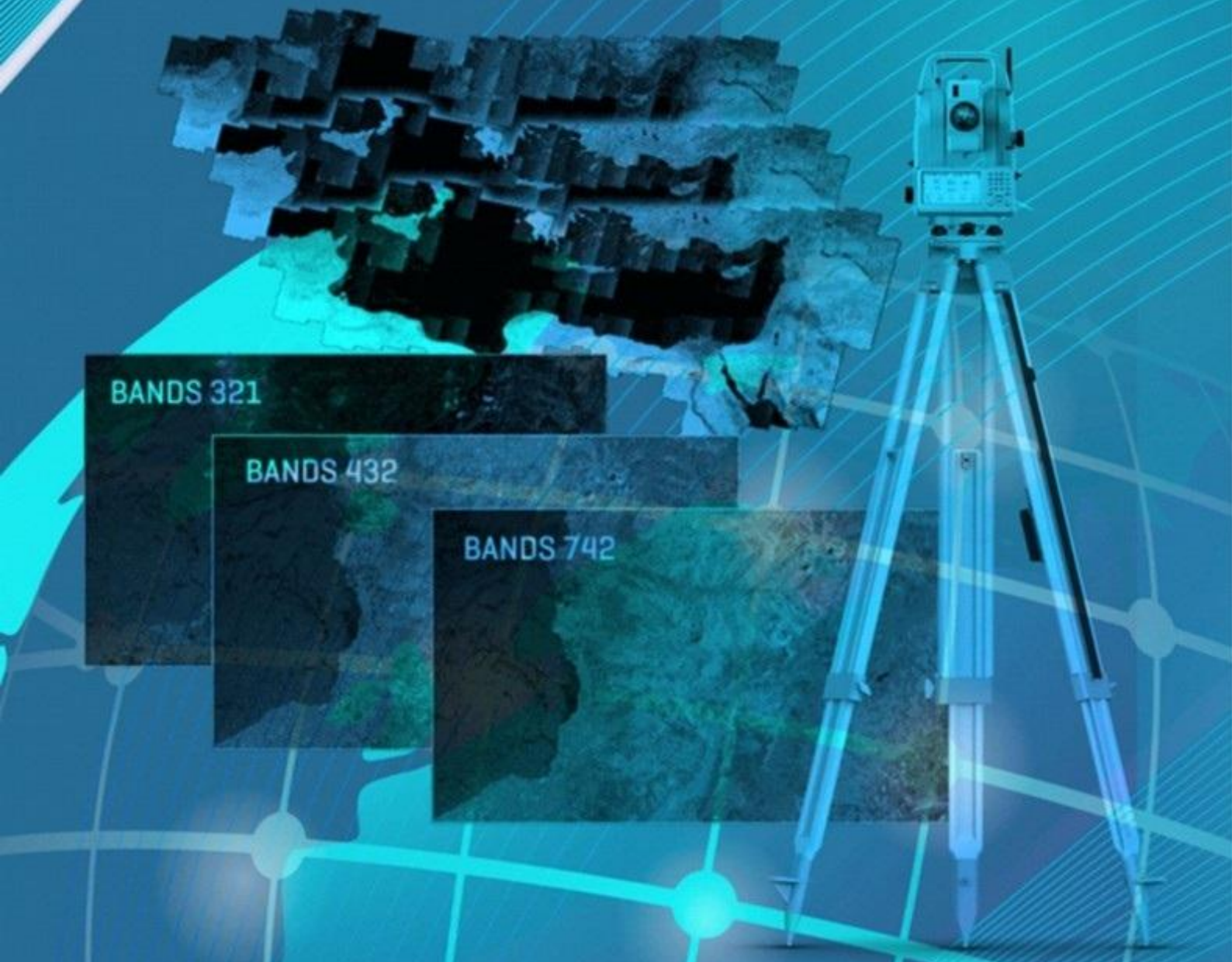
GKG

GEODEZIYA, KARTOGRAFIYA VA GEOINFORMATIKA

ILMIY - TEXNIK JURNALI

ISSN-I-2181-4546



GEODEZIYA
KARTOGRAFIYA
GEOINFORMATIKA

№3
2026

“Geodeziya, kartografiya va geoinformatika” Ilmiy-texnik jurnal 2026-yil 3-son

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).*

Egamberdiyeva Shaxnoza Abdurashidovna *Andijon davlat texnika universiteti “Qurilish muhandisligi va arxitektura” kafedrasi mudiri, PhD, dotsent.*

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

Научно-технический журнал «Геодезия, картография и геоинформатика» Выпуск 3 от 2026 г.

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*

Алиреза 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*

Эгамбердиева Шахноза Абдирашидовна *Заведующий кафедрой «Строительная инженерия и архитектура» Андижанского государственного технического университета, PhD, доцент*

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.

"Geodesy, cartography and geoinformatics" Scientific and technical journal, issue 3, 2026

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*
Egamberdieva Shakhnoza Abdurashidovna	*Head of the Department of Civil Engineering and Architecture at Andijan State Technical University, PhD, Associate Professor*

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.

Mundarija/Содержание/Contents

Abdurakhmanova Khilola Lutfillakhanovna - *Methodological approaches to land surface temperature and urban heat island analysis using google earth engine (case study: andijan region)*.....7

Abulqosim Tursunaliyev , Ardasher Haydarov, Farrux Kamolov, Musayev Habib - *Assessment of the ecological condition of a municipal solid waste landfill using gis and remote sensing technologies (a case study of the ohangaron landfill, tashkent region)*.....17

Abulqosim Tursunaliyev, Ardasher Haydarov, Farrux Kamolov- *Returning closed municipal solid waste landfills to economic use: the brightfield concept and its economic efficiency (a case study of the ohangaron*.....28

Xurramova Nazira Xurram qizi -*O'rta zarafshon havzasida antropogen landshaftlarning shakllanishi va rivojlanishida geologik taraqqiyot bosqichlarining o'rni*.....36

E.Y.Safarov, A.A.Mo'minov-*O'zbekiston agrar sektorini transformatsiya qilishning geoinformatsion ayrim masalalari*.....41

Jumayev Xayrulla Xayitovich, Rustamov Rajab Baxtiyorovich-*Buxoro viloyatida turizm qishloqlarini rivojlantirishda ijtimoiy-iqtisodiy va ekologik omillarning ta'siri*.....49

Ochilov Sanjar Zokir o'g'li- *Qarnob cho'l ko'p yillik (1960-2025) iqlimiy ko'rsatgichlari tahlili*.....58

Алтиев Абдурашид Султанович, Пардабоев Анваржон Пардабой ўғли, Рахимов Шерзод Шавкатович - *Давлат кадастрлари геоахборот базалари асосида ҳудудларни режалаштириш механизмини такомиллаштириш*.....68

Алтиев Абдурашид Султанович, Пардабоев Анваржон Пардабой ўғли, Сайидов Бахтиёр Мамасолиевич- *Ҳудуднинг мастер режасини ишлаб чиқиш услубларини такомиллаштириш*.....73

Mirjalalov Nuriddin To'lkun o'g'li, Juraev Abdulla Yusupovich*-UAV fotogrammetriyasi, 3d geoaxborot modeli va raqamli egizak texnologiyalari asosida sug'oriladigan yerlar kartalarini yangilash uslubini takomillashtirish*.....80

