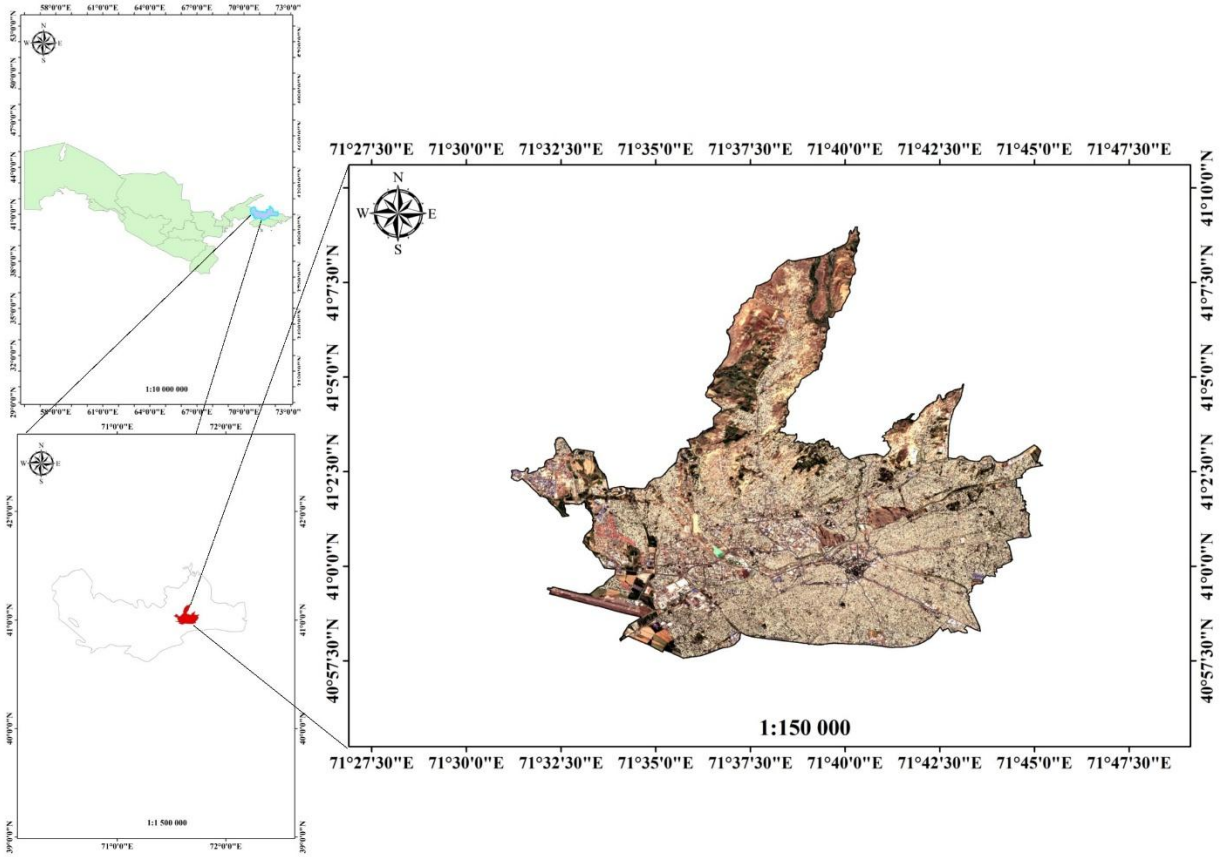


Figure 1. Study area map showing the location and spatial extent of Namangan in eastern Uzbekistan within the Fergana Valley.

Namangan lies approximately 200 km southeast of the national capital Tashkent (roughly 300 km by road) and is geographically defined by the coordinates 41°00′N and 71°10′E.

This figure represents a year-on-year rise of 9.2 persons/km² compared to the 2023 value of 406.8. Across districts, Namangan city recorded the highest density at 4,694.7 persons/km², followed by Namangan district (973.0), Turakurgan (917.4), and Naryn (843.8), while Pop district (81.6) and Chust district (306.6) had the lowest values. The study area experiences a continental climate, with dry, hot summers and cold winters. July mean temperatures fall in the range of 26–28 °C, while January averages −2 to −3 °C, yielding an annual mean of 13–14 °C. Total annual precipitation is limited, averaging 180–220 mm, with the bulk occurring during spring. Terrain is relatively flat, typical of alluvial valley settings, with elevations spanning 450–480 m above sea level. The Namangansoy River and the North Fergana Canal provide critical water resources that support both irrigated agriculture and urban water supply in the surrounding area.

Data. Sentinel-2 Level-2A multispectral imagery served as the primary data source for mapping land cover and monitoring vegetation change in the Namangan study area. All image acquisition and preprocessing were performed within the Google Earth Engine (GEE) cloud computing environment. Scenes from two reference years—2020 and 2025—were selected, with only images exhibiting cloud cover below 20% retained to ensure radiometric reliability. The 10 m spatial resolution of Sentinel-2 bands made it well suited to detecting fine-scale land cover patterns in an urban context. Two spectral indices were derived from the imagery: NDVI, used to delineate and assess the density of vegetated surfaces, and NDBI, employed to highlight built-up and impervious areas. Four supervised machine learning classifiers—Random Forest (RF), Support Vector Machine (SVM), Gradient Boosting Tree (GBT), and K-Nearest Neighbor (KNN)—were applied for land cover classification. Post-classification spatial analysis and cartographic output were produced using ArcGIS 10.8.

Methodology. The analytical workflow comprised four sequential stages: image preprocessing, spectral index computation, supervised land cover classification, and vegetation loss detection. Sentinel-2 imagery was ingested and processed through GEE, where cloud and shadow contamination were mitigated using the QA60 quality assessment band. Only acquisitions with less than 20% cloud cover were included in the analysis.

Following preprocessing, NDVI and NDBI were calculated from the cloud-masked composites.

$$\text{NDVI}\,\frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

served as the primary indicator of vegetated surface cover,

$$\text{NDBI}\,\frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}$$

while NDBI was applied to enhance the spectral signal of impervious and built-up areas, including roads and rooftops. These indices were incorporated as additional input features to improve classifier discrimination between land cover types.

A median pixel composite was generated from all qualifying 2025 scenes to minimize residual noise and represent stable surface conditions. Ground reference samples were then collected for four thematic land cover categories: vegetation, built-up areas, water bodies, and bare/barren land.

All four classifiers—RF, SVM, GBT, and KNN—were trained using 70% of the reference samples, with the remaining 30% reserved for independent

validation. Classification performance was evaluated through confusion matrix analysis, from which overall accuracy (OA) and the Kappa coefficient (κ) were derived. Vegetation loss was subsequently quantified by cross-comparing NDVI layers from 2020 and 2025: pixels with NDVI above 0.3 in 2020 that fell below this threshold in 2025 were classified as vegetation loss zones, consistent with established practice in arid and semi-arid remote sensing contexts.

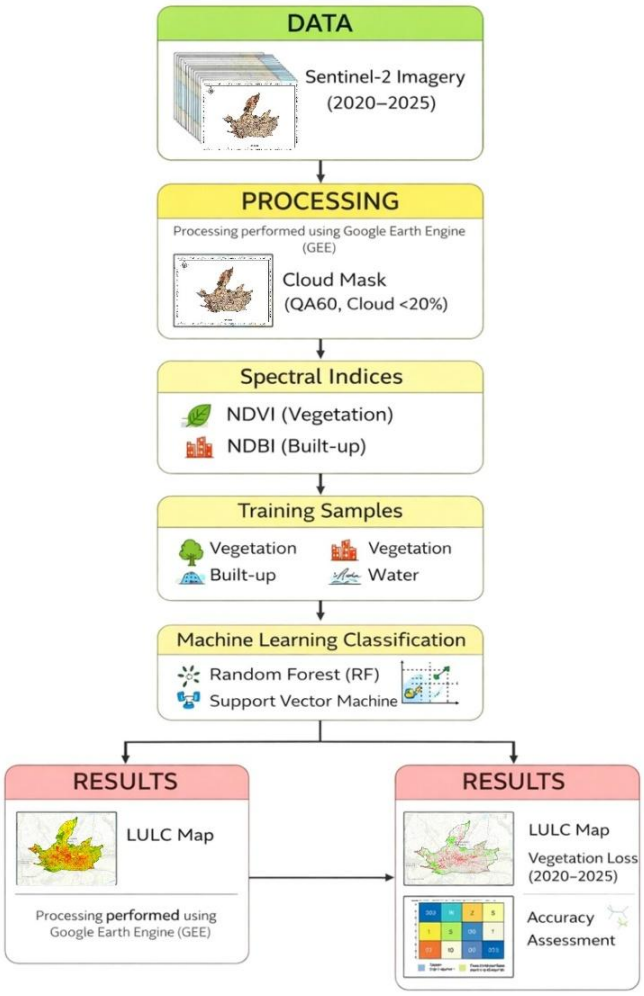
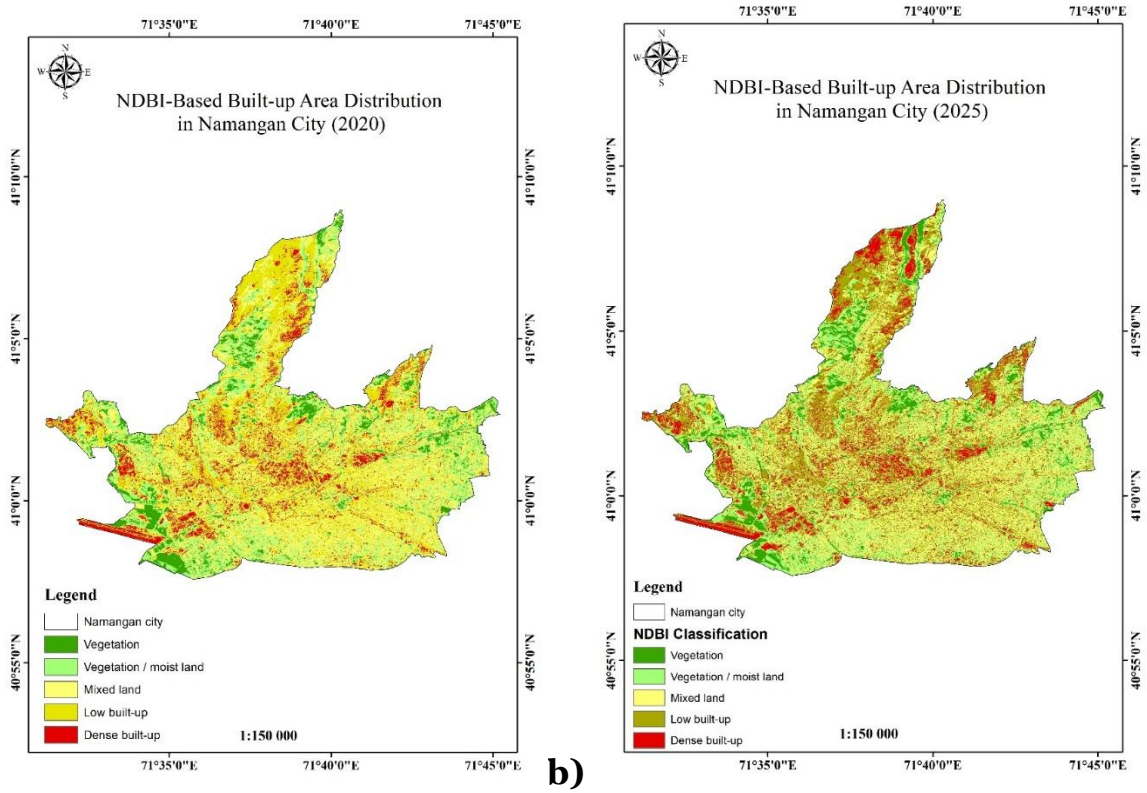


Figure 2. Methodological framework illustrating the sequential steps of the study: Sentinel-2 image acquisition and preprocessing, spectral index derivation (NDVI and NDBI), supervised land cover classification using Random Forest (RF), Support Vector Machine (SVM), Gradient Boosting Tree (GBT), and K-Nearest Neighbor (KNN), accuracy assessment, and vegetation loss detection between 2020 and 2025

3. Results. This section presents the key outputs of the analysis, covering spectral index dynamics, land cover classification performance across all four machine learning models, and the spatial pattern of vegetation loss between 2020 and 2025.

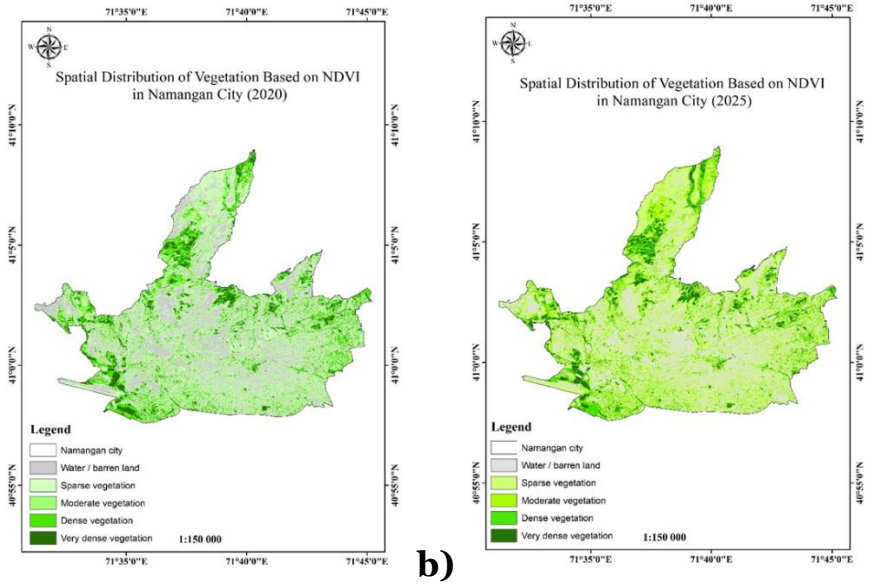
Spectral Indices Analysis.



a) b)

Figure 3. Spatial distribution of built-up areas derived from the NDBI index in Namangan City for (a) 2020 and (b) 2025, showing the expansion of dense built-up zones and reduction of vegetation and mixed land areas

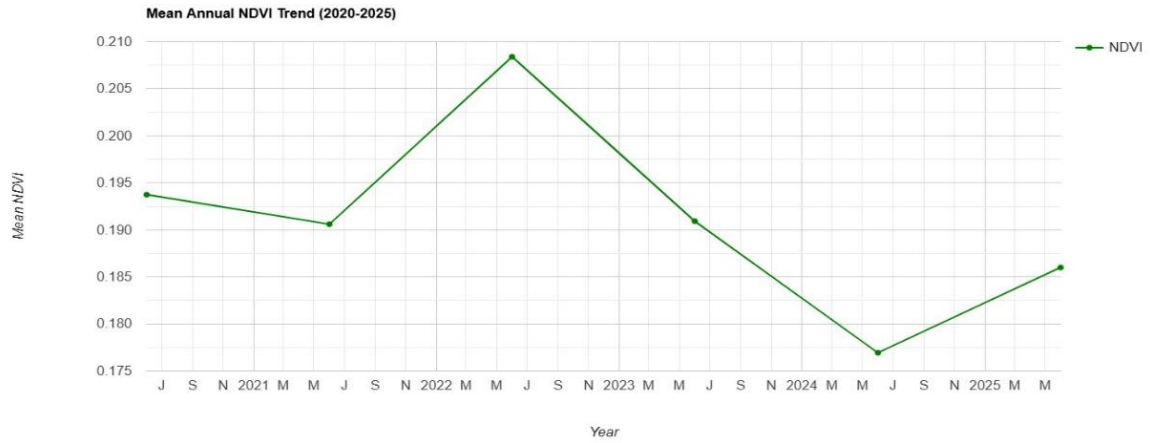
The NDBI maps indicate a clear expansion of built-up surfaces between 2020 and 2025. Pixels with high NDBI values—associated with dense impervious cover—occupied a noticeably larger spatial extent in 2025, with the most pronounced growth observed in the northern and eastern parts of the city. Intensification of construction activity was also apparent within already-developed central districts.