Mirjalalov Nuriddin To'lkun o'g'li, Juraev Abdulla Yusupovich-*Toshkent viloyati sug'oriladigan yerlarini masofadan zondlash va geoaxborot texnologiyalari asosida kartografik modellashtirish*.....90

Oymatov Rustam Kamariddinovich-*Sug'oriladigan yerlarning ekologik holatini baholashning umumiy metodologiyasi va kartografik talqini*.....99

Oymatov Rustam Kamariddinovich - *Sug'oriladigan yerlarning ekologik statusini xaritaga olishda tizimli va kompleks yondashuv*.....105

S.A.Tashpulatov, A.R.Valiyeva, Н.Ж.Шавкатова-*Применение ряда Фурье при исследовании погрешностей геодезических измерений имеющих периодические систематические составляющие*.....111

Jumayev Xayrulla Xayitovich - *Sanatoriya-kurort faoliyatni tadqiq qilishning ijtimoiy-iqtisodiy geografik jihatlari* 117

Reymov Polat Rasbergenovich, Matjanova Shinar Kadirbaevna, Kannazarov Zafar Urazbaevich- *Socio-geographical aspects of sustainable development in karakalpakstan and methods for their mapping*.....126

Oymatov R.K., Safarov E.YU., Prenov SH.M-*Iqlim o'zgarishi sharoitida sug'oriladigan yerlarning ekologik holatini tadqiq qilish va kartaga olish: usullar, yondashuvlar va materiallar* 135

Mavlonova Gulrux Baxtiyorovna – *Yer tuzish loyihalarini ishlab chiqishda gat va bim texnologiyalarini integratsiyalashgan holda qo'llash metodologiyasi*.....143

Mavlonova Gulrux Baxtiyorovna – *Yer resurslaridan foydalanish samaradorligini baholashda sun'iy intellekt va katta ma'lumotlar (big data) texnologiyalarini qo'llash*.....150

Yo'ldoshev Jahongir Odilbek o'g'li -*Tarixiy obidalar zonalarida yer yuzasi deformatsiyalarini radar interferometriyasi va rekurrent neyron tarmoqlar asosida bashoratlash*.....156

Abdukarimov Maxsud Miraz o'g'li-*Suv ombori to'g'onlarini suv-niqobsiz sbas-insar usulida monitoring qilish metodikasi*.....169

R.Usmanova-*Arid hududlarda iqlim o`zgarishining geoekologik muammolari (Qashqadaryo viloyati misolida)*.....174

Ro'ziqulova O.Sh, Oymatov R.K, Komilova N.Q - *Tibbiy-geografik karta va atlaslarni yaratish konsepsiyasi-davr talabI*.....179

Ro'ziqulova O.Ш.*-"Kasallik o'choqlarini aniqlashda fazoviy tahlillarni qo'llash*.....188

Sulaymonov Sh.A - *Urgut erkin iqtisodiy zonasi sanoat korxonalarining hududiy joylashuv xususiyatlari*.....196

Alimqulova Robiya Asliddin qizi - *Zarafshon vodiysi to'qay landshaftlari dinamikasi*.....208

Yarashev Quvondiq Safarovich, Davranova Robiyaxon Kamalidinovna - *O`rta zarafshon havzasi geoekologik holatini masofadan tadqiq etish va kartalashtirish*.....215

Azamat Fozilov - *Spatial Variability and Multivariate Geochemical Signatures of Potentially Toxic Elements in Atmospheric Dust across the Akhangaran River Basin, Uzbekistan*.....221

Abdiaxatova Dilshoda Boxodir qizi- *Samarqand viloyatida yer osti suvlarining shakllanishiga ta'sir etuvchi tabiiy va antropogen omillar*.....238

Ravshanov Aliqul Xudoyberdiyevich, Jurayev Jamshid Sunatilloyevich, Sharipova Mehribon Zafar qizi *- GAT texnologiyalari asosida zarafshon havzasida qurg'oqchilik darajasini baholash va kartalashtirish.....247*
Egamberdiyeva Shaxnoza Abdurashidovna *-GIS texnologiyalari va raqamli relyef modeli asosida Andijon viloyati hududini muhandislik-geomorfologik xaritalash.....253*
Xalimov Ibrohimjon Turg'unboy o'g'li *- Gidrotexnika inshootlari qurilishida bim va geodezik o'lchash ma'lumotlarini integratsiyalash.....265*
Boltaboyev Otamirza Sattarovich *- Andijon viloyatidagi gidrotexnika inshootlarining deformatsiyalarini GNSS va elektron taxeometriya asosida geodezik monitoring qilish.....279*
Murodova D.S *- O'zbekistonda aholining o'sishi va ijtimoiy muammolarning geografik xususiyatlari.....292*
Manuchexr Xaydarovich Bobokalonov *- samarqand shahrida yomg'ir suvlari to'planish hududlarini fjd trion s1 mobil lazer skaneri yordamida modellashtirish.....299*
Sh.Y.Sattorov, J.J.Pirimov, A.M.Abduloyev, K.H.Jurayev, F.F.Jo'raqulov *- Madaniy meros obyektlari davlat kadastri uchun ko'p qatlamli geoaxborot bazasining konseptual modelini ishlab chiqish.....309*
A.M.Abduloyev, J.J.Pirimov, Sh.Y.Sattorov, K.H.Jurayev, F.F.Jo'raqulov *- Tabiiy resurslarni boshqarishda geofazoviy texnologiyalardan foydalanish samaradorligini oshirish.....316*
Nurmatov Asliddin Urozovich, Mustafayeva Zarina Tohir qizi *- Ta'lim infrastrukturasining rivojlanishiga ta'sir etuvchi tabiiy va ijtimoiy-iqtisodiy geografik omillarni baholash metodlari.....325*
Nurmatov Asliddin Urozovich *- Umumiy o'rta ta'lim muassasalari infrastrukturasini o'rganishda xorijiy va milliy ilmiy yondashuvlar.....334*
B.V.Saipova, Y.J.Romanov *- Improving methodology for agricultural land monitoring (a case study of forish district, jizzakh region).....344*
Abdirahmonov Sobir Tolliboy o'g'li, Ochilov Sanjar Zokiro'g'li *- Global iqlim o'zgarishining o'zbekiston tabiiy landshaftlariga ta'siri va uning oqibatlari.....351*
Rahmonov Jahongir Qosimjonovich *- Types of easements in developed countries and the features of their administration 359*
Rahmonov Jahongir Qosimjonovich *- Improving the development of private easement agreements.....367*
Xamidova Rayxona Maxmudovna, G'aniyev Shaxob Rabimkulovich *- Qor va yomg'ir suvlari hisobiga yer osti suvlarini to'ldirishda g'ovakli asfalt texnologiyasining imkoniyatlari.....375*
Sultonov Shuxrat Adxamovich, Suyunova Irodaxon Abdimannon qizi, Ulashova Laylo Toxir qizi *- Yakkabog' tumani tog'oldi mintaqasida tuproq eroziyasi va yaylov degradatsiyasi.....383*
N.M.Suyarqulov *- Hisorak suv ombori misolida qashqadaryo viloyati gidroenergetik potensialini oshirish yo'llari.....389*
Raxmonov Qosimdjon, Raxmonov Jahongir Qosimjonovich *- Mahalla fuqarolar yig'ini hududida ommaviy servitutlarni joriy etish xususiyatlari va afzalliklari.....399*
A.Ashurov *- Land use and water resources in the context of climate.....407*
Саидмуродова Нигина Бурхон қизи *- Қишлоқ хўжалиги ерларининг экологик барқарорлиги: тушунча, таркибий қисмлар ва уни баҳолаш омиллари.....420*
Муродова Шаҳодат Музаффаровна *- Ер тузиш лойиҳаларини ишлаб чиқишда гат технологияларининг ўрни ва аҳамияти.....425*
Jurakulov Doniyor Ochilovich, Ibragimov Lazizbek Toshpulat o'g'li, Akaboyev Jasur Abdug'apporovich *- Aholi punkti yerlari hisobini ekonometrik modellashtirish asosida prognoz ko'rsatkichlarini ishlab chiqish.....429*
Shuxrat Abdusaliyevich Suyunov *- O'zbekiston sharoitida geodezik o'lchashlarga atmosferaning yerga yaqin qatlami ta'sirini balandlik bo'yicha aniqlash muammolari.....442*
F.F.Jo'raqulov, S.H.Oltinov, Sh.Y.Sattorov, J.J.Pirimov, T.A.Ismatov *- Hayvonot dunyosi obyektlari davlat kadastrini yuritishda xalqaro tajribaning ilmiy-amaliy ahamiyati 452*
Sh.Y.Sattorov, J.J.Pirimov, F.F.Jo'raqulov, T.A.Ismatov *- Madaniy meros obyektlarini aniqlash, hisobga olish va ma'lumotlarni shakllantirish usullari 458*
Shakhzod Sattorov, Kurbon Jurayev, Temurbek Ismatov, Fazliddin Jurakulov *- The content and procedure for maintaining the state cadastre of flora objects in the unified system of state cadastres.....467*

UDK 911.3:004.9:528.8

METHODOLOGICAL APPROACHES TO LAND SURFACE TEMPERATURE AND URBAN HEAT ISLAND ANALYSIS USING GOOGLE EARTH ENGINE (CASE STUDY: ANDIJAN REGION)

Abdurakhmanova Khilola Lutfillakhanovna *- Andijan State University, Andijan, Uzbekistan*

Abstract. *This study presents a spatial analysis of Land Surface Temperature (LST) and the Urban Heat Island (UHI) index using the Google Earth Engine (GEE) cloud-computing platform and Landsat 8 Collection 2 Tier 1 Level-2 satellite imagery. The study period covers May–September 2025, representing peak vegetation and thermal activity. Scenes with less than 1% cloud cover were composited using median aggregation to minimise atmospheric noise and temporal anomalies.*

LST retrieval followed a sequential algorithm: NDVI → fractional vegetation cover (Pv) → land surface emissivity (ε) → brightness temperature (Tb) → LST. The UHI index was expressed as a z-score of LST, enabling statistically objective delineation of heat-island zones without reliance on fixed thresholds.

Results indicate that LST across the study area ranges from 27°C to 52°C, with industrial and high-density residential districts registering 12–18°C higher than vegetated and water-body zones. UHI mapping revealed that intense heat-island areas occupy 18% of the total extent, while cool (green) zones cover 26%.

Keywords: *Google Earth Engine, spatial analysis, remote sensing, land surface temperature, LST, cloud computing, GIS, Andijan region*

Аннотация: *Данное исследование посвящено пространственному анализу температуры поверхности Земли (LST) и индекса городского острова тепла (UHI) с использованием облачно-вычислительной платформы Google Earth Engine (GEE) и спутниковых снимков Landsat 8 Collection 2 Tier 1 Level-2. Для анализа выбран период май–сентябрь 2025 года, характеризующийся максимальной вегетационной и тепловой активностью; снимки с облачностью менее 1% были объединены методом медианной агрегации.*

Для расчёта LST применялась последовательная алгоритмическая цепочка: NDVI → доля растительного покрова (Pv) → излучательная способность поверхности (ε) → яркостная температура (Tb) → LST. Индекс UHI рассчитывался как z-оценка LST, что позволяет объективно выделять острова тепла на статистической основе.

Результаты показали, что температура поверхности в исследуемом районе варьируется от 27°C до 52°C, причём промышленные и плотно застроенные жилые

районы оказываются на 12–18°C теплее зелёных зон и водных объектов. По карте UHI установлено, что зоны с выраженным островом тепла занимают 18% площади, тогда как «холодные» (зелёные) зоны — 26%.

Ключевые слова**: температура поверхности Земли, городской остров тепла, Landsat 8, Google Earth Engine, NDVI, излучательная способность, дистанционное зондирование, городской микроклимат, z-оценка UHI.**

Introduction and problem statement. In recent years, the need for environmental monitoring has grown sharply as a result of global climate change, the acceleration of urbanisation processes, and the intensive use of natural resources. Under these conditions, the volume of spatial data is expanding rapidly, and traditional geographic information systems (GIS) often lack the capacity to process and analyse it. In particular, the processes of storing, processing, and analysing large volumes of remote sensing data require high computational power.

Geoinformation platforms based on cloud computing technologies are playing a crucial role in solving this problem. One such modern platform is Google Earth Engine (GEE), which has a global archive of satellite data and enables its near-real-time processing [1]. Through the GEE platform, users can perform spatial analyses quickly and efficiently using data from Landsat, Sentinel, and other space-based data sources [2]. At the same time, although the technical capabilities of the GEE platform have been extensively covered in existing scientific research, the methodological aspects of its application at the regional level, particularly the development of analysis algorithms based on clear stages, have not been sufficiently systematised. This makes it difficult to use the platform effectively in practical research.

The aim and objectives of the work. This study aims to develop a methodological approach for analysing spatial data based on the Google Earth Engine platform and to validate it in practice using the example of the Andijan region. Within the scope of the study, the stages of selecting remote sensing data, its pre-processing, analysis, and visualisation of the results are systematically covered.

The research tasks consist of the following:

- To identify the main capabilities of the GEE platform in spatial analysis;
- to develop an analysis algorithm based on remote sensing data;
- to process spatial data and evaluate the results at a regional scale;
- to develop methodological recommendations based on the obtained results.

Study of the problem. The problem of processing large volumes of geospatial data is a

pressing issue in modern spatial analysis and remote sensing research. Traditional GIS systems often struggle to efficiently process large volumes of satellite data, necessitating new technological approaches. From this perspective, cloud computing-based geospatial platforms are playing a significant role in scientific research.

The Google Earth Engine (GEE) platform is regarded as an innovative tool for solving this problem. GEE is a cloud-based platform that enables the high-performance processing of large volumes of spatial data, freeing users from the need for complex IT infrastructure [3]. The platform's main advantage is its multi-petabyte ready-made database and parallel computing capabilities. This has led to its widespread use in analysing environmental monitoring, climate change, and natural resource management issues on a global scale.