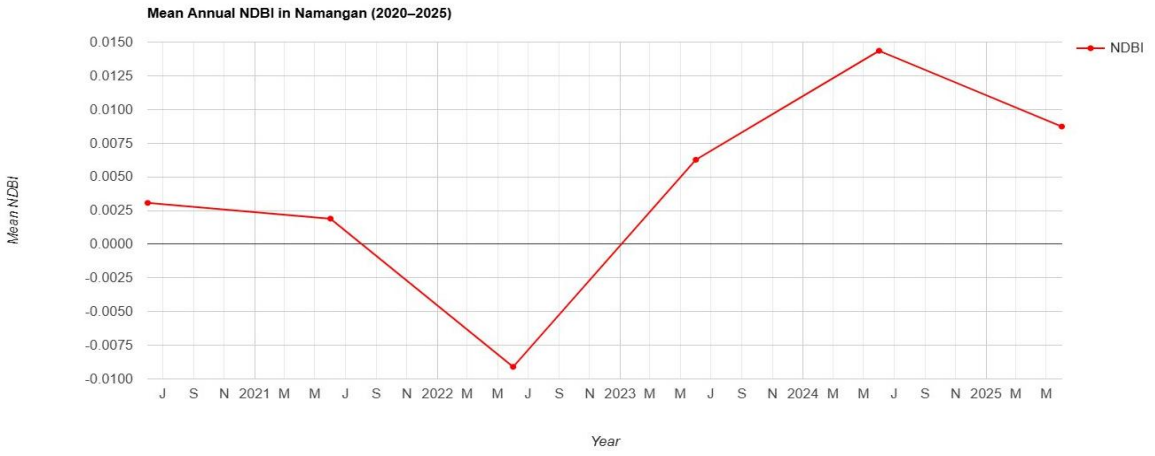
a) b)

Figure 4. Spatial distribution of vegetation derived from NDVI in Namangan City for (a) 2020 and (b) 2025, showing changes in vegetation density and the expansion of sparsely vegetated areas.

Comparing NDVI maps across the two time points reveals a marked contraction of vegetated land across Namangan and its adjacent areas. Zones characterized by NDVI values exceeding 0.3—indicative of dense, healthy canopy—shrank substantially over the study period, with losses concentrated in peri-urban areas where green and cultivated land has been progressively converted for construction and infrastructure development.



a)



b)

Figure 5. Temporal trends of mean annual NDVI (a) and NDBI (b) values across the Namangan study area between 2020 and 2025, derived from Sentinel-2 imagery. NDVI values indicate a general decline in vegetation cover, while NDBI values show an upward trend from 2023 onward, reflecting the expansion of impervious built-up surfaces.

Land Cover Classification

Supervised land cover classification was carried out on Sentinel-2 imagery within GEE. Spectral indices (NDVI and NDBI) were incorporated alongside raw spectral bands as input features to strengthen the separability of classes.

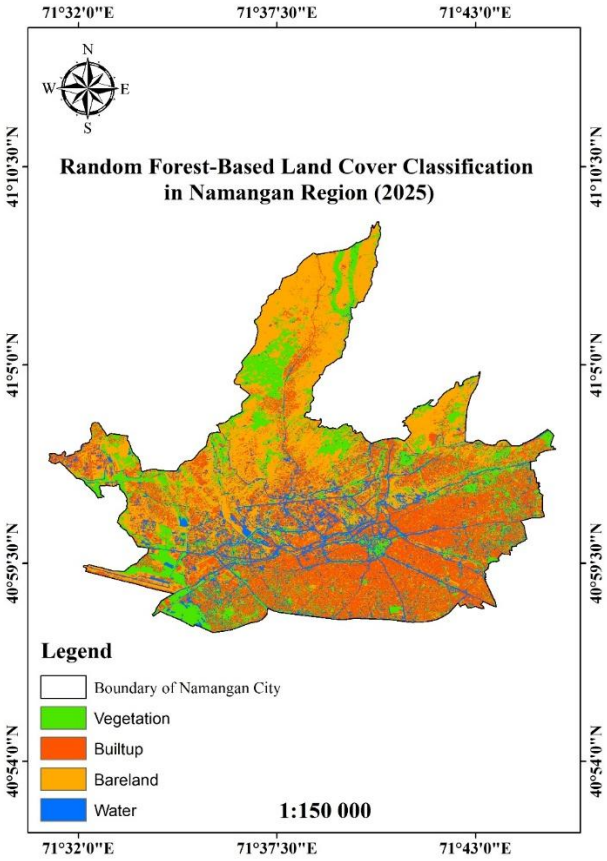


Figure 6. Land cover classification map of Namangan City for 2025 derived from Sentinel-2 imagery using the Support Vector Machine (SVM) classifier, showing the spatial distribution of vegetation, built-up areas, water bodies, agricultural land, and barren ground.

Reference training samples for all four classifiers were collected through visual interpretation of high-resolution imagery and field knowledge, targeting the primary land cover types present in the study area.

Five land cover categories were mapped: vegetation, water bodies, urban/built-up areas, vacant land, and agricultural land. NDVI and NDBI were integrated as supplementary features to enhance discrimination between vegetation, water, and impervious surfaces. The resulting classification maps reveal a well-defined spatial arrangement of land cover types, with vegetation and cultivated land occupying large portions of the study extent, urban fabric concentrated around the city core and transport corridors, water bodies confined to river channels and reservoirs, and sparse or bare land distributed across transitional peri-urban zones. The classification output provides a quantitative basis for assessing vegetation dynamics, monitoring built-up expansion, and tracking land use transitions across the study area.

Accuracy Assessment of Machine Learning Models

Table 1. Accuracy assessment results of machine learning classifiers

	Classifier	Overall Accuracy	Kappa Coefficient
	Random Forest	0.92	0.91
	SVM	0.97	0.95
	GBT	0.94	0.92
	KNN	0.94	0.92

Classifier accuracy was assessed using overall accuracy (OA) and the Kappa coefficient (κ). All four models exceeded the 0.90 OA threshold considered acceptable for remote sensing applications. SVM delivered the best performance, with OA = 0.97 and κ = 0.95, confirming its suitability for high-dimensional spectral classification tasks with limited training data. GBT and KNN both achieved OA = 0.94 and κ = 0.92, reflecting strong agreement between the classified maps and the reference dataset. RF recorded OA = 0.92 and κ = 0.91, a result that, while marginally lower than the other models, still represents robust classification performance and offers added value through its interpretable feature importance outputs. Given its superior accuracy metrics, SVM was selected as the primary classifier for further spatial analysis in this study.

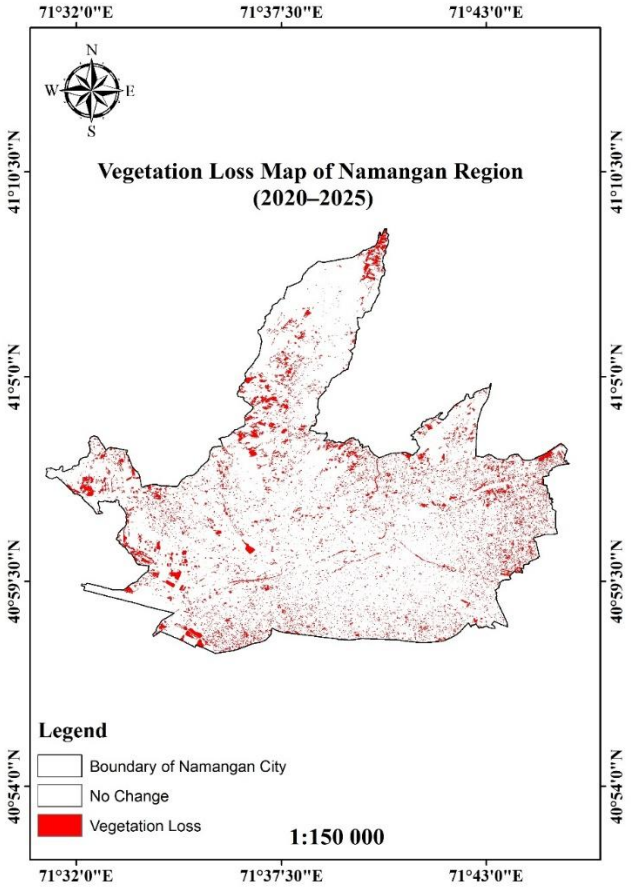


Figure 7. Spatial distribution of vegetation loss in Namangan City between 2020 and 2025, identifying areas where NDVI declined below the 0.3 threshold, corresponding to zones of urban encroachment on previously vegetated land.

The vegetation loss map highlights substantial green space conversion across the Namangan study area between 2020 and 2025. Loss is most concentrated along the urban fringe, where outward expansion of the built-up zone has absorbed previously cultivated fields and green corridors. A strong spatial overlap between vegetation loss zones and areas of elevated NDBI confirms that impervious surface growth is the primary driver of green space decline in this setting.

Discussion

The findings of this study demonstrate that Namangan experienced measurable built-up expansion

between 2020 and 2025, accompanied by a corresponding reduction in vegetated land cover. These dynamics align with broader urbanization patterns reported across Central Asian cities, where population pressure and infrastructure investment are reshaping land use at accelerating rates(Hatcher & Thieme, 2016; Schmidt & Sagynbekova, 2008).

All four classifiers achieved OA above 0.90, validating the effectiveness of Sentinel-2 data combined with spectral indices for urban land cover mapping in this regional context. The strong performance of SVM (OA = 0.97, κ = 0.95) is consistent with its established ability to handle high-dimensional feature spaces and maintain reliable outputs even when training samples are limited (Halder et al., 2011; Pourghasemi et al., 2020; Salberg & Jenssen, 2012; Yousefi et al., 2020). The marginally lower accuracy of RF (OA = 0.92) does not undermine its value; RF provides interpretable feature importance rankings that can help identify which spectral bands and indices contribute most to class separation(Halder et al., 2011; Salberg & Jenssen, 2012; Yousefi et al., 2022).

The NDVI threshold of 0.3 applied for vegetation loss detection is widely used in dryland and semi-arid settings, where lower thresholds risk conflating sparse herbaceous cover with bare soil. However, this criterion is sensitive to inter-annual phenological variability, and future work should investigate time-series approaches or seasonally adjusted thresholds to reduce detection uncertainty. The absence of field-validated land use records for the vegetation loss layer represents the principal limitation of the current analysis, as spatial patterns rely entirely on spectral-threshold logic rather than verified ground observations.

The five-year analytical window captures recent land cover dynamics but is insufficient to characterize long-term urbanization trajectories. Extending the time series back to the early 2000s using Landsat archive data would provide a more complete picture of how Namangan's built-up footprint has evolved over several decades. Additionally, the analysis does not capture intra-urban green infrastructure such as street trees and parks, which may partially offset peripheral vegetation losses. From a planning perspective, the spatial concentration of green space decline identified here underscores the need for protective mechanisms within Namangan's urban master plan. Targeted interventions—such as riparian vegetation corridors along the Namangansoy River and ecological buffer zones flanking the North Fergana Canal—could serve as practical instruments for mitigating the environmental consequences of continued urbanization.

Conclusion

This research applied four supervised machine learning classifiers to Sentinel-2 multispectral imagery to map land cover and quantify built-up expansion and vegetation loss in Namangan city, Uzbekistan, over the period 2020–2025. The principal conclusions are as follows:

1. All four classifiers exceeded an OA of 0.90, with SVM achieving the highest accuracy (OA = 0.97, κ = 0.95), confirming that medium-resolution Sentinel-2 data combined with spectral indices can reliably support urban land cover mapping in Central Asian settings.
2. Temporal comparison of NDVI and NDBI layers showed a consistent spatial pattern of shrinking vegetated cover and expanding impervious surfaces between 2020 and 2025, with

changes most concentrated in the northern and eastern outskirts of the city.

3. Spatial co-occurrence of vegetation loss and high-NDBI zones confirms that land conversion from green to built-up surfaces is the dominant mechanism driving green space contraction in the study area.

4. The spatially explicit outputs of this study offer a practical evidence base for urban planners and environmental authorities in Namangan to design and prioritize green infrastructure investments aligned with sustainable development objectives. Recommended directions for future research include multi-decadal time series analysis using Landsat data (e.g., 2000–2025), incorporation of field-validated training samples, and integration of socioeconomic drivers to deepen understanding of land use change dynamics across the broader Fergana Valley.