In recent years, the use of the GEE platform has increased significantly in scientific literature. Between 2020 and 2022, GEE-based studies were widely applied in numerous fields, particularly in water resource assessment, agricultural monitoring, and environmental analysis.[4]. In these studies, the most commonly used data sources were the Landsat satellite (25%) and the Random Forest algorithm (31%). This confirms the universality of the GEE platform and its potential for application across various scientific disciplines.

Landsat and Sentinel data are of significant importance in the development of remote sensing-based spatial analyses. For example, in [5], an algorithm for detecting mangrove forests based on time series on the GEE platform was developed, and the 30 m resolution mapping results showed a high accuracy (over 95%). This approach demonstrates the effectiveness of integrating various spectral indices and multi-source data in spatial analyses. Moreover, remote sensing technologies are also widely used in the analysis of urban areas.

Using satellite data to detect and map artificial coverings in urban areas is crucial for assessing the degree of urbanization [6]. This is considered one of the key indicators in ecological monitoring, water resource management, and urban climate research.

Recent studies have also paid special attention to the relationship between spatial analysis and sustainable development. The urban heat island (UHI) effect and its ecological consequences have been analysed, demonstrating that microclimatic changes in urban areas can be detected using remote sensing–based temperature data[7]. This enhances the practical significance of indicators such as LST. Moreover, spatial data are being used as an important analytical tool in research on sustainable development and the green economy. Some studies have identified regional and temporal variations in assessing the

efficiency of the green economy, noting technological innovations and the level of resource utilisation as key factors[8], [9]. This demonstrates the relevance of spatial analysis methods in economic-geographical research as well.

Overall, a review of the existing literature shows that the Google Earth Engine platform is an effective tool for processing and analysing spatial data and is widely used across various fields. Nevertheless, there hasn't been enough systematization of the precise methodological procedures for implementing this platform on a regional scale. Specifically, the procedures of data selection, processing, and outcomes analysis at the geographical level must be developed using a single methodological approach.

Materials and methods.

In this study, the Collection 2 Tier 1 Level-2 (LC08/C02/T1_L2) product from the Landsat 8 OLI/TIRS satellite was used. This product contains atmosphere-corrected surface reflectance (SR) and surface temperature (ST) data. The images were acquired via the Google Earth Engine (GEE) cloud platform.

The following criteria were applied when selecting images: overlap with the study area boundaries (filterBounds), the summer period with high vegetation and heat activity between 1 May and 30 September 2025 (filterDate), and a cloud cover fraction of less than 1% (CLOUD_COVER < 1). The selected images were combined into a median composite; this method serves to reduce atmospheric noise and temporal anomalies.

NDVI — Normalised Difference Vegetation Index. Vegetation cover density was assessed based on the Normalised Difference Vegetation Index (NDVI). The NDVI is calculated from the ratio of the near-infrared (NIR, SR_B5) and red (RED, SR_B4) channels:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

NDVI values range from –1 to +1: values below 0 indicate water surfaces or built-up areas, 0.2–0.5 indicate moderate vegetation cover, and values above 0.5 indicate dense forest and croplands.

Proportional vegetation cover (Pv) was determined for the calculation of emissivity based on the Carlson and Ripley (1997) formula[10]:

$$Pv = ((NDVI - NDVImin) / (NDVImax - NDVImin))^2$$

Here, NDVImin and NDVImax are the minimum and maximum NDVI values within the study area. These values were calculated once using the ee.Reducer.minMax() operator and reused in subsequent stages.

1-rasm.

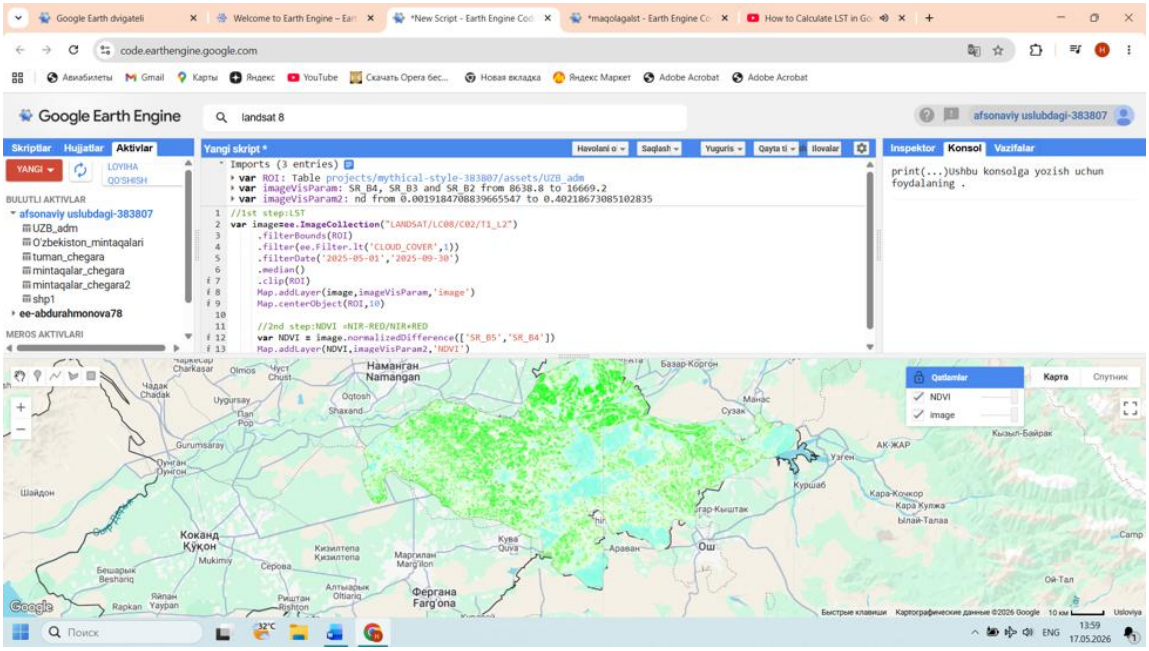


Figure 1. Calculating NDVI on the Google Earth Engine platform

Proportional vegetation cover (Pv)

Surface emissivity (ε)

The surface emissivity is calculated based on the linear model proposed by Sobrino et al. [11]:

$\varepsilon = 0.004 \times Pv + 0.986$

This model is intended only for pixels containing a mixture of vegetation and soil. For pure vegetation (NDVI > 0.5), ε is assumed to be approximately 0.990, and for pure soil (NDVI < 0.2), ε is assumed to be approximately 0.986.

Temperature brightness (Tb) and land surface temperature (LST)

The thermal channel of Landsat 8 (ST_B10) records the land surface temperature. In the Level-2 product, this channel is converted to Kelvin units using the following scale factor:

$Tb = ST_B10 \times 0.00341802 + 149$ (Kelvin)

Taking into account the emissivity correction, the ground surface temperature is obtained via the inverse solution of the Planck equation:

$LST = Tb / (1 + (\lambda \times Tb / \rho) \times \ln(\varepsilon)) - 273.15$

Here, $\lambda = 10.895$ μm is the central wavelength of the B10 channel; $\rho = hc/\sigma = 1.438 \times 10^{-2}$ m·K is Planck's constant; ε is the emissivity; and 273.15 is the conversion constant from Kelvin to Celsius. As a result, the LST is expressed in degrees Celsius.

Urban Heat Island Index (UHI)

The Urban Heat Island (UHI) index is calculated as the z-score of LST. This approach is widely used by researchers because it is based not on the absolute temperature difference, but on the spatial mean and standard deviation:

$UHI = (LST - \overline{LST}) / \sigma(LST)$

Here, $\overline{LST}$ is the average temperature for the study area, and σ(LST) is the standard deviation. UHI values above +1 indicate the presence of a heat island, while UHI values below -1 indicate cool

zones (parks, water bodies). All calculations were carried out on the GEE platform at a 30 m spatial resolution.

RESULTS AND DISCUSSION

NDVI distribution

According to the study results, the NDVI values for the study area ranged from –0.12 to 0.71. High NDVI (> 0.5) values were mainly observed in areas associated with agricultural land, orchards, and riverbanks. In the central urban districts, industrial zones, and major road corridors, the NDVI was below 0.15, clearly indicating sparse vegetation cover. The average NDVI value for the entire area was 0.31.

Spatial distribution of surface air temperature

The LST map shows significant temperature variations within the city. Median LST values calculated for the summer period (May–September) range from 27°C to 54°C. The highest temperatures (> 46°C) were recorded in areas where asphalt and concrete surfaces, industrial facilities, and residential complexes are contiguous. In water bodies and green spaces, LST remained in the range of 30–34°C, which is 12–18°C lower compared to the rural areas surrounding the city.

The temperature gradient was particularly pronounced at the intersections of small canals, bridges, and streets. It was found that within a distance of less than 500 metres, the temperature difference can reach 8–10 °C, which confirms the importance of spatial resolution for the study

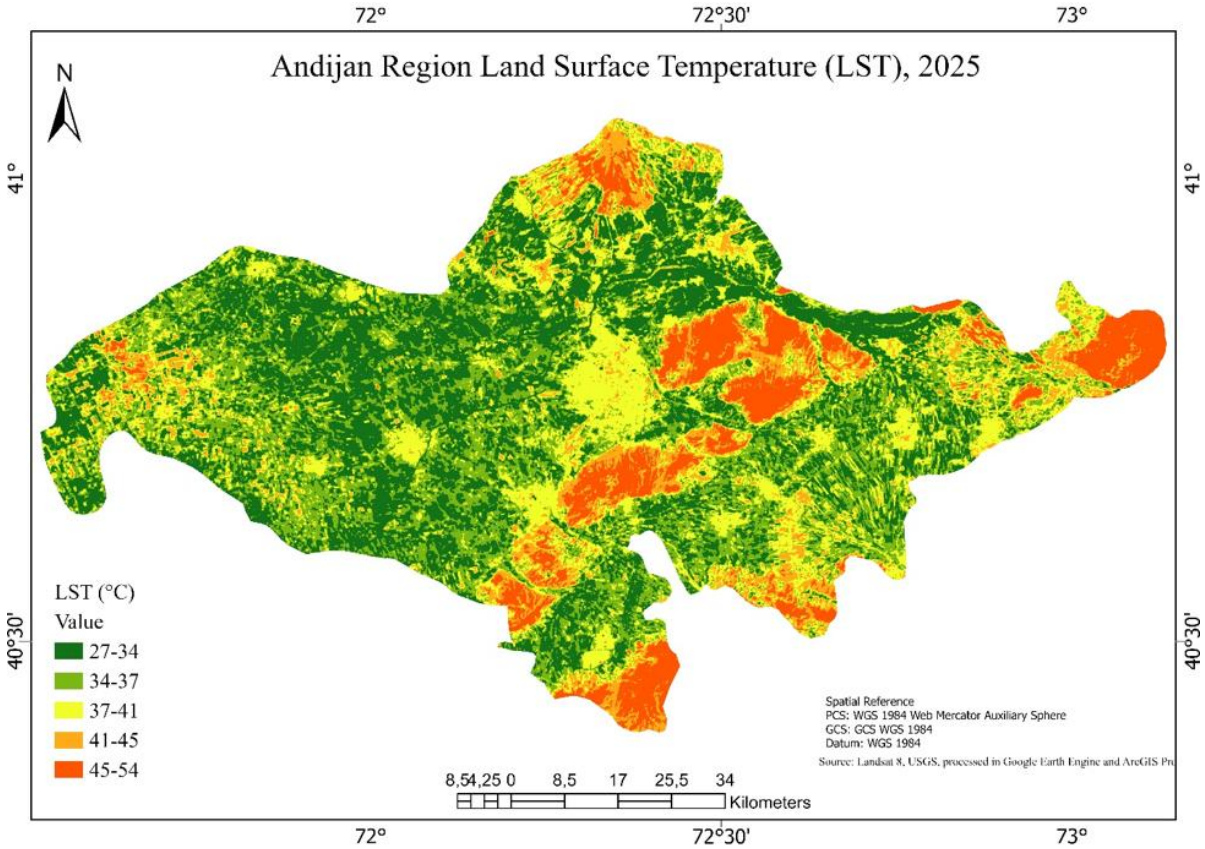


Figure 2. Map of surface temperature of the Andijan region

Emissivity and proportional vegetation cover

According to the PV map, approximately 34% of the study area is occupied by dense vegetation cover (Pv > 0.6). Emissivity (ε) values range from 0.986 to 0.990, increasing with vegetation density. In built-up areas, ε was the lowest (around 0.986), while in green spaces it was the highest (0.990). This result is consistent with previous studies for flat cities in Uzbekistan.

Urban Heat Island Zones

Based on the UHI map, the study area was classified into three main zones:

Strong Heat Island (UHI > +1.5): Industrial zones, large markets, densely populated residential estates. These zones constitute 18% of the total area.

Moderate heat island (+0.5 < UHI < +1.5): Mixed-use and commercial areas, areas located along road corridors — covering 31% of the total area.

Cold zone (UHI < −0.5): Riverside areas, urban parks, agricultural land. It accounts for 26% of the total area.