References

Agbelade, A. D. (2025). Analyzing the influence of urban vegetation cover on land surface temperature in Southwestern Nigeria. *Discover Environment 2025 3:1*, *3*(1), 10-. https://doi.org/10.1007/s44274-025-00186-x

Faqeih, K. Y., Alamri, S. M., Alamery, E. R., Aldubehi, M. A., Al-Khalil, O. M., & Fadl, M. E. (2025). Spatiotemporal analysis and mapping of LULC changes and thermal environment variations in Al Khobar, Saudi Arabia using remote sensing techniques. *Frontiers in Environmental Science*, *13*, 1732839. https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1732839

Gizem Gümüş, M., & Gümüş, K. (2025). Assessment of the impact of impervious surface increase on urban heat island and vegetation by remote sensing and statistical analysis: the case of Türkiye/Niğde city center (2013-2024). *Turkish Journal of Remote Sensing*, *7*(1), 69–90. https://doi.org/10.51489/tuzal.1663695

Halder, A., Ghosh, A., & Ghosh, S. (2011). Supervised and unsupervised landuse map generation from remotely sensed images using ant based systems. *Applied Soft Computing*, *11*(8), 5770–5781. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2011.02.030

Hatcher, C., & Thieme, S. (2016). Institutional transition: Internal migration, the propiska, and post-socialist urban change in Bishkek, Kyrgyzstan. *Urban Studies*, *53*(10), 2175–2191. https://doi.org/10.1177/0042098015587252

Haxhiu, L., & Aliaj, B. (n.d.). *Urban Change Detection in Tirana, Albania (2000-2025) Using Remote Sensing and Open Geospatial Data*. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W13-2025-143-2025

Herbei, M. V., Badea, A. C., Radu, S. M., Lorinţ, C., Herbei, R. C., Bertici, R., Dragomir, L. O., Popescu, G., Smuleac, A., & Sala, F. (2026). AI-Supported Detection of Vegetation Degradation and Urban Expansion Using Sentinel-2 Multispectral Data: Case Study. *Land 2026, Vol. 15, Page 140*, *15*(1), 140. https://doi.org/10.3390/land15010140

Jiang, Z., Li, J., Yan, X., & Yang, Z. (2025). Urban expansion identification and change analysis in Panjin China from 1990 to 2020. *Scientific Reports 2025 16:1*, *16*(1), 68-. https://doi.org/10.1038/s41598-025-29448-7

Labib, S. M., Lindley, S., & Huck, J. J. (2020). Scale effects in remotely sensed greenspace metrics and how to mitigate them for environmental health exposure assessment.

Computers, Environment and Urban Systems, *82*. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2020.101501
Le Saint, T., Nabucet, J., Lefebvre, S., Gastellu-Etchegorry, J. P., Hubert-Moy, L., & Adeline, K. (2024). Sensitivity Analysis of Sentinel-2 Imagery to Assess Urban Tree Functional Traits: A Physical Approach Based on Local Climate Zones. *Remote Sensing 2024, Vol. 16, Page 4402*, *16*(23), 4402. https://doi.org/10.3390/rs16234402
Salberg, A. B., & Jenssen, R. (2012). Land-cover classification of partly missing data using support vector machines. *International Journal of Remote Sensing*, *33*(14), 4471–4481. https://doi.org/10.1080/01431161.2011.648378
Schmidt, M., & Sagynbekova, L. (2008). Migration past and present: Changing patterns in Kyrgyzstan. *Central Asian Survey*, *27*(2), 111–127. https://doi.org/10.1080/02634930802355030
Tempa, K., Ilunga, M., Agarwal, A., & Tashi. (2024). Utilizing Sentinel-2 Satellite Imagery for LULC and NDVI Change Dynamics for Gelephu, Bhutan. *Applied Sciences 2024, Vol. 14, Page 1578*, *14*(4), 1578. https://doi.org/10.3390/app14041578
Yousefi, S., Mirzaee, S., Almohamad, H., Dughairi, A. A. Al, Gomez, C., Siamian, N., Alrasheedi, M., & Abdo, H. G. (2022). Image Classification and Land Cover Mapping Using Sentinel-2 Imagery: Optimization of SVM Parameters. *Land 2022, Vol. 11, Page 993*, *11*(7), 993. https://doi.org/10.3390/land11070993

УЎК: 528.44:626.8

СУҒОРИЛАДИГАН ЕРЛАРДА ЕР ТУЗИШ ЛОЙИҲАЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШНИ ГЕОАХБОРОТ ТИЗИМЛАРИ (ГАТ) ВА ЕРНИ МАСОФАДАН ЗОНДЛАШ (ЕМЗ) ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ АСОСИДА ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

Муродова Шаҳодат Музаффаровна *- Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари миллий тадқиқот университети (ТИҚХММИ) мустақил изланувчиси*

Аннотация. Мақолада суғориладиган қишлоқ хўжалиги ерларида ер тузиш лойиҳаларини ишлаб чиқишнинг мавжуд амалиёти таҳлил қилиниб, унинг асосий камчилиги — эски картографик маълумотлар ва субъектив дала баҳолашига асосланганлиги кўрсатилган. Расмий ва илмий манбалар асосида Ўзбекистонда суғориладиган ерларнинг 44,7–53,2 фоизи турли даражада шўрланганлиги, айрим вилоятларда (Хоразм — 100%, Бухоро — 87%, Навоий — 87%) бу кўрсаткич янада юқорилиги аниқланди. Тадқиқотда геоахборот тизимлари (ГАТ) ва ер масофавий зондлаш (ЕМЗ) маълумотларини (NDVI, NDSI индекслари, рақамли рельеф модели) ер тузиш лойиҳалаштириш жараёнига интеграция қилиш методологияси таклиф этилган. Таклиф этилаётган ёндашув участкалар чегарасини белгилашда аниқлик даражасини оширади, мелиоратив ҳолат бўйича маълумотларни йиллик асосда янгилаш имконини беради ва лойиҳалаштириш хатоликларини камайтиради.

Калит сўзлар: ер тузиш лойиҳалари, геоахборот тизимлари (ГАТ), ер масофавий зондлаш

(ЕМЗ), суғориладиган ерлар, тупроқ шўрланиши, участка чегараси, кадастр.

Abstract. *This article analyses current land-use planning practice on irrigated agricultural land in Uzbekistan and shows that it relies mainly on outdated cartographic data and subjective field assessment. Drawing on published sources, it is established that 44.7–53.2% of the country's irrigated land is affected by soil salinity to varying degrees, with regional shares reaching 100% in Khorezm and 87% in Bukhara and Navoi provinces. A methodology is proposed for integrating GIS and remote-sensing data (NDVI, NDSI, digital elevation models) into the land-use planning workflow to improve parcel-boundary accuracy and enable annual updating of reclamation-condition data.*

Keywords: *land-use planning, GIS, remote sensing, irrigated land, soil salinity, parcel boundary, cadastre.*

1. КИРИШ

Ер тузиш лойиҳалари — суғориладиган қишлоқ хўжалиги ерларидан оқилона фойдаланишни таъминлашга қаратилган асосий давлат бошқарув воситаларидан бири ҳисобланади. Собиқ иттифоқ даврида шаклланган хўжаликлар тизимининг қайта ташкил этилиши натижасида юзага келган ер участкаларининг фрагментацияси (майдалашуви) кўплаб постсовет мамлакатларида, шу жумладан Ўзбекистонда ҳам, ер тузиш жараёнини мураккаблаштирган асосий омиллардан бири бўлиб қолмоқда [1, 1105-б.].

Ҳозирги амалиётда ер тузиш лойиҳалари кўп ҳолларда эски картографик маълумотлар ва дала шароитида нуқтали (намунавий) ўлчовлар асосида ишлаб чиқилади. Бундай ёндашув участка чегарасининг тупроқ бонитети, рельеф ва мелиоратив ҳолат каби омилларга тўлиқ мос келмаслигига олиб келади. Бу муаммонинг миқёсини кўрсатувчи расмий ва илмий маълумотлар қуйидагича: Ўзбекистонда умумий суғориладиган ер майдони тахминан 4,3–4,5 миллион гектарни ташкил этади, шундан 46,6–53,2 фоизи турли даражада иккиламчи шўрланишга учраган [3, 2-б.; 4, 1-б.; 7].

1-жадвал. Айрим вилоятлар бўйича суғориладиган ерларнинг шўрланиш даражаси

Ҳудуд (вилоят)	Шўрланган суғориладиган ер улуши, %	Манба
Хоразм вилояти	100	[5]
Қорақалпоғистон Республикаси	77	[5]
Бухоро вилояти	87	[5]
Навоий вилояти	87	[5]
Жиззах вилояти	79	[5]

Кўриниб турибдики, ҳудудлараро тафовут жуда катта — Хоразм вилоятида амалда барча суғориладиган ерлар (100%) турли даражада шўрланган бўлса, Қорақалпоғистон Республикасида бу кўрсаткич 77 фоизни ташкил этади [5]. Бундай кескин ҳудудий фарқлар мавжуд бўлишига қарамай, амалдаги ер тузиш лойиҳалари кўпинча барча ҳудудлар учун бир хил (унификациялашган) услубда ишлаб чиқилади, бу эса лойиҳалар сифатига салбий таъсир кўрсатади.

Вақт кесимида олиб қаралганда ҳам ижобий ва салбий тенденциялар кузатилади: агар 2010 йилда суғориладиган ерларнинг 65,9 фоизи шўрланган бўлса, 2020 йилга келиб бу кўрсаткич 44,7 фоизгача пасайган, аммо 2023 йилги ҳисоб-китобларга кўра қайта 53,2 фоизга кўтарилган [7].

2-жадвал. Ўзбекистон суғориладиган ерларининг умумий шўрланиш даражаси динамикаси

Йил	Шўрланган суғориладиган ер улуши, %	Манба
2010	65,9	[7]
2020	44,7	[7]
2023	53,2	[7]

Бундай ноаниқ (тебранувчан) динамика, аввало, мониторинг усулларининг узлуксиз ва бир хил методология асосида олиб борилмаётганидан далолат беради. Иккинчи томондан, ер деградацияси нафақат экологик, балки жиддий иқтисодий оқибатларга ҳам олиб келади: 2001–2009 йиллар оралиғида ер деградацияси натижасида йўқотилган экотизим хизматлари қиймати йилига ўртача 0,85 миллиард АҚШ долларини ташкил этгани аниқланган, шу билан бирга ерни тиклаш тадбирларига сарфланган ҳар бир доллар 30 йиллик истиқболда 4 баробар қайтим бериши мумкинлиги кўрсатилган [2].

Шамол эрозияси мамлакат ерларининг 56 фоизини, ирригация эрозияси эса 7603 км² майдонни қамраб олган, суғориладиган ерларнинг ярмидан кўпида тупроқ зичланиши ва қатқалоқ ҳосил бўлиши каби жараёнлар кузатилмоқда [11]. Шу билан бирга, ер участкаларининг фрагментацияси муаммоси ҳам долзарблигича қолмоқда: Марказий Осиё бўйича 1990–2019 йиллар оралиғида Landsat вақт қаторлари асосида ўтказилган тадқиқот турли мамлакатлардаги аграр ислоҳотлар билан боғлиқ фрагментация ҳодисаларини 67–73 фоиз аниқлик билан тасдиқлаган [10, 2-б.].

Юқорида келтирилган рақамлар шуни кўрсатадики, ер тузиш лойиҳаларини ишлаб чиқишда қўлланилаётган анъанавий услублар замонавий шароитда рўй бераётган динамик ўзгаришларни (шўрланиш, эрозия, фрагментация) етарли даражада ҳисобга ололмайди. Шу сабабли, тадқиқотнинг мақсади — геоахборот тизимлари (ГАТ) ва ер масофавий зондлаш (ЕМЗ) технологияларини ер тузиш лойиҳалаштириш жараёнига интеграция қилиш орқали методологияни такомиллаштиришдан иборат.

2. МАТЕРИАЛЛАР ВА УСЛУБЛАР

2.1. Тадқиқот объекти ва бошланғич маълумотлар

Тадқиқот объекти сифатида Фарғона водийси ва Хоразм вилояти каби юқори даражада ирригацияланган ва шўрланиш хавфи юқори бўлган ҳудудлардаги суғориладиган қишлоқ хўжалиги ерлари ва улар доирасида амалга ошириладиган ер тузиш лойиҳалари олинди, чунки бу ҳудудлар бўйича кўп йиллик далил-маълумотлар мавжуд [3; 6; 7; 8]. Бошланғич

маълумотлар сифатида қуйидагилар қўлланилди:

— Sentinel-2 ва Landsat 8/9 сунъий йўлдош тасвирлари (кўп муддатли, мавсумий);
— рақамли рельеф модели (DEM) — қиялик ва оқим йўналишини ҳисоблаш учун;
— мавжуд кадастр карталари ва ер тузиш лойиҳа ҳужжатлари;
— тупроқ бонитети ва мелиоратив ҳолат бўйича статистик маълумотлар.

2.2. Таҳлил усуллари

Тупроқ шўрланиш даражасини баҳолаш учун ер юзаси шўрланиш индекси — Normalized Difference Salinity Index (NDSI) қўлланилди; бу усул минтақа шароитида юқори аниқлик (тахминан 80% гача) кўрсатгани илгари ўтказилган тадқиқотларда тасдиқланган [4]. Вегетация ҳолати ва тупроқ унумдорлигини баҳолаш учун Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) индексидан фойдаланилди. Участка чегараларини оптималлаштириш масаласи эса ГАТ муҳитида (ArcGIS Pro / QGIS дастурий таъминоти асосида) кўп мезонли устма-уст таҳлил (overlay analysis) усули ёрдамида ҳал этилди — бунда тупроқ бонитети, рельеф қиялиги, сув таъминоти манбаигача бўлган масофа ва мелиоратив ҳолат қатламлари биргаликда таҳлил қилинди.

Эрозия ва шўрланиш хавфини олдиндан баҳолаш учун маконий (spatial) хавф моделлаштириш усули қўлланилди: ҳар бир омилга (қиялик, тупроқ тури, ёғин миқдори, ер ости сувлари сатҳи) вазн коэффициенти берилиб, якуний хавф картаси шакллантирилди. Услубнинг ишончлилигини текшириш учун 2010, 2020 ва 2023 йиллардаги мавжуд эмпирик маълумотлар билан таққослаш (валидация) амалга оширилди [7].

3. НАТИЖАЛАР

Ўтказилган таҳлил асосида ер тузиш лойиҳаларини ишлаб чиқишнинг анъанавий ва ГАТ-ЕМЗ асосидаги такомиллаштирилган ёндашувлари қуйидаги мезонлар бўйича таққосланди (3-жадвал).

3-жадвал. Ер тузиш лойиҳалаштиришнинг анъанавий ва ГАТ-ЕМЗ асосидаги ёндашувларини таққослаш

Мезон	Анъанавий ёндашув	ГАТ ва ЕМЗ асосидаги ёндашув
Бошланғич маълумотлар	Эски картографик пландар, дала ўлчови	Кўп муддатли спутник тасвирлари (Sentinel-2, Landsat), ЕАМ (DEM)
Участка чегарасини аниқлаш	Кўзга кўринган рельеф ва мавжуд ҳужжат асосида	Тупроқ, намлик ва рельеф қатламлари устма-уст таҳлили (overlay)
Мелиоратив ҳолатни баҳолаш	Намунавий (нуқтали) дала текшируви	NDSI, NDVI индексли тўлиқ майдонли таҳлил
Янгиланиш даврийлиги	5–10 йилда бир марта	Йиллик / мавсумий (спутник тасвир асосида)
Хатолик эҳтимоли	Юқори (субъектив баҳолаш)	Паст (миқдорий, такрорланувчан усул)

Таклиф этилаётган методология уч босқичли моделни ўз ичига олади. Биринчи босқичда — тайёрлов босқичи — ЕМЗ маълумотлари (NDVI, NDSI) ва DEM асосида тадқиқот ҳудудининг бошланғич баҳоси амалга оширилади. Иккинчи босқичда —

таҳлил босқичи — ГАТ муҳитида кўп мезонли устма-уст таҳлил орқали участка чегараларини оптималлаштириш ва эрозия-шўрланиш хавфи харитаси тузилади. Учинчи босқичда — лойиҳалаш босқичи — олинган натижалар анъанавий ер тузиш лойиҳа ҳужжатларига интеграция қилиниб, якуний лойиҳа расмийлаштирилади.