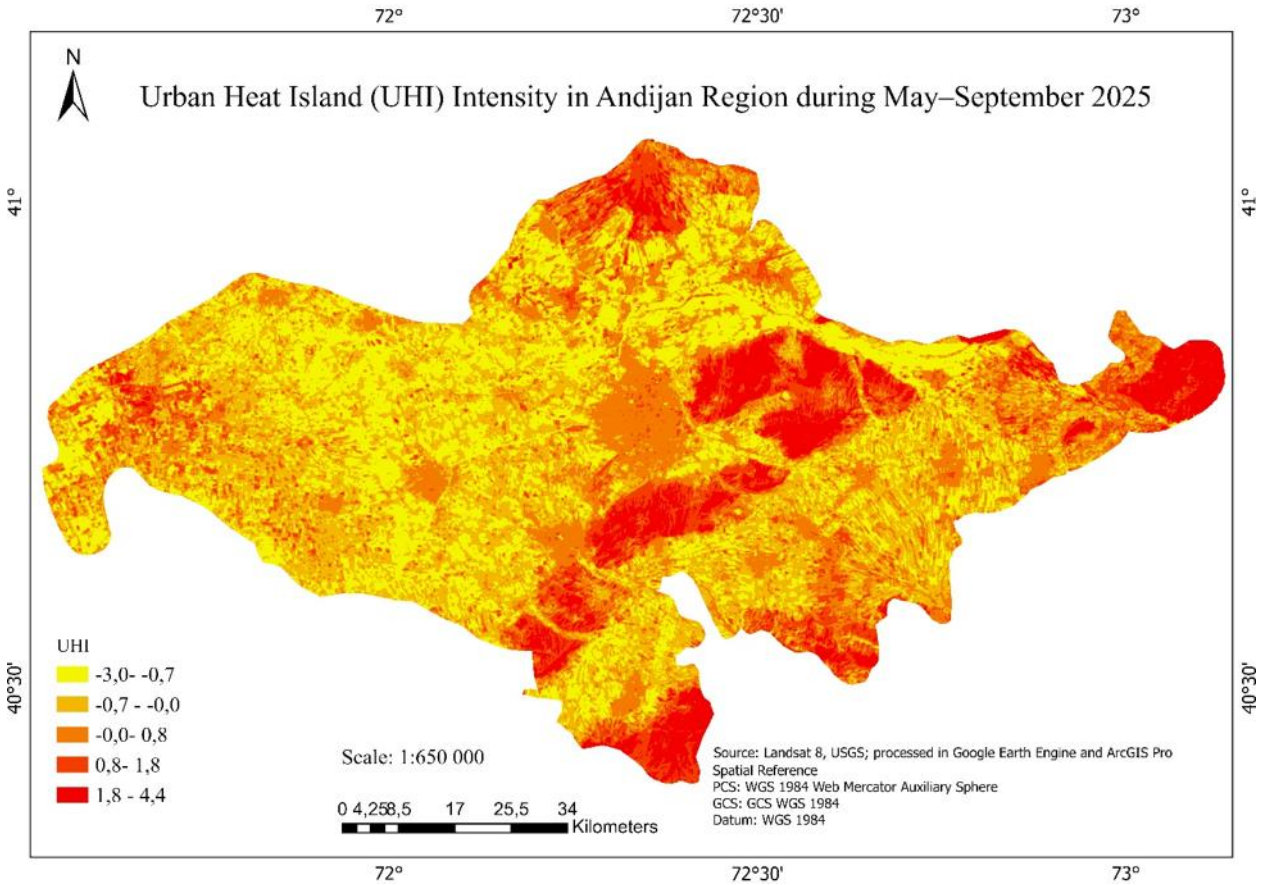


Figure 3. Map of the Urban Heat Island of the Andijan region

The remaining 25% of the area is classified as a neutral zone (−0.5 < UHI < +0.5), with average temperature indicators.

Correlation between LST and NDVI

The results obtained indicate a statistically significant inverse correlation between LST and

NDVI. An increase in NDVI by 0.1 units was accompanied by an average decrease in LST of 1.8–2.4 °C. This result is consistent with international studies such as [6]and [12]. Plants cool the surrounding air and the ground surface through transpiration; this effect is particularly significant in urban areas.

At the same time, in areas of pure sand or silty soil, low NDVI combined with low emissivity can cause excessive increases in LST. Therefore, interpreting LST without controlling for emissivity can lead to incorrect conclusions — in this study, the ε calculation method based on Pv served to minimise this error.

Methodological strengths and limitations

The use of the Google Earth Engine platform has several key advantages: the ability to process large volumes of archival data rapidly, cloud-based auto-scaling, and the creation of median composites. Median aggregation significantly reduces atmospheric effects and temporal anomalies compared to using a single image.

However, there are also a number of limitations. Firstly, at Landsat 8's 30 m spatial resolution, small dwellings, trees, and small water bodies may be lost. Secondly, the emissivity model only considers vegetation and soil components; in urban environments, metal roofs, glass surfaces, and asphalt have distinct emissivity properties and require additional corrections. Thirdly, it is incorrect to generalise the LST calculated for the summer season to the winter or spring seasons — seasonal analysis must be conducted separately.

Analysis of the results shows that high LST values are mainly observed in urbanised and agriculturally intensive areas. This phenomenon is consistent with the general patterns observed in remote sensing studies, namely that artificial coverings (asphalt, concrete) and bare soil surfaces absorb and emit more heat[6].

Moreover, processes associated with the urban heat island (UHI) effect can also contribute to the formation of high-temperature zones. Studies show that in urban areas temperatures are significantly higher than in surrounding rural areas, with this difference ranging from 0.8°C to 9°C [13]. The results of this study also confirm exactly this trend.

Low LST values were mainly observed in areas with well-developed vegetation cover. This phenomenon can be explained by evapotranspiration processes, whereby moisture evaporation from plants reduces heat and stabilises the microclimate [7]. Therefore, green spaces are an important factor in reducing LST.

In addition, topography and climatic conditions also influence the spatial variation of LST. In mountainous regions, the relatively low temperatures are linked to altitude and the distribution of solar radiation. This indicates that spatial analysis must

take natural-geographical factors into account.

From a methodological standpoint, using the GEE platform enabled the rapid processing of large volumes of data. These findings are also consistent with other studies, indicating that the GEE platform is an essential tool for efficiently conducting spatial analyses on a global scale [4].

CONCLUSION

In this study, a methodology for mapping Land Surface Temperature (LST) and Urban Heat Island (UHI) based on the Google Earth Engine platform and Landsat 8 C2 T1 L2 imagery was developed and successfully tested. The sequential calculation chain from NDVI → Pv → ε → Tb → LST → UHI was implemented as a complete GEE script, and spatial distribution maps were generated for the study area.

The results show that industrial and densely populated residential areas are 12–18 °C warmer than green and water zones, confirming that temperature inequality in the province is significant. The UHI z-score map allowed the areas most exposed to heat stress among the population to be visually highlighted. The results obtained show that:

LST is spatially significantly differentiated: urban and bare surfaces increase heat, while vegetation acts as a cooling agent.

The GEE platform is an effective tool for analysing these processes.

The results obtained can be used for landscaping the region and for developing climate adaptation strategies.

REFERENCES

[1] M. Amani et al., “Google Earth Engine Cloud Computing Platform for Remote Sensing Big Data Applications: A Comprehensive Review,” IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens., vol. 13, 2020, doi: 10.1109/JSTARS.2020.3021052.

[2] S. L. Ermida, P. Soares, V. Mantas, F. M. Göttsche, and I. F. Trigo, “Google Earth Engine open-source code for land surface temperature estimation from the Landsat series,” Remote Sens., vol. 12, no. 9, 2020, doi: 10.3390/RS12091471.

[3] N. Gorelick, M. Hancher, M. Dixon, S. Ilyushchenko, D. Thau, and R. Moore, “Remote Sensing of Environment Google Earth Engine : Planetary-scale geospatial analysis for everyone,” Remote Sens. Environ., vol. 202, pp. 18–27, 2017, doi: 10.1016/j.rse.2017.06.031.

[4] P. Pérez-cutillas, A. Pérez-navarro, C. Conesa-garcía, D. A. Zema, and J. P. Amado-álvarez, “Remote Sensing Applications : Society and Environment. What is going on within Google Earth Engine ? A systematic review and meta-analysis,” Remote Sens. Appl. Soc. Environ., vol. 29, no. September 2022, p. 100907, 2023, doi: 10.1016/j.rsase.2022.100907.