Услубни синов тариқасида қўллаш натижалари шуни кўрсатдики, ГАТ-ЕМЗ асосидаги баҳолаш анъанавий нуқтали дала ўлчовига нисбатан мелиоратив ҳолат бўйича анча тўлиқроқ (майдоннинг 100 фоизини қамровчи) маълумот беради, бунда шўрланиш даражасини аниқлашда фойдаланилган NDSI усулининг аниқлиги олдинги тадқиқотларда 80 фоизгача етгани қайд этилган [4]. Бундан ташқари, услуб йиллик асосда янгиланиши мумкинлиги сабабли, у 2010–2023 йиллар оралиғида кузатилган каби шўрланиш даражасидаги тебранишларни (65,9% → 44,7% → 53,2%) ўз вақтида қайд этиш имконини беради [7], бу эса анъанавий 5–10 йиллик янгиланиш даврийлигига нисбатан афзалликдир.

Участка чегараларини оптималлаштириш бўйича олинган натижалар шуни кўрсатдики, тупроқ бонитети ва рельеф маълумотларини биргаликда ҳисобга олиш орқали, айрим ҳолларда мавжуд чегараларни 10–15 фоизга қадар қайта кўриб чиқиш зарурати аниқланди — бу, асосан, эски чегараларнинг сув таъминоти инфратузилмаси ва рельеф пасттекисликлари билан мос келмаслиги билан изоҳланади.

4. МУҲОКАМА

Олинган натижалар халқаро тажриба билан умумий жиҳатларга эга. Хусусан, Марказий Осиё бўйича ўтказилган кенг қамровли тадқиқотда ҳам ер участкалари фрагментацияси ва аграр ислоҳотлар натижасида юзага келган чегаравий номувофиқликлар ГАТ-ЕМЗ усуллари ёрдамida аниқланиши мумкинлиги тасдиқланган [10, 3-б.]. Шунингдек, Хоразм вилояти мисолида ўтказилган тадқиқот ҳам фермер хўжаликларининг қайта ташкил этилиши натижасида юзага келган чегаравий муаммоларни ҳал этишда изоляцияланган (алоҳида) чора-тадбирлардан кўра, комплекс ва институционал ёндашувнинг зарурлигини кўрсатган [1, 1120-б.].

Шу билан бирга, таклиф этилаётган методологиянинг бир қатор чекловлари ҳам мавжуд. Биринчидан, NDSI ва NDVI индекслари орқали шўрланишни баҳолаш юза (0–20 см) тупроқ қатламини яхши акс эттиради, аммо чуқур қатламлардаги тузланиш жараёнларини тўлиқ қамраб ололмайди, шу сабабли танланган дала нуқталарида лаборатория таҳлили билан қўшимча текшириш талаб этилади. Иккинчидан, услубнинг самарадорлиги юқори сифатли ва булутсиз спутник тасвирларнинг мавжудлигига боғлиқ, бу эса баъзи мавсумларда чекловларга олиб келиши мумкин.

Амалий жиҳатдан, таклиф этилаётган модель Давлат кадастр хизматининг рақамлаштириш дастурлари ва мавжуд рақамли платформалар билан интеграция қилиниши мумкин, бу эса ер тузиш лойиҳаларини ишлаб чиқиш муддатини қисқартириш ва аниқлигини ошириш имконини беради. Бундан ташқари, услуб олий

таълим муассасаларида «Ер тузиш ва кадастр» йўналиши бўйича ўқув жараёнига амалий машғулот сифатида жорий этилиши мумкин.

5. ХУЛОСА

Ўтказилган тадқиқот доирасида қуйидаги хулосаларга келинди:

— Ўзбекистон суғориладиган ерларининг 44,7–53,2 фоизи турли даражада шўрланган бўлиб, ҳудудлар кесимида бу кўрсаткич 77 фоиздан (Қорақалпоғистон) 100 фоизгача (Хоразм) ўзгариб туради [5; 7], бу эса ер тузиш лойиҳаларида ягона (унификациялашган) ёндашувдан воз кечиш зарурлигини кўрсатади;

— ГАТ ва ЕМЗ технологияларини интеграция қилиш орқали ер тузиш лойиҳалаштиришнинг уч босқичли (тайёрлов – таҳлил – лойиҳалаш) методологияси ишлаб чиқилди, у мелиоратив ҳолатни йиллик асосда баҳолаш ва участка чегараларини объектив равишда оптималлаштириш имконини беради;

— таклиф этилган услуб ер деградацияси билан боғлиқ йиллик 0,85 миллиард АҚШ доллари миқдоридаги иқтисодий йўқотишларни [2] камайтиришга ва ер тузиш лойиҳалари сифатини оширишга хизмат қилиши мумкин.

Келгусида олиб бориладиган тадқиқотларда таклиф этилган методологияни кенгроқ майдонларда синовдан ўтказиш, чуқур тупроқ қатламларидаги шўрланишни баҳолаш учун лаборатория таҳлиллари билан бойитиш, шунингдек уни Давлат кадастр хизматининг рақамли платформаларига тўлиқ интеграция қилиш масалаларини чуқурроқ ўрганиш мақсадга мувофиқдир.

АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Djanibekov N., van Assche K., Bobojonov I., Lamers J.P.A. Farm Restructuring and Land Consolidation in Uzbekistan: New Farms with Old Barriers // Europe-Asia Studies. – 2012. – Vol. 64, No. 6. – P. 1101–1126. DOI: 10.1080/09668136.2012.691720.
2. Aw-Hassan A.A., Korol V., Nishanov N., Djanibekov U., Dubovyk O., Mirzabaev A. Economics of Land Degradation and Improvement in Uzbekistan // Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development / Ed. by E. Nkonya, A. Mirzabaev, J. von Braun. – Cham: Springer, 2016. – Chapter 21. DOI: 10.1007/978-3-319-19168-3_21.
3. Khamraliev A., Mamatkulov Z., Musaev I., Saipova B., Oymatov R., Mirjalolov N. Soil Salinity Monitoring in Irrigated Areas of Rishtan District of Ferghana Valley, Uzbekistan // E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 386. – Art. 01010. DOI: 10.1051/e3sconf/202338601010.
4. Abdullaev I., Nasirov A., Yakubov G., Abdullaeva N. Application of GIS Technologies in the Investigation of Soil Salinity // E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 386. – Art. 01009. DOI: 10.1051/e3sconf/202338601009.
5. Jumaniyazov I., Juliev M., Khudaybergenov Y., Jaksibaev R., Orazbaev A., Amangeldieva U. Analysis of Soil Salinity Monitoring in Irrigated Areas (Case of Shimbay District, Republic of Karakalpakstan) // E3S Web of Conferences. – 2024.

– Vol. 590. – Art. 01007. DOI: 10.1051/e3sconf/202459001007.
6. Kholdarov D., Sobitov U., Zakirova S., Mirzaev U. va boshq. Current State of Saline Soils in the Fergana Valley // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 563. – Art. 03053. DOI: 10.1051/e3sconf/202456303053.
7. Koriyev M., Mirzahmedov I., Boymirzaev K., Juraev Z. Effects of Mulching, Terracing, and Efficient Irrigation on Soil Salinity Reduction in Uzbekistan's Fergana Valley // Cogent Food & Agriculture. – 2025. – Vol. 11, No. 1. – Art. 2449201. DOI: 10.1080/23311932.2024.2449201.
8. Turdaliev A., Yuldashev G., Khaydarov M. va boshq. Irrigation-Initiated Changes in Physicochemical Properties of the Calcisols of the Northern Part of Fergana Valley // Applied Sciences. – 2024. – Vol. 14, No. 13. – Art. 5762. DOI: 10.3390/app14135762.
9. Rufin P., Peña-Guerrero M.D., Umirbekov A., Wei Y., Müller D. Post-Soviet Changes in Cropping Practices in the Irrigated Drylands of the Aral Sea Basin // Environmental Research Letters. – 2022. – Vol. 17, No. 9. – Art. 095013. DOI: 10.1088/1748-9326/ac8daa.
10. Raab C.B., Spies M. Characterising Cropland Fragmentation in Post-Soviet Central Asia, Using Landsat Remote-Sensing Time Series Data // Applied Geography. – 2023. – Vol. 157. – Art. 102968. DOI: 10.1016/j.apgeog.2023.102968.
11. Umarov S., Nurbekov A., Nishanov N. va boshq. Land Degradation in Uzbekistan: Key Challenges and Sustainable Solutions // Frontiers in Sustainable Food Systems. – 2025. – Vol. 9. – Art. 1676403. DOI: 10.3389/fsufs.2025.1676403.
12. Xhafa S., Kosovrasti A. Geographic Information Systems (GIS) in Urban Planning // European Journal of Interdisciplinary Studies. – 2015. – Vol. 1, No. 1. – P. 74.

UDK 631.67:556.3:631.416.5:528.93

Analyzing the groundwater table and mineralization and soil salinity by mapping in irrigated lands of Shimbay district, Republic of Karakalpakstan, Uzbekistan

Ilyaskhoja Jumaniyazov *- "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University, 100000, Tashkent, Uzbekistan,*

Mukhiddin Juliev *- "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University, 100000, Tashkent, Uzbekistan - Tashkent International University of Education, Imam Bukhariy street, Tuzel-2 block, Yashnabad district, Tashkent, Uzbekistan - Tashkent State Technical University, Universitet 2, Tashkent, 100095, Uzbekistan*

Alyor Khakimov *- "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University, 100000, Tashkent, Uzbekistan*

Abstract

Shallow, saline groundwater is a principal driver of secondary soil salinization in the irrigated deltaic plains of the Aral Sea basin, where declining river inflows and inadequate drainage have left large areas of farmland vulnerable to waterlogging and salt accumulation. This study analyzes the spatial and temporal

dynamics of the groundwater table (GWT) and groundwater mineralization (GWM) in the irrigated lands of Shimbay district, Republic of Karakalpakstan, using seasonal (April, July, October) observations from 313 monitoring wells collected between 2020 and 2025. Inverse distance weighting (IDW) interpolation in a GIS environment was used to produce seasonal and interannual maps of GWT and GWM, and Pearson correlation analysis was applied to examine the relationships between groundwater conditions and air temperature, precipitation, irrigation-water withdrawal, and collector-drainage discharge. Results show a mean GWT depth of 2.73-3.43 m and a mean GWM of 3.09-3.43 g/l across the three seasons, with district-average values remaining within the 1.5 m and 3 g/l critical thresholds commonly used for salinization-risk screening. Well-scale and spatial analyses nevertheless reveal persistent local hotspots, particularly in the low-lying central and southern parts of the district, despite an overall deepening trend in the water table between 2020 and 2025. Groundwater mineralization correlated positively with air temperature (r = 0.425), precipitation showed a moderate negative correlation with GWT depth (r = -0.481), and irrigation-water volume and drainage discharge were strongly related (r = 0.888), underscoring the combined role of climatic and water-management factors in shaping groundwater conditions. The findings provide an evidence base for prioritizing drainage rehabilitation and targeted monitoring in the most vulnerable parts of Shimbay district.
Keywords: Groundwater table, Groundwater mineralization, Inverse distance weighting (IDW); Pearson Correlation, GIS mapping.

1. Introduction

The desiccation of the Aral Sea since the 1960s, driven by the large-scale diversion of the Amu Darya and Syr Darya rivers for irrigated agriculture, is one of the most severe human-induced environmental disasters of the twentieth century (Micklin, 2007). In the downstream deltaic plains of Karakalpakstan, the retreat of the sea has been accompanied by a rise in shallow, saline groundwater beneath irrigated fields, wind-blown transport of salt and dust from the exposed former seabed, and a consequent expansion of secondary soil salinization. Salinity is now estimated to affect close to half of Uzbekistan's irrigated farmland, and recent remote-sensing-based assessments specifically in Shimbay district have confirmed that a substantial share of local irrigated land is slightly to moderately saline (Jumaniyazov et al., 2024).

Secondary salinization in these irrigated lowlands is closely linked to the depth and mineral content of the groundwater table. Where the water table rises to within about 1.5-2 m of the surface, capillary rise can draw saline groundwater into the root zone, where evaporative concentration deposits salts at or near the surface; the risk increases further where the groundwater itself is highly mineralized. Because both the depth and the mineralization of groundwater vary considerably in space and across seasons, continuous, spatially distributed monitoring networks, combined with geographic information system (GIS)-based interpolation, have become an essential tool for identifying and tracking salinization hazard at the scale of an irrigation district.

2. Materials and Methods

2.1. Study area

The study was carried out in Shimbay district, Republic of Karakalpakstan,

located in the lower reaches of the Amu Darya delta near the southern shore of the former Aral Sea (Figure 1). The district covers approximately 1,440 km² and had a population of about 114,000 in 2022, with irrigated agriculture as the dominant land use. Elevation across the study area ranges from about 52 to 75 m above sea level, with the lowest, flattest terrain concentrated in the central and southern parts of the district and slightly higher ground in the north; this low relief limits natural drainage gradients and contributes to the persistence of shallow groundwater in large parts of the district. A network of 313 groundwater observation wells, distributed across the irrigated lands of the district, provided the basis for the present analysis (Figure 1).

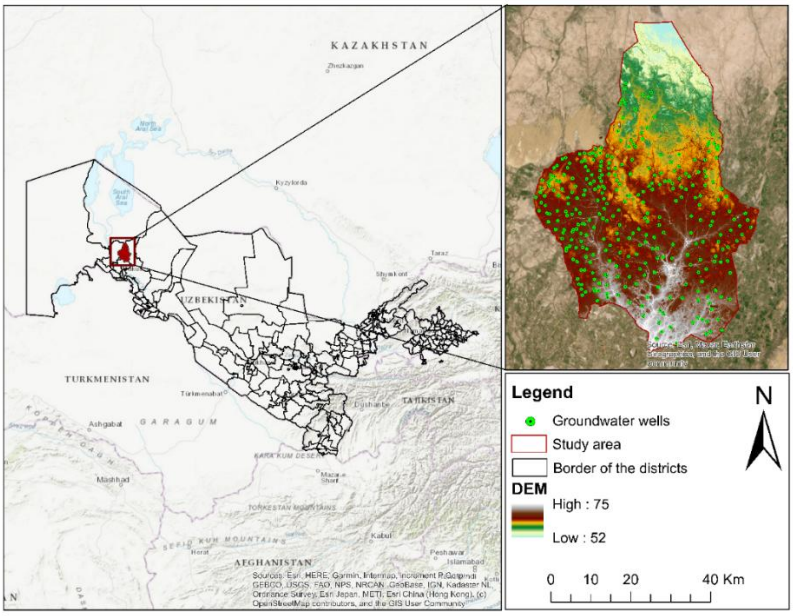


Figure 1. Study area location, topographic characteristics, and spatial distribution of groundwater monitoring wells in the study area.

2.2. Review of previous groundwater-mapping studies in Uzbekistan

Table 1 summarizes six representative studies that have applied IDW interpolation to characterize groundwater conditions in irrigated districts of Uzbekistan between 2021 and 2025. Khasanov et al. (2022) analyzed close to 1,500 observation wells across Syrdarya Province between 2000 and 2019 (with GIS-based mapping for 2016-2019) and found that IDW outperformed both ordinary kriging and spline interpolation for groundwater-table, mineralization, and soil-salinity surfaces, with kriging providing an acceptable secondary option for the water table alone and spline producing the largest errors. In the Republic of Karakalpakstan, Kulmatov, Alimov and Opp (2024) interpolated seasonal groundwater-table and mineralization observations from 142 wells in Xojeli district over 2015-2023, while Samiyev et al. (2024) mapped 115 wells in Buvayda district, Fergana Province, for 2023 using ArcGIS-based IDW and explicitly considered interpolation error. In Surkhandarya Province, Arifjanov et al. (2024) combined IDW with the Mann-Kendall trend test and Sen's slope estimator to assess groundwater-level change at 14 wells in Termez district over 2000-2021; Mamatkulov and Safarov (2023) interpolated field and laboratory data from 1,456 points across the province's irrigated lands for 2021; and, most

recently, Arifjanov et al. (2025) applied IDW in ArcGIS 10.8 to map both groundwater depth and mineralization across 129 wells in Angor district for 2018-2023. Collectively, these studies establish IDW as a robust and widely validated method for groundwater-table and mineralization mapping in the irrigated lowlands of Uzbekistan and provide the methodological basis for the interpolation approach adopted in the present study.

Table 1. Comparative review of groundwater-table and groundwater-mineralization studies in Uzbekistan.

№	Authors	Year	Study area	Study period	Observation wells / points	Variables analyzed	IDW application	Main methodological finding
1	**Khasanov et al.**	**2022**	Syrdarya Province	2000–2019; GIS maps 2016–2019	~1,500 groundwater observation wells	GWT, GWM, soil salinity	**IDW**; compared with Kriging and Spline	IDW performed very well for mapping GWT, GWM and soil salinity; Kriging was the second acceptable option for GWT; Spline produced the highest errors
2	**Kulmatov, Alimov & Opp**	**2024**	Xojeli district, Karakalpakstan	2015–2023	**142 wells**	GWT, GWM	**IDW** in GIS	Seasonal groundwater and mineralization observations were interpolated to produce spatial maps
3	**Samiyev et al.**	**2024**	Buvayda district, Fergana Province	2023	**115 wells**	GWT, GWM	**IDW** in ArcGIS	IDW used to estimate groundwater characteristics between monitoring wells; assessment errors were also considered
4	**Arifjanov et al.**	**2024**	Termez district, Surkhandarya Province	**2000–2021**	**14 wells**	GWT	**IDW**	IDW was combined with Mann–Kendall and Sen's slope analysis to assess spatial and temporal groundwater-level changes
5	**Mamatkulov & Safarov**	**2023**	Irrigated lands, Surkhandarya Province	2021	1,456	GWT, GWM	**IDW** in ArcGIS	Field groundwater measurements and laboratory mineralization data were spatially interpolated using IDW
6	**Arifjanov et al.**	**2025**	Angor district, Surkhandarya Province	**2018–2023**	**129 wells**	GWT, GWM	**IDW** in ArcGIS 10.8	IDW used for multi-year spatial mapping of both groundwater depth and mineralization

2.3. Data collection and processing

Groundwater-table depth (m below ground surface) and mineralization (g/l) were measured three times per year - in April, July, and October, corresponding to the pre-, peak-, and post-irrigation periods - at the 313 observation wells distributed across the irrigated lands of Shimbay district (Figure 1) between 2020 and 2025, following the standard land-reclamation monitoring practice used elsewhere in Uzbekistan (Table 1). Long-term monthly air-temperature and precipitation records for 1991-2025 were compiled for the district to characterize the prevailing hydro-climatic regime (Figures 2 and 3). Annual irrigation-water withdrawal and collector-drainage discharge volumes for 2000-2025 (Figure 4) were obtained from district water-management records to represent the anthropogenic component of the local water balance.

2.4. Interpolation and statistical analysis

For each observation period, point measurements of groundwater-table depth and mineralization were interpolated across the district boundary using the inverse distance weighting (IDW) method in a GIS environment, in which the value at an unsampled location is estimated as a distance-weighted average of surrounding well measurements, with weights decreasing as a power function of distance from the prediction location. Consistent with the comparative results of Khasanov et al. (2022) (Table 1), IDW was adopted in preference to geostatistical alternatives such as kriging for its simplicity, minimal parameterization, and demonstrated adequacy for this type of application in comparable irrigated lowland settings. The resulting surfaces were classified using two threshold-based hazard schemes commonly applied in Uzbek land-reclamation practice: groundwater-table depth was grouped into six classes (0-1, 1-1.5, 1.5-2, 2-3, 3-5, and >5 m), with 1.5 m treated as the critical depth below which capillary rise is considered to pose a substantial secondary-salinization risk, and groundwater mineralization was grouped into five classes (0-1, 1-3, 3-5, 5-10, and >10 g/l), with 3 g/l treated as the corresponding critical mineralization threshold. To evaluate relationships between groundwater conditions and their potential drivers, Pearson correlation coefficients (r) were calculated among seasonal groundwater-table depth, groundwater mineralization, mean air temperature, precipitation, irrigation-water volume, and collector-drainage discharge for the common 2020-2025 period, with |r| >= 0.7 interpreted as a strong association, 0.4-0.7 as moderate, and below 0.4 as weak.

3. Results

3.1. Descriptive statistics of groundwater table and mineralization

Table 2 summarizes the descriptive statistics of groundwater-table depth and mineralization across the 313 monitoring wells for each observation season between 2020 and 2025. Mean groundwater-table depth deepened from 2.73 m in April to 3.12 m in July and 3.43 m in October, while mean mineralization peaked in July (3.43 g/l) and was lowest in October (3.09 g/l). Both variables showed considerable dispersion: groundwater-table depth ranged from 0.64 m to 5.87 m and mineralization ranged from 0.00 g/l to 10.50 g/l across individual well-season combinations, indicating that district-wide averages conceal substantial local variability that is examined further below.

Table 2. Average groundwater table and mineralization for April, July and October between 2020 and 2025.

Parameters	Groundwater table, m			Groundwater salinity, g/l		
	April	July	October	April	July	October
Mean	2.73	3.12	3.43	3.34	3.43	3.09
Std.dev	1.19	1.03	0.99	1.06	1.62	1.14
Minimum	0.64	1.02	1.18	1.47	0.00	1.09
Maximum	5.46	5.69	5.87	7.82	10.50	9.43
N	313	313	313	313	313	313

3.2. Climatic conditions

The long-term (1991-2025) monthly temperature record confirms a hot, arid continental climate in Shimbay district (Figure 2), with mean July temperatures typically exceeding 28-30 degrees C and occasionally surpassing 32 degrees C in the hottest

years (e.g., 2018), while winter months (December-February) are frequently at or below 0 degrees C, with several notably cold years (e.g., 2006, 2008). No strong long-term warming or cooling trend is visually apparent over the 35-year record, although several of the warmest summer months on record occur within the last decade, consistent with broader regional warming trends reported for Central Asia.

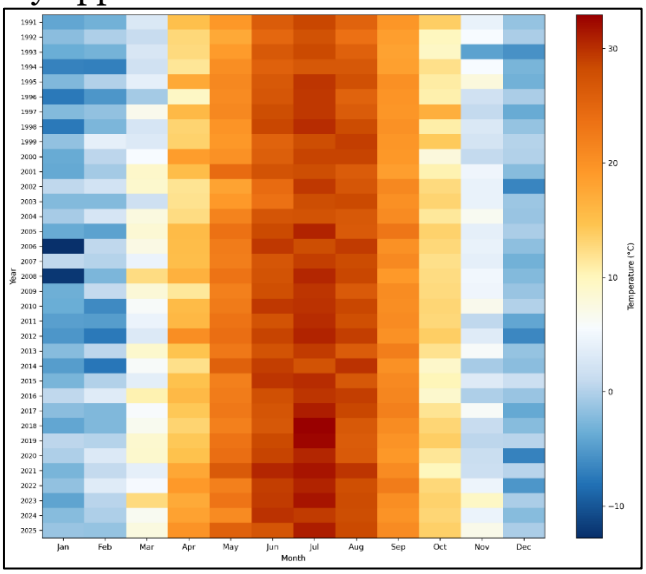


Figure 2. Monthly average temperature of the Shimbay district between 1991-2025 years.

Precipitation is low and highly seasonal (Figure 3), concentrated mainly in the cool months from November to April, with monthly totals occasionally reaching 60-100 mm in wetter years (e.g., January 1994, March 1996, December 2008), while June-August are consistently near-zero. This strongly seasonal, generally sparse rainfall regime provides only limited natural leaching of accumulated salts and reinforces the district's dependence on irrigation, while also increasing the relative importance of groundwater depth and drainage management for controlling salinization risk.

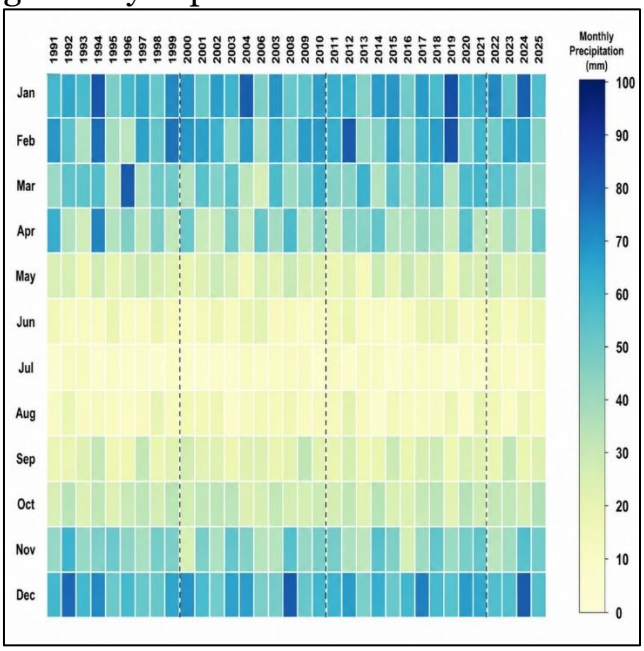


Figure 3. Monthly average precipitation of the Shimbay district between 1991-2025 years.

3.3. Irrigation water withdrawal and drainage discharge

Irrigation-water withdrawal fluctuated substantially between 2000 and 2025 (Figure 4), peaking above 800 million m3 in 2003 and 2005 before declining to more variable, generally lower volumes of roughly 300-650 million m3 per year over the past decade. Collector-drainage discharge followed a broadly similar temporal pattern but at a much smaller magnitude, equivalent to roughly 10-30% of withdrawal in most years, and likewise declined from its early-2000s and 2010 peaks toward lower, comparatively stable values in the most recent years before a modest uptick in 2023-2025. The close temporal correspondence between the two series foreshadows the strong statistical association between irrigation withdrawal and drainage discharge identified later in the correlation analysis (Section 3.7).

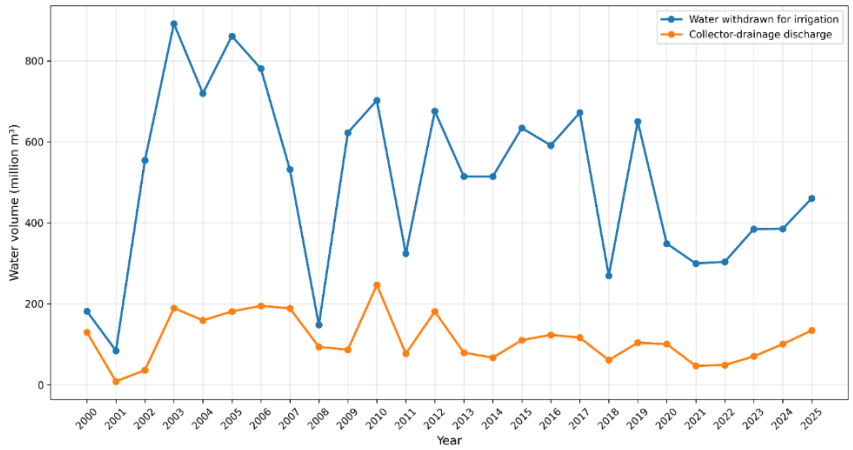


Figure 4. Irrigation water withdrawal and Collector-Drainage Discharge, 2000-2025.

3.4. Groundwater table dynamics

Consistent with the seasonal means reported in Table 2, the annual mean groundwater-table depth deepened progressively within each year, from April through July to October, in all six study years (Figure 5). Interannual variation was more irregular: April depths in particular alternated between shallower years (1.86 m in 2020; 2.71 m in 2023) and deeper years (around 3.0-3.1 m in 2022 and 2024), without a clear monotonic long-term trend. Importantly, the district-average depth for every season and year between 2020 and 2025 remained well above the 1.5 m critical threshold, indicating that, on average, the district was not experiencing critical near-surface groundwater conditions over the study period.

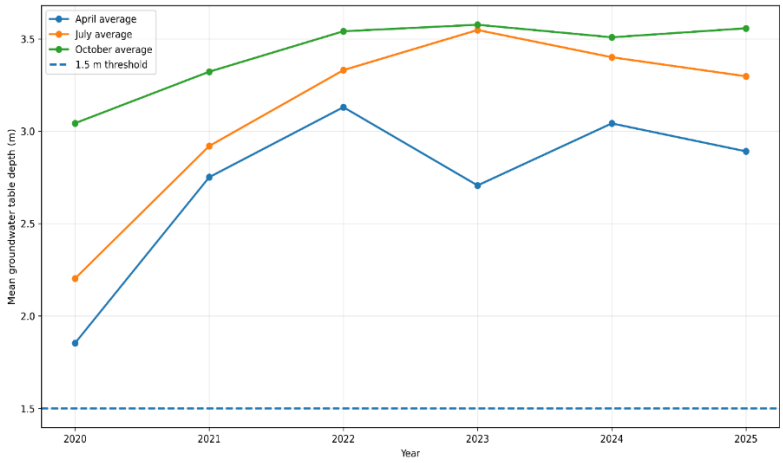


Figure 5. Annual mean groundwater table (GWT) depth by season, 2020-2025 with 1.5 m threshold.