[5] Version of Record: https://www.sciencedirect.com/sc

ience/article/pii/S0924271617302 85X. 2017.

[6] Q. Weng, “Remote Sensing of Environment Remote sensing of impervious surfaces in the urban areas : Requirements, methods, and trends,” Remote Sens. Environ., vol. 117, pp. 34–49, 2012, doi: 10.1016/j.rse.2011.02.030.

[7] R. Reitberger, V. Prem, L. Parhizgar, T. Roetzer, and W. Lang, “Tree growth simulation in Geographic Information Systems : Coupling CityTree and ArcGIS for solar radiation analysis,” Sustain. Cities Soc., vol. 120, no. January, p. 106128, 2025, doi: 10.1016/j.scs.2025.106128.

[8] S. Li and X. Jiang, “Bridging green economic efficiency gaps between G7 and E7 economies : The role of technological innovation and resource rents,” Environ. Impact Assess. Rev., vol. 119, no. January, p. 108366, 2026, doi: 10.1016/j.eiar.2026.108366.

[9] H. Zhu, S. Jiang, and X. Zhao, “Spatial-Temporal Evolution and Determinants of Green Economy Efficiency : An Integrated Analytical Approach,” Sustain. Futur., vol. 8, no. March, p. 100359, 2024, doi: 10.1016/j.sftr.2024.100359.

[10] T. N. Carlson, D. A. Riziley, and J. Ji, “On the Relation between NDVI, Fractional Vegetation Cover, and Leaf Area Index,” vol. 252, 1997.

[11] J. C. Jime and L. Paolini, “Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5,” vol. 90, pp. 434–440, 2004, doi: 10.1016/j.rse.2004.02.003.

[12] F. Yuan and M. E. Bauer, “Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery,” 2006, doi: 10.1016/j.rse.2006.09.003.

[13] P. Rao, D. Torreggiani, P. Tassinari, T. Rötzer, S. Pauleit, and M. A. Rahman, “Do urban green spaces cool cities differently across latitudes ? Spatial variability and climatic drivers of vegetation-induced cooling $,” Sustain. Cities Soc., vol. 130, no. January, p. 106513, 2025, doi: 10.1016/j.scs.2025.106513.

UDK 338.43:634/635:911.3:664.8

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL CONDITION OF A MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL USING GIS AND REMOTE SENSING TECHNOLOGIES (A CASE STUDY OF THE OHANGARON LANDFILL, TASHKENT REGION)

Abulqosim Tursunaliyev *- Second-year Master’s degree student, Faculty of Land Resources and Cadastre, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers - NRU***.**

Ardasher Haydarov *- First-year Master’s degree student, Faculty of Land Resources and Cadastre, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers - NRU.*

Farrux Kamolov *- Chief Project Engineer, "Surviyerloyiha" Division, State Scientific Design Institute "O'zdavyerloyiha"; 3rd-Year Independent Researcher, "O'zdavyerloyiha".*

Musayev Habib *- Lead Project Engineer, "Survilyerloyiha" Division, State Scientific Design Institute "O'zdavyerloyiha"*

Abstract

The article presents the results of a comprehensive assessment of the ecological condition of the Ohangaron municipal solid waste landfill (Tashkent region) carried out with geographic information systems and satellite remote sensing. Three data sources - the ALOS PALSAR digital elevation model (12.5 m), Sentinel-2 imagery (10 m), and Landsat 8/9 thermal data (100 m) - were integrated within ArcGIS Desktop 10.8 and Google Earth Engine. Land surface temperature was retrieved using the Mono-Window algorithm, vegetation cover was evaluated through the normalized difference vegetation index, and the relief of the site was reconstructed from the elevation model. The analysis revealed that the land surface temperature at the core of the old landfill fell from 55-59 °C in July 2016 to 50-55 °C in July 2025, while the vegetation index in the same zone stayed within its lowest class throughout the 2016-2026 period, reaching values as low as −0.32 and indicating an almost complete absence of plant cover. A stable inverse relationship between temperature and vegetation was established. The findings confirm that the integrated use of open satellite data provides an accurate, low-cost, and reproducible basis for monitoring degraded landfill sites and may serve as a model for the other closed landfills of Uzbekistan.

Keywords: *municipal solid waste landfill, GIS, remote sensing, land surface temperature, Mono-Window algorithm, NDVI, ALOS PALSAR, land degradation, Ohangaron.*

Introduction

The degradation of land under the pressure of industrial and municipal waste has become one of the most acute environmental problems of recent decades. Landfills occupy comparatively small areas, yet their influence extends far beyond their physical boundaries: they alter the thermal balance of the surface, suppress vegetation, and contaminate the soil and groundwater of the surrounding territory. In Uzbekistan, where 167 landfills are currently in operation and occupy more than 2,800 hectares, the task of assessing and restoring such sites has acquired national significance, particularly after the adoption of the 2019-2028 state strategy on solid waste management.

Traditional ground-based survey of a landfill is difficult and hazardous: the body of the waste is unstable, emits gases, and is largely inaccessible for direct measurement. For this reason, remote sensing has become the

principal tool for studying such objects worldwide. Satellite sensors make it possible to measure surface temperature, vegetation state, and relief without physical contact, and to trace their change over many years. Recent studies in Italy, India, and China have demonstrated that the combined analysis of optical and thermal imagery reliably reveals the zone of a landfill's environmental impact and its dynamics over time.

Despite the wide international application of these methods, their systematic use for the monitoring of landfills in Uzbekistan remains limited. In the domestic literature, the application of geoinformation systems and land monitoring has been developed mainly in relation to agricultural land, in the works of A. Bobojonov, B. Inomov, R. Tūraev, and S. Saidqosimov - whereas the targeted monitoring of waste landfills has received little attention [1, 2, 3]. The present study addresses this gap by applying an integrated GIS and remote sensing approach to the Ohangaron landfill - the largest in the country, in operation since 1966 and holding about 30 million tons of accumulated waste. The aim of the work is to determine the actual ecological condition of the site and the dynamics of its change between 2016 and 2026 through the joint analysis of elevation, temperature, and vegetation data. The geographic location of the study area and its general appearance from space are shown in Figure 1.