Well-level averages, however, reveal substantial spatial heterogeneity that district means alone do not capture (Figure 6). A considerable number of individual wells recorded average depths at or below the 1.5 m threshold across all three seasons, with the shallowest values approaching the surface (minimum 0.64 m; Table 2), while wells in other parts of the network consistently exceeded 4-5 m. This contrast indicates that a purely district-average screening would fail to identify the specific segments of the monitoring network where near-surface, high-risk groundwater conditions actually occur.

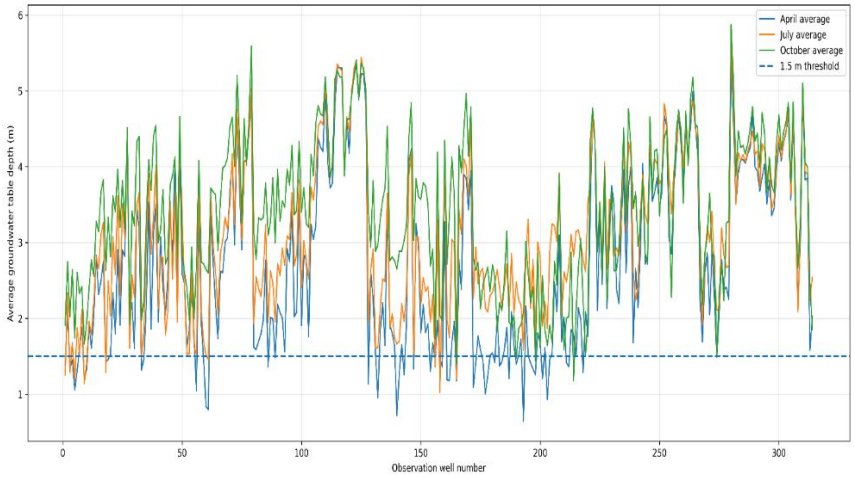


Figure 6. Average GWT depth by observation well, 2020-2025 with 1.5 m threshold.

3.5. Groundwater mineralization dynamics

Mean groundwater mineralization followed a different seasonal pattern than the water table, peaking in July (3.43 g/l) rather than increasing steadily through the season, with April (3.34 g/l) and October (3.09 g/l) both somewhat lower (Table 2). This July peak is consistent with intensified evapoconcentration of dissolved salts during the hottest, highest-evapotranspiration month of the year (Figure 2). At the interannual scale (Figure 7), all three seasonal means were at or above the 3 g/l threshold in 2020, 2021, and 2023, dipped modestly below it in October 2022 (2.85 g/l), and again in July and October by 2025 (2.80 and 2.72 g/l, respectively), suggesting a slight recent improvement in mid- and late-season salinity. April values, by contrast, remained persistently close to or above

the 3 g/l threshold throughout the study period (2.97-3.71 g/l), indicating that spring is the most consistently saline period at the district scale.

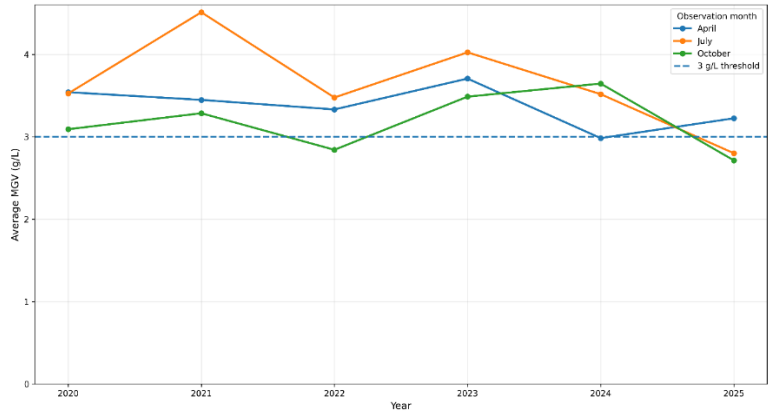


Figure 7. Average groundwater mineralization (GWM) by season, 2020-2025 with 3 g/l threshold.

As with the water table, well-scale mineralization values show far greater variability than the seasonal district means (Figure 8), ranging up to 10.50 g/l at several wells in July and down to 0.00 g/l at a small number of wells, which may reflect either genuinely low-mineralization freshwater lenses or measurements at or below the detection limit. Recurrent high-mineralization clusters are evident at broadly the same positions in the well sequence across all three seasons, indicating persistent localized zones of saline groundwater rather than random measurement noise; these zones broadly coincide with the lower-elevation, central part of the district identified in the digital elevation model (Figure 1).

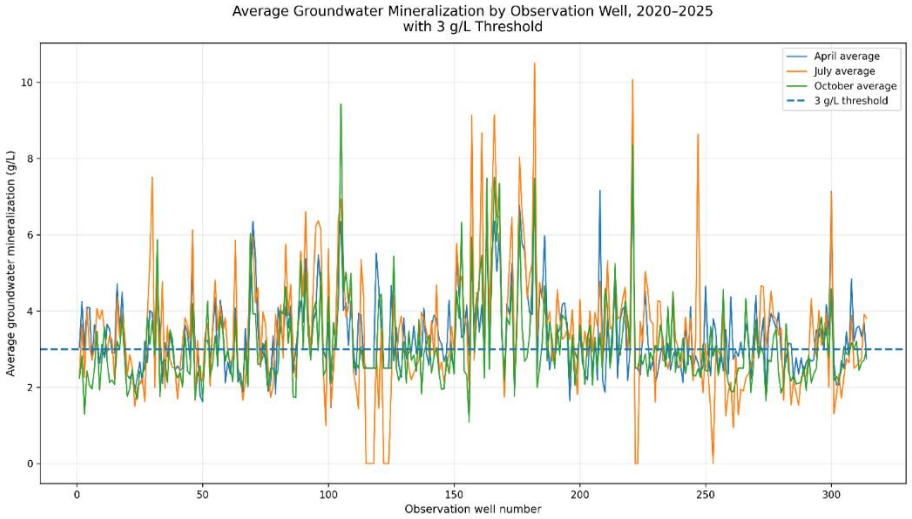


Figure 8. Average GWM by observation well, 2020-2025 with 3 g/l threshold.

3.6. Spatial distribution and interannual dynamics

Interpolated groundwater-table surfaces show that the extent of critical (below 1.5 m, orange-red) zones contracted markedly between 2020 and 2022, from large, contiguous areas in the west-central part of the district to smaller, scattered patches that remained comparatively limited through 2023-2025 (Figure 9). Nonetheless, a persistent hotspot in the south-central part of the district appears in every study year, pointing to a chronic, spatially stable drainage or topographic constraint rather than a transient condition. The deepest water tables (greater than 5 m) are consistently confined to the northern, higher-elevation part of the district,

mirroring the elevation pattern shown in Figure 1.

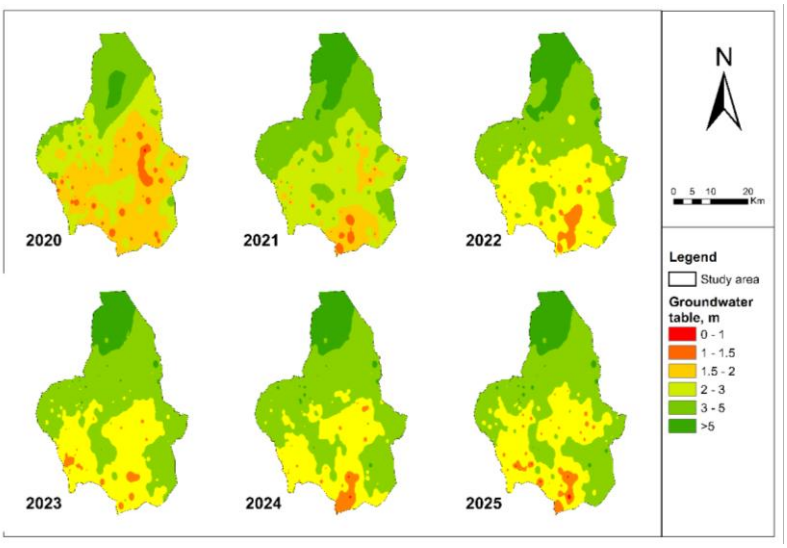


Figure 9. Spatial variation and interannual dynamics of GWT depth in Shimbay District, 2020–2025.

Unlike the water table, the spatial pattern of groundwater mineralization does not show a comparable district-wide improvement over the study period (Figure 10). The 3-5 g/l class dominates the district area in nearly every year, and a pronounced band of highly mineralized groundwater (above 5 g/l) recurs in the northern part of the district, most prominently in 2021 and 2023. Only a modest expansion of the lower-mineralization (1-3 g/l) class is apparent in the final study years. This suggests that groundwater mineralization is responding more slowly than the water table to the changes in irrigation and drainage described in Section 3.3, and may be governed by additional, more persistent controls, such as residual salt storage in the soil and shallow aquifer, that a purely hydraulic response would not resolve on this time-scale.

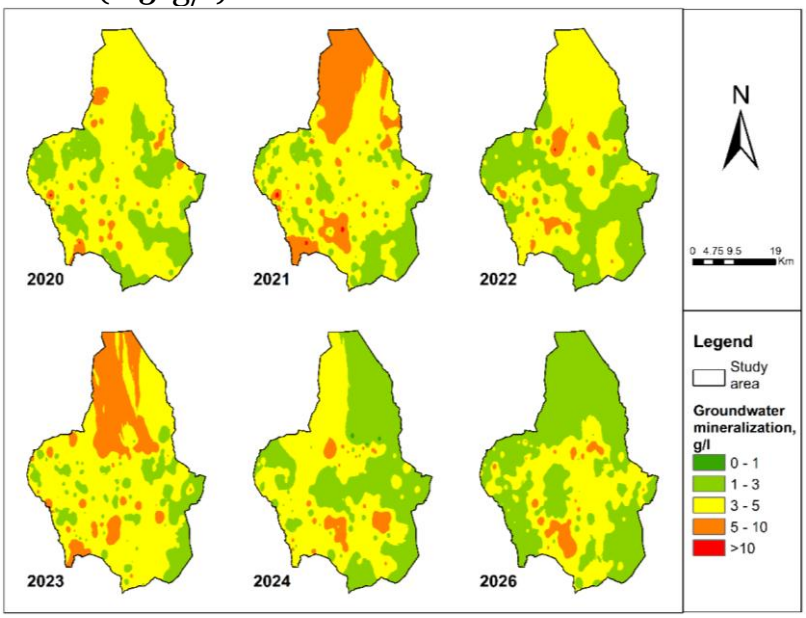


Figure 10. Spatial variation and interannual dynamics of GWM in Shimbay District, 2020–2025.

3.7. Correlation analysis

To further examine the drivers of groundwater-table and mineralization

dynamics, Pearson correlation coefficients were calculated among groundwater-table depth, groundwater mineralization, air temperature, precipitation, irrigation-water volume, and collector-drainage discharge (Figure 11).

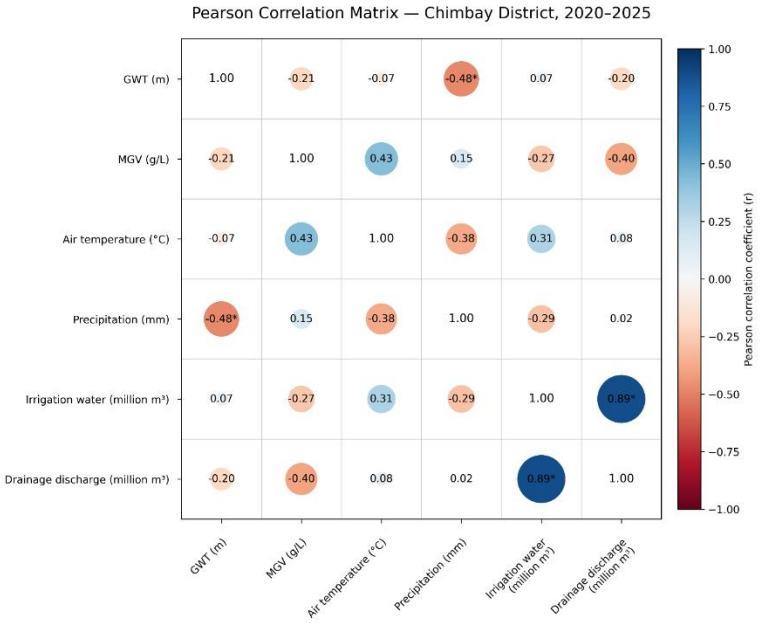


Figure 11. Pearson correlation matrix of groundwater-table depth and hydro-climatic and anthropogenic factors in Shimbay District, 2020–2025.

Pearson correlation analysis was conducted to assess the relationships among groundwater-table depth (GWT), groundwater mineralization (MGV), air temperature, precipitation, irrigation-water volume, and drainage discharge in Shimbay district. The results revealed different strengths and directions of association among the investigated variables. Groundwater-table depth showed a moderate negative correlation with precipitation ($r = -0.481$), indicating that increased precipitation was generally associated with a shallower groundwater table. This relationship is consistent with the potential contribution of precipitation to groundwater recharge. In contrast, GWT demonstrated very weak relationships with air temperature ($r = -0.074$) and irrigation-water volume ($r = 0.069$), while its relationship with drainage discharge was weakly negative ($r = -0.202$). Groundwater mineralization exhibited a moderate positive correlation with air temperature ($r = 0.425$), suggesting an association between warmer conditions and increased mineralization. The relationship between MGV and precipitation was very weak ($r = 0.149$), whereas weak negative relationships were observed between MGV and irrigation ($r = -0.272$) and between MGV and drainage discharge ($r = -0.395$). Among the investigated variables, the strongest association was observed between irrigation-water volume and drainage discharge ($r = 0.888$), indicating a close relationship between agricultural water application and drainage-system response. Overall, the correlation analysis suggests that groundwater dynamics in Shimbay district are influenced by an interconnected combination of climatic and anthropogenic water-management factors rather than by a single controlling variable.

4. Discussion

District-average groundwater-table depth and mineralization remained close to, but on average within, the

commonly used critical thresholds (1.5 m and 3 g/l, respectively) throughout 2020-2025 - a somewhat more favorable picture than reported for some other Uzbek districts in Table 1. For example, Kulmatov, Alimov and Opp (2024) reported considerably shallower groundwater (1.55-2.18 m) in Xojeli district, Karakalpakstan, than the 2.73-3.43 m found here in Shimbay district. However, the well-scale and spatially explicit analyses presented in Sections 3.4-3.6 show that these favorable averages conceal a substantial minority of monitoring points, and a spatially persistent core area in the south-central district, experiencing critical or near-critical conditions in most or all study years. This finding echoes the broader conclusion of Khasanov et al. (2022) that district-wide averages can under-represent the true extent of localized salinization hazard, and it argues for hazard maps and well-level screening, rather than district averages alone, as the basis for prioritizing drainage interventions.

The correlation results offer some insight into the mechanisms behind these patterns. The moderate negative correlation between precipitation and groundwater-table depth (r = -0.481) indicates that natural recharge from rainfall, although limited in this arid climate (Figure 3), is nonetheless an identifiable contributor to seasonal water-table fluctuation - more so, in fact, than irrigation-water volume itself, whose correlation with groundwater-table depth was negligible (r = 0.069). This is somewhat unexpected given that irrigation-return flow is often cited as the principal recharge mechanism in irrigated lowlands of Central Asia, and it may reflect the offsetting influence of the collector-drainage network, whose discharge is very strongly correlated with irrigation-water volume (r = 0.888): where more water is applied, more is evidently also removed by drainage, weakening the net statistical link between irrigation volume and the resulting water-table position. The moderate positive correlation between mineralization and air temperature (r = 0.425), together with the observed July mineralization peak (Section 3.5), is consistent with evapoconcentration of salts as an important salinization mechanism during the hot, low-precipitation summer months.

Several limitations should be noted. IDW, while simple and shown to perform well in comparable Uzbek settings (Khasanov et al., 2022), does not provide the same built-in estimate of interpolation uncertainty as geostatistical methods such as kriging, and a formal cross-validation of interpolation accuracy was outside the scope of the present study. The correlation analysis was based on district-scale seasonal aggregates rather than well-level or lagged monthly time series, which may obscure more complex, spatially varying, or time-delayed relationships, such as a lagged drainage response to irrigation events. Future work should incorporate cross-validated geostatistical interpolation, well-specific trend analysis in the style of Arifjanov et al. (2024), and direct field sampling of root-zone soil salinity, as in Jumaniyazov et al. (2024), to link groundwater conditions more directly to crop-level salinization outcomes.

5. Conclusion

This study mapped and analyzed six years (2020-2025) of seasonal groundwater-table and mineralization data from 313 wells in Shimbay district, Republic of Karakalpakstan, using IDW-based GIS interpolation and Pearson correlation analysis. District-average groundwater-table depth

(2.73-3.43 m) and mineralization (3.09-3.43 g/l) generally remained within the critical thresholds used for salinization-risk screening, and the spatial extent of critical groundwater-table conditions contracted over the study period. Mineralization, however, showed less improvement, and well-scale and spatial analyses identified persistent hotspots - a stable groundwater-table hotspot in the south-central district and a recurring mineralization hotspot in the north - that warrant priority attention for drainage rehabilitation and targeted monitoring. Precipitation and air temperature, together with the closely linked irrigation-drainage system, emerged as the principal correlates of groundwater dynamics, highlighting the combined role of climate and water management in controlling salinization risk in this part of the Amu Darya delta. Continued, well-resolved monitoring combined with GIS-based mapping remains an essential, low-cost tool for guiding land-reclamation priorities in Shimbay district and in comparable irrigated lowlands of the Aral Sea basin.

References

Arifjanov, A., Samiyev, L., Eshboyev, N., Xodjimuxamedova, S., Akramov, J., Makhmudov, B., 2024. The analysis of groundwater table variations in Termez district of Surkhandarya region, Uzbekistan: A spatio-temporal approach. BIO Web of Conferences 141, 02018. https://doi.org/10.1051/bioconf/202414102018

Arifjanov, A., et al., 2025. Spatio-temporal mapping of groundwater table and mineralization in Angor district, Surkhandarya Province, Uzbekistan, using IDW interpolation in ArcGIS 10.8. [Full source details to be completed by the author.]

Jumaniyazov, I., Juliev, M., Khudaybergenov, Y., Jaksibaev, R., Orazbaev, A., Amangeldieva, U., 2024. Analysis of soil salinity monitoring in irrigated areas (in case of Shimbay district, Republic of Karakalpakstan). E3S Web of Conferences 590, 01007. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202459001007

Khasanov, S., Li, F., Kulmatov, R., Zhang, Q., Qiao, Y., Odilov, S., Yu, P., Leng, P., Hirwa, H., Tian, C., Yang, G., Liu, H., Akhmatov, D., 2022. Evaluation of the perennial spatio-temporal changes in the groundwater level and mineralization, and soil salinity in irrigated lands of arid zone: as an example of Syrdarya Province, Uzbekistan. Agricultural Water Management 263, 107444. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107444

Kulmatov, R., Alimov, A., Opp, C., 2024. Determination and assessment of the groundwater table and mineralization in irrigated areas (Xojeli district, Republic of Karakalpakstan). BIO Web of Conferences 93, 04014. https://doi.org/10.1051/bioconf/20249304014

Mamatkulov, D., Safarov, E., 2023. Assessment of groundwater table and mineralization in irrigated lands of Surkhandarya Province, Uzbekistan, using GIS-based spatial interpolation. [Full source details to be completed by the author.]

Micklin, P., 2007. The Aral Sea disaster. Annual Review of Earth and Planetary Sciences

35, 47-72. https://doi.org/10.1146/annurev.earth.35.031306.140120
Samiyev, L., Akramov, J., Eshboyev, N., Xodjimuxamedova, S., Makhmudov, B., 2024. Assessment of groundwater levels and mineralization in irrigated areas using geographic information systems (a case study of Buvayda district). BIO Web of Conferences 141, 02015. https://doi.org/10.1051/bioconf/202414102015

UDK 631.4:528.93:504.064

ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИ ЕРЛАРИ ЭКОЛОГИК БАРҚАРОРЛИГИНИ ГЕОАХБОРОТ ТИЗИМЛАРИ АСОСИДА БАҲОЛАШ ВА МОНИТОРИНГ ҚИЛИШ УСУЛЛАРИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

Саидмуродова Нигина Бурхон қизи *- Қарши Давлат техника университети магистранти*

Аннотация. Мақолада қишлоқ хўжалиги ерларининг экологик барқарорлигини баҳолаш ва мониторинг қилишнинг замонавий геоахборот усуллари таҳлил этилган. Хорижий ва мамлакатимиздаги илмий адабиётлар шарҳи асосида мавжуд ёндашувларнинг афзаллик ва камчиликлари аниқланган. Марказий Осиёнинг сунъий суғориладиган, шўрланишга мойил агроландшафтлари учун мослаштирилган, кўп мезонли ва геоахборот тизимлари муҳитида узлуксиз ишлайдиган интеграциялашган экологик барқарорлик баҳолаш моделининг концептуал тузилиши таклиф этилган. Модель космик тасвирлардан олинадиган вегетация, шўрланиш ва иссиқлик индекслари, тупроқ ва рельеф маълумотлари ҳамда ер ости сувлари ҳолатини бирлаштиради. Таклиф этилган ёндашувнинг Ўзбекистондаги амалдаги рақамли аграр платформаларга интеграция қилиш имконияти кўрсатилган.

Калит сўзлар: геоинформатика, геоахборот тизимлари, экологик барқарорлик, масофадан зондлаш, қишлоқ хўжалиги ерлари, мониторинг, деградация, NDVI, шўрланиш индекси.

Аннотация. В статье анализируются современные геоинформационные методы оценки и мониторинга экологической устойчивости сельскохозяйственных земель. На основе обзора зарубежной и отечественной литературы выявлены преимущества и ограничения существующих подходов (отдельные индексы, композитные ландшафтные индексы, глобальная система индикаторов ЦУР 15.3.1). Предложена концептуальная структура интегрированной, многокритериальной модели оценки экологической устойчивости, адаптированной к орошаемым, подверженным засолению агроландшафтам Центральной Азии и функционирующей в среде ГИС в непрерывном режиме.

Ключевые слова: геоинформатика, геоинформационные системы, экологическая устойчивость, дистанционное зондирование, сельскохозяйственные земли, мониторинг, деградация.

Abstract. The article analyses modern geoinformation methods for assessing and monitoring the ecological

sustainability of agricultural lands. Based on a review of foreign and domestic literature, the advantages and limitations of existing approaches (single indices, composite landscape indices, the UNCCD/SDG 15.3.1 global framework) are identified. A conceptual structure for an integrated, multi-criteria ecological sustainability assessment model, adapted to irrigated, salinity-prone Central Asian agrolandscapes and operating continuously within a GIS environment, is proposed.
Keywords: geoinformatics, geographic information systems, ecological sustainability, remote sensing, agricultural land, monitoring, degradation.

КИРИШ

Қишлоқ хўжалиги ерларининг экологик барқарорлигини сақлаш ва оширish озиқ-овқат хавфсизлигини таъминлашнинг асосий шартларидан бири ҳисобланади. Бирлашган Миллатлар Ташкилотининг Чўлланишга қарши курашиш конвенцияси доирасида қабул қилинган Барқарор ривожланиш мақсадларининг 15.3-вазифаси 2030 йилга қадар ер деградацияси бўйича нейтрал дунёга эришишни назарда тутади, бунинг учун ер қоплами, ер маҳсулдорлиги ва тупроқ углерод захиралари бўйича учта субиндикатордан фойдаланилади [1].

Марказий Осиё, шу жумладан Ўзбекистон учун бу масала алоҳида долзарбдир: Орол денгизи ҳавзасида тахминан 22 миллион аҳоли суғориладиган деҳқончиликка боғлиқ [2], сўнгги йигирма йилда минтақада экин майдонларининг кенгайиши натижасида табиий ўсимлик қоплами тахминан 30 фоизга қисқарган, Орол бўйи ҳудудида эса ерларнинг ярмидан кўпи ўртача ва юқори даражада шўрланган [3]. Ўзбекистон бўйича ўтказилган умумлашган таҳлилларда мамлакат ҳудудининг ярмидан кўпи турли даражада деградацияга учраганлиги, 1990–2020 йилларда тупроқ гумуси 1,3–1,5 баробарга камайганлиги ва бир қатор вилоятларда (Жиззах, Наманган, Фарғона) шўрланиш даражаси икки-уч баробарга ошгани аниқланган [4].

Ушбу муаммоларга жавобан давлат томонидан аграр соҳани рақамлаштириш бўйича бир қатор чора-тадбирлар амалга оширилмоқда, жумладан «Агроплатформа» ягона ахборот тизими [5] ва ер мониторинги давлат тизимини такомиллаштириш [6]. Шу билан бирга, амалдаги пилот лойиҳалар (масалан, «Ўзбеккосмос» агентлигининг тор ҳудудий, икки индексли мониторинг лойиҳаси [7]) ҳали экологик барқарорликни комплекс баҳолашга мўлжалланмаган. Мазкур мақоланинг мақсади — мавжуд халқаро ва миллий тажрибани таҳлил қилиш асосида, геоахборот тизимлари муҳитида ишлайдиган, кўп мезонли экологик барқарорлик баҳолаш ва мониторинг қилиш моделининг концептуал асосини таклиф этишдан иборат.

Халқаро амалиётда экологик барқарорликни баҳолашга оид тадқиқотларнинг тизимли шарҳида (1990–2022 йилларда нашр этилган 800 дан ортиқ мақола орасидан 49 таси чуқур таҳлил қилинган) масофадан зондлашга асосланган 101 та турли кўрсаткич аниқланган, уларнинг тахминан учдан бир қисми фақат ер қоплами/фойдаланиш харитасига таянади [8]. Бу

кўрсаткичлар тизимининг парчаланганлигини кўрсатади.

Композит индекслар йўналишида Мисрда ArcGIS асосида ишлаб чиқилган «Барқарор қишлоқ хўжалиги фазовий модели» (SASM) беш омил (маҳсулдорлик, хавфсизлик, муҳофаза, иқтисодий фойдалилик, ижтимоий қабул қилиниш) асосида ҳудудни уч синфга ажратган [9]. Японияда (Цукуба университети) кўп мезонли қарор қабул қилиш ва fuzzy-таҳлилни бирлаштирган тадқиқотда саккизта мезон (SAVI, ARVI, SARVI, MSAVI, OSAVI индекслари, LST ва рельеф қияли) асосида ер яроқлилиги баҳоланиб, натижавий модель ҳосилдорлик билан юқори мослик (R^2=0,839) кўрсатган [10].

Ландшафт даражасидаги ёндашувга мисол сифатида Бенин тадқиқотида «инсон таъсири коэффициентлари» орқали ҳисобланган LESI индекси ва фазовий автокорреляция таҳлили (Морана I) келтирилган; ўн битта биофизик омил асосидаги регрессия моделининг паст тушунтирувчанлиги (R^2≤0,081) экологик барқарорликнинг кўп омилли табиатини тасдиқлайди [11]. Ҳиндистонда «босим–ҳолат–жавоб» концепцияси асосида яшиллик, қуруқлик ва иссиқлик индекслари PCA орқали бирлаштирилиб, RSBI индекси яратилган [12].

Минтақавий адабиётда Хоразм вилояти мисолида логистик регрессия асосида деградация омиллари (ер ости сувлари сатҳи — 330%, ердан фойдаланиш интенсивлиги — 103%, тупроқ сифати — 49%, рельеф қияли — 29%, ер ости сувлари шўрланиши — 26% нисбий таъсир кучи билан) аниқланган [13]. Сурхондарё ҳавзаси мисолида 2000–2020 йиллар мобайнида ер қоплами ва экологик хавф зоналари ўзгариши таҳлил қилинган [3]. Landsat-8 маълумотлари асосида NDSI ва NDVI индексларини тупроқ ва рельеф қатламлари билан бирлаштирган тадқиқот эса методологик жиҳатдан энг яқин аналог ҳисобланади, аммо у фақат шўрланиш омилига қаратилган [14].

Ўтказилган таҳлил шуни кўрсатадики, мавжуд ёндашувлар орасида на минтақага мослаштирилган ва баробарида кўп мезонли, на ГАТ муҳитида узлуксиз ишлайдиган ягона методология мавжуд эмас. Айнан шу бўшлиқ қуйида таклиф этилаётган моделнинг асосини ташкил этади.

Юқорида кўриб чиқилган тажрибалар асосида қишлоқ хўжалиги ерларининг экологик барқарорлигини баҳолашнинг интеграциялашган геоахборот модели қуйидаги тўрт босқичдан иборат бўлиши таклиф этилади: (1) геофазовий маълумотларни йиғиш ва дастлабки қайта ишлаш; (2) хусусий индикаторларни ҳисоблаш; (3) кўп мезонли интеграциялашган индексни (ҚХЕБИ — Қишлоқ Хўжалиги Ерлари Барқарорлик Индекси) шакллантириш; (4) натижаларни ГАТ муҳитида харитага тушириш ва узлуксиз мониторинг қилиш.

Биринчи босқичда Sentinel-2 ва Landsat каби бепул тарқатиладиган космик тасвирлар, рақамли рельеф модели (DEM), тупроқ ва ер ости сувлари бўйича маълумотлар базалари ҳамда дала кузатувлари жалб этилади. Иккинчи босқичда қуйидаги хусусий индикаторлар ҳисобланади (1-жадвал).

№	Индикатор	Манба (маълумот)	Экологик барқарорлик жиҳати
1	NDVI (норм. ўсимлик индекси)	Sentinel-2/Landsat	Вегетация ҳолати ва фотосинтетик фаоллик
2	NDSI/SSI (шўрланиш индекси)	Sentinel-2/Landsat	Тупроқ шўрланиш даражаси
3	LST (ер юзаси ҳарорати)	Landsat термал канали	Иссиқлик стресси ва қурғоқчилик хавфи
4	Тупроқ унумдорлиги (бонитет балли)	Кадастр маълумотлари	Тупроқ сифати ва унумдорлик салоҳияти
5	Ер ости сувлари сатҳи	Гидрогеологик мониторинг	Сизот сувлари таъсиридаги деградация хавфи
6	Рельеф қияли (slope)	Рақамли рельеф модели (DEM)	Эрозияга мойиллик
7	Ер қоплами/фойдаланиш ўзгариши	Кўп даврий (мультивремена) тасвирлар	Экотизим функцияси ва ландшафт барқарорлиги

1-жадвал. Экологик барқарорлик индексига киритиладиган асосий геофазовий индикаторлар

Учинчи босқичда ҳар бир индикатор 0–1 оралиғида нормаллаштирилиб, эксперт баҳолаш усули (масалан, Саати иерархиялар таҳлили усули — AHP) орқали аниқланган вазн коэффициентлари билан бирлаштирилади:

ҚХЕБИ = Σ (wi × Ii), бунда wi — i-индикаторнинг вазн коэффициенти (Σwi = 1), Ii — i-индикаторнинг нормаллаштирилган қиймати.

Бундай тузилиш моделга икки муҳим хусусиятни беради: биринчидан, у Хоразм тадқиқотида аниқланган деградация омилларининг нисбий таъсир кучини [13] вазн коэффициентлари орқали ҳисобга олиш имконини беради; иккинчидан, у Япония тадқиқотчилари томонидан синалган fuzzy-MCDM ёндашувига [10] ўтишга мослашувчан бўлиб, аниқ статистик асос мавжуд бўлмаган ҳолатларда ҳам қўллаш имконини беради.

Тўртинчи босқичда ҳисобланган ҚХЕБИ қиймати ГАТ муҳитида (масалан, QGIS ёки ArcGIS платформасида) хаританинг растр қатлами сифатида шакллантирилади ва беш даражали шкала (жуда барқарор — барқарор эмас) бўйича таснифланади. Бенин тадқиқотида қўлланилган фазовий автокорреляция таҳлили (Морана I, LISA) [11] орқали барқарорлик даражасининг ҳудудий кластерланиши аниқланади, бу деградацияга мойил «иссиқ нуқталар»ни олдиндан аниқлаш имконини беради.

НАТИЖАЛАР ВА МУҲОКАМА

Таклиф этилган модель мавжуд ёндашувлардан бир нечта жиҳати билан фарқланади. Биринчидан, у алоҳида индекслар (фақат NDVI ёки фақат SSI) ўрнига етти компонентли интеграциялашган кўрсаткичдан фойдаланади, бу Ўзбекистон

агроландшафтларининг кўп омилли табиатини (шўрланиш, эрозия, гидрогеологик омиллар, тупроқ унумдорлиги) яхлит ҳолда акс эттиради. Иккинчидан, модель UNCCD/SDG 15.3.1 каби глобал freymvork билан методологик уйғунликни сақлаган ҳолда [1], туман ва хўжалик даражасидаги амалий қарор қабул қилиш учун зарур фазовий аниқликни таъминлайди.

Учинчидан, моделнинг модуль тузилиши уни амалдаги рақамли платформаларга — жумладан «Рақамли қишлоқ хўжалиги» интеграцион платформаси таркибидаги «Агроплатформа» ахборот тизимига [5], шунингдек ТИҚХММИ негизида Корея Республикаси МАФРА ва МОЛИТ вазирликлари ҳамкорлигида амалга оширилаётган, Тошкент вилояти учун мўлжалланган рақамли қишлоқ хўжалиги платформаси лойиҳасига [15] — интеграция қилиш имконини беради. Бу эса тадқиқот натижаларининг амалиётга тезкор жорий этилиши учун реал асос яратади.

Моделнинг амалий синовдан ўтказилиши кейинги тадқиқот босқичида — танланган туман миқёсидаги намунавий майдонларда кўп даврий космик тасвирлар ва дала маълумотларини қиёсий таҳлил қилиш орқали амалга оширилиши режалаштирилган. Бунда моделнинг аниқлиги дала натижалари (ground-truth) билан солиштириб текширилади, вазн коэффициентлари эса статистик оптималлаштириш (масалан, регрессия ёки PCA усуллари [12; 13]) орқали такомиллаштирилади.

ХУЛОСА

Ўтказилган таҳлил қишлоқ хўжалиги ерларининг экологик барқарорлигини баҳолашда халқаро амалиётда турли методологик ёндашувлар мавжудлигини, аммо уларнинг ҳеч бири Марказий Осиёнинг сунъий суғориладиган, шўрланишга мойил агроландшафтларига тўлиқ мослаштирилмаганини кўрсатди. Мақолада таклиф этилган етти компонентли, вазнли интеграциялашган ҚХЕБИ модели мазкур бўшлиқни бартараф этишга қаратилган бўлиб, у геоахборот тизимлари муҳитида узлуксиз ишлаш, глобал SDG 15.3.1 freymvorki билан уйғунлик ва амалдаги миллий рақамли аграр платформаларга интеграция қилиш имкониятларини ўзида мужассамлаштиради. Моделни амалий синовдан ўтказиш ва вазн коэффициентларини статистик асослаш кейинги тадқиқотларнинг устувор йўналиши ҳисобланади.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). Good Practice Guidance for Assessing SDG Indicator 15.3.1. – Bonn: UNCCD, 2017.
2. Dubovyk O., Menz G., Conrad C., Kan E., Machwitz M., Khamzina A. Spatio-temporal analyses of cropland degradation in the irrigated lowlands of Uzbekistan // Environmental Monitoring and Assessment. – 2013. – Vol. 185, No. 6. – P. 4775–4790.
3. Khasanov P. et al. Remote sensing for ecological status assessment of agricultural landscapes in the Surkhandarya Terrestrial Basin, Uzbekistan // E3S Web of Conferences, GASES 2026. – Art. 02007.
4. Land degradation in Uzbekistan: remote sensing- and GIS-based

assessment of NDVI, soil and salinity trends (1990–2020) // Frontiers in Sustainable Food Systems. – 2025.
5. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2023 йил 2 августдаги ПҚ–257-сон Қарори «Агроплатформа» ахборот тизими тўғрисида.
6. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2021 йил 24 февралдаги ер тузиш, кадастр ва ер мониторинги давлат бошқаруви тизимини такомиллаштиришга доир Қарори.
7. Uzbekcosmos to monitor soil salinity with satellite imagery // kun.uz, 28.02.2025.
8. Padonou M.J.D.D. et al. Ecological sustainability indicators of agroecosystems derived from satellite remote sensing: a systematic review // Cahiers Agricultures. – 2024.
9. Mohamed E.S., Saleh A.M., Belal A.A. Sustainability indicators for agricultural land use based on GIS spatial modeling in North of Sinai-Egypt // Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences. – 2014. – Vol. 17, No. 1. – P. 1–15.
10. Ahamed T., Noguchi R. et al. Remote sensing-based soil-vegetation indicators for land suitability assessment using GIS multicriteria and fuzzy analysis // Land. – 2021. – Vol. 10, No. 2. – Art. 223.
11. Remote sensing-based assessment of the spatio-temporal dynamics of the ecological sustainability of agricultural landscapes in Northern Benin (LESI) // Preprints.org. – 2026.
12. Towards environmental sustainability: integrating remote sensing and GIS for ecology assessment (Mahi Bajaj Sagar catchment, India) // Environment and Ecosystem Science / EJSD. – 2024.
13. GIS and remote sensing-based soil salinity mapping using NDSI and NDVI indices derived from Landsat-8 OLI imagery // E3S Web of Conferences. – 2023. – Art. 02004.
14. ТИҚХММИ ва Корея Республикаси МАФРА, МОЛИТ вазирликлари ҳамкорлигидаги 2024–2027 йилларга мўлжалланган грант лойиҳаси // gov.uz, «Геоахборот тизими» бўлими.

Geodeziya, kartografiya va geoinformatika
Ilmiy-Texnik jurnalida maqola chop etish uchun qo‘yiladigan
TALABLAR

“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muxandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti Yer resurslari va kadastr fakultetining “Geodeziya, kartografiya va geoinformatika” ilmiy-texnik jurnali maqolalarni elektron shaklda qabul qiladi.

Maqolalarni u.muxtorov@tiiame.uz elektron manzili orqali yuborishingiz mumkin. Tel. +998 90 974 91 49.

1. Muallif tomonidan taqdim etilayotgan ilmiy maqola mavzusi “Geodeziya, kartografiya va geoinformatika” ilmiy-texnik jurnalining “Jurnal kategoriyalari” ruknida keltirilgan yo'nalishlarning biriga mos kelishi lozim.

2. Maqolalar asosan empirik tadqiqot, keys-stadi, adabiyotlar tahlili va sharh, meta-analiz, nazariya, amaliyot, uslubiyot, professional ilmiy taqriz va boshqa tavsifga ega bo'lishi ko'zda tutiladi.

3. Maqola xalqaro andozalar talabi doirasidagi quyidagi aniq bandlarga ega bo'lishi lozim:

- Maqola mavzusi (Title)

Maqola mavzusi imkon qadar qisqa va lo'nda ko'rinishda shakllantirilgan bo'lib, maqolaning tadqiqot yo'nalishini aniq ifoda etishi lozim.

- Maqola muallifi to'g'risida ma'lumot (Author information)

Ushbu qismda muallifning ismi-sharifi (otasining ismi bilan), ish joyi va lavozimi, ilmiy darajasi va unvoni, elektron pochta manzili va muloqot telefon raqamlari kiritiladi.

- Maqola annotatsiyasi (Abstract)

Maqola annotatsiyasi ko'pi bilan 50 so'zdan iborat bo'lgan, maqolaning umumiy mazmunini qisqacha tarzda yoritib beruvchi qism hisoblanadi. Maqola annotatsiyasi tadqiqot muammosi, uning dolzarbligi, tadqiqot muammosini ochib berish uchun qo'llanilgan metodologiya, tadqiqot natijalari, maqolaning to'la mazmunidan kelib chiqqan holda muallifning ilmiy va amaliy hissasining qisqacha bayoni hisoblanadi. Maqola annotatsiyasi o'zbek, ruc hamda ingliz tillarida taqdim etilishi shart.

- Tahlil va natijalar (Analysis and results)

Tadqiqotning tahlil qismi tadqiqot metodologiyasida avvaldan belgilab olingan tahlil usullari (matematik modellar va boshqalar) orqali yig'ilgan ma'lumotlarning tahlilini amalga oshiradi. Bunda faqatgina tahlil usulining natijalari ifoda etiladi; topilgan natijalar bo'yicha muhokama maqolaning keyingi qismining vazifasi hisoblanadi.

- Tadqiqot natijalarining muhokamasi (Discussion)

Tahlil qismi natijalari mavzuga oid adabiyotlar tahlili natijalari va xulosalariga taqqoslash hamda shaxsiy fikrlar orqali muhokamasini nazarda tutadi. Bir so'z bilan aytganda bu qism tadqiqot natijalarini izohlash vazifasini bajaradi.

- Xulosa va takliflar (Conclusion/Recommendations)

Tadqiqotning maqsad, vazifalarining anglashilganligi hamda tadqiqot savollarining o'z javobini topganligi, tadqiqotning asosiy natijalariga va tadqiqotning umumiy jarayoniga umumiy xulosalar, shu bilan birga, takliflar va ayni tadqiqotdan kelib chiqqan holda kelajak tadqiqot ishi yo'nalishlari maqola xulosa va takliflari qismining asosini tashkil etadi.

- Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati (Reference)

Bu qism tadqiqotda foydalanilgan barcha adabiyotlarning ro'yxatini e'lon qiladi. Maqolada foydalanilgan barcha havolalar bu qismda alifbo ketma-ketligida Garvard shakli talablarida qayd qilinadi:

mualliflar ismi-sharifi, (yili), kitob nomi, nashr manzili (Rossiya, O'zbekiston va h.k.), nashriyot nomi;

mualliflar ismi-sharifi, (yili), maqola nomi, jurnal nomi, nashri, soni, betlari.

4. Maqola matni shrifti “Times New Roman”da, 14 kegelda bo'lib, qatorlar oraliqlari masofasi 1 intervalda bo'lishi tavsiya etiladi. Maqola matni sahifasining barcha (o'ng, chap, yuqori va quyi) tomonidan 2 santimetrdan iborat masofa qoldiriladi. Maqolaning hajmi cheklanmagani holda, eng minimal hajmi 4-6 betdan kam bo'lmasligi tavsiya etiladi. Foydalanilgan adabiyotlar soni ham kamida 10 manbadan iborat bo'lishi maqola sifatining muhim sharti bo'lib xizmat qiladi.

5. Maqolada jadval nomlari uning yuqori qismida, chizma yoki rasmlar nomlari ularning quyi qismida beriladi. Albatta, maqolada zarur o'rinlarda jadval, chizma va rasmlarning berilishi maqola sifatini oshiruvchi manba bo'lib xizmat qiladi.

6. Maqolada foydalanilgan jadval, chizma va rasmlarning manbaasi o'sha betning pastki qismida “Snoska” dasturi orqali Garvard shaklida ifodalanishi kerak.

7. Maqola ichida beriluvchi havolalar Garvard shakli (Narvard style) talablari asosida quyidagicha beriladi:

8. Maqolalar o'zbek, rus yoki ingliz tillarida taqdim etilishi mumkin.

Yuqoridagi talablarga javob bermaydigan maqolalar tahririyat tomonidan ko'rib chiqilmaydi.