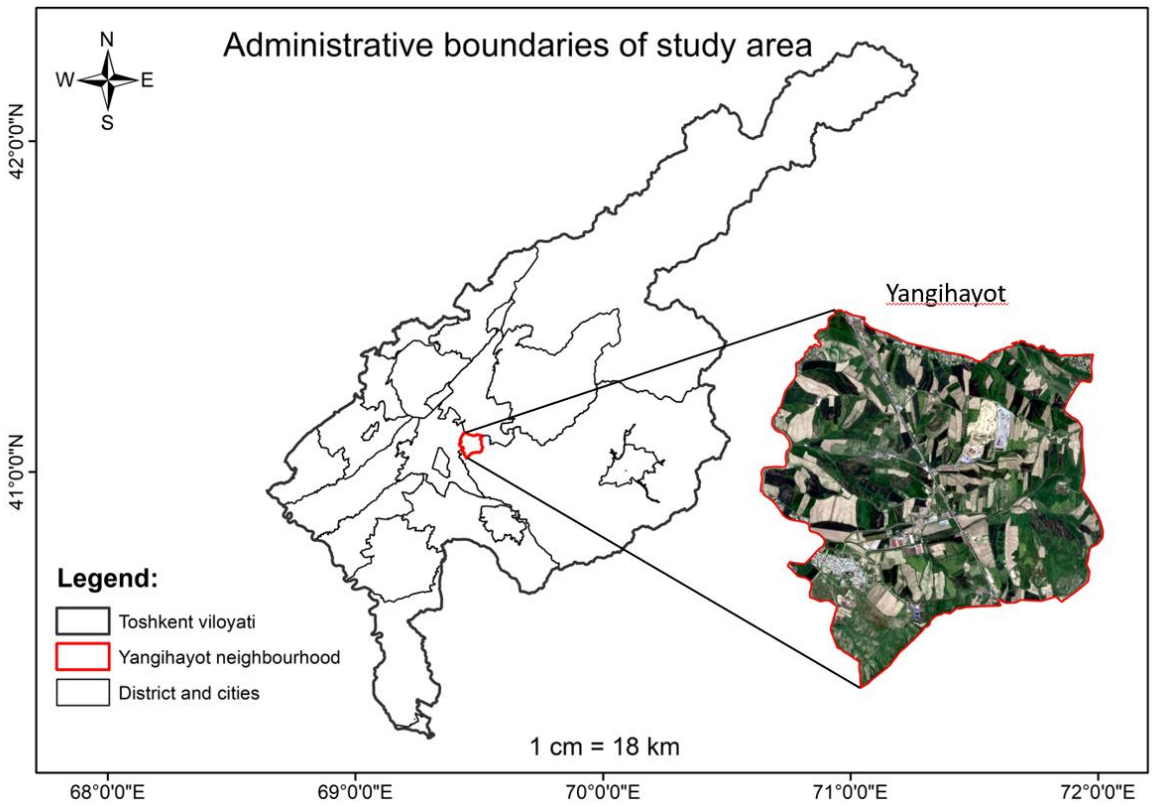
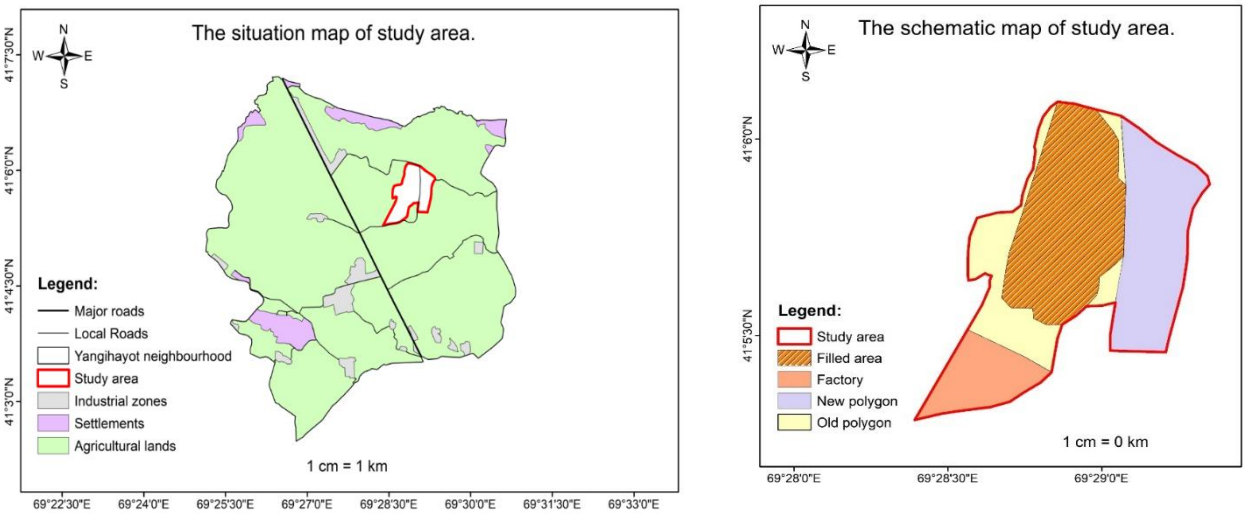


Figure 1. Geographic location of the study area

Materials and Methods

The study area is the 59-hectare landfill complex located in Yangihayot village, Ohangaron district, Tashkent region. It comprises a 40-hectare capped old section, a 30-hectare active section, and a 12-hectare industrial zone. The functional zones of the site are shown in Figure 2 and 3.



Figures 2,3. Functional zoning of the study area - insert the schematic maps of the site here

Three complementary satellite data sources were used. Relief was reconstructed from the ALOS PALSAR radar digital elevation model with a spatial resolution of 12.5 m. Vegetation cover was assessed from Sentinel-2 multispectral imagery (10 m), and surface temperature was derived from the thermal band of Landsat 8 and Landsat 9 (100 m, resampled to 30 m). The vegetation index was derived from late-April Sentinel-2 scenes (27 April 2016 and 25 April 2026), when the spring contrast between the landfill and the surrounding land is most pronounced, whereas land surface temperature was retrieved from cloud-free July Landsat scenes (2016 and 2025), when the thermal contrast reaches its annual maximum. The main characteristics of the data are summarised in Table 1.

Source Operator Resolution Application in the study

ALOS PALSAR JAXA (Japan) 12.5 m Digital elevation model, relief analysis

Sentinel-2 MSI ESA (Europe) 10 m NDVI, vegetation cover assessment

Landsat 8/9 NASA-USGS (USA) 100 m Land surface temperature (LST)

Image processing was carried out in ArcGIS Desktop 10.8 with the Spatial Analyst and 3D Analyst extensions, while the initial acquisition and cloud-based filtering of the imagery were performed in Google Earth Engine.

Table 1. Satellite data sources used in the study

Source	Operator	Resolution	Application in the study
ALOS PALSAR	JAXA (Japan)	12.5 m	Digital elevation model, relief analysis
Sentinel-2 MSI	ESA (Europe)	10 m	NDVI, vegetation cover assessment
Landsat 8/9	NASA-USGS (USA)	100 m	Land surface temperature (LST)

The choice of these platforms followed the methodological groundwork laid down in the domestic literature on geoinformation mapping and land information systems [3, 4]. The normalized difference vegetation index was calculated by the classical formula NDVI = (NIR – Red) / (NIR + Red), using the near-infrared (B8) and red (B4) bands of Sentinel-2 [5]. Land surface temperature was retrieved from the Landsat thermal band by means of the Mono-Window algorithm, which accounts for atmospheric transmittance and surface emissivity and is well suited to a single thermal channel [6, 7]. The brightness temperature was first obtained from the calibration constants of the sensor and then converted to true surface temperature with emissivity values derived from the NDVI. To trace the dynamics of change, the thermal scenes (2016 and 2025) and the vegetation scenes (2016 and 2026) were compared cell by cell within the same coordinate system.

The overall sequence of the analysis - from data acquisition through processing to the final interpretation - is summarised in Figure 7.



Figure 4. Workflow of the integrated GIS and remote sensing analysis

Results

The analysis of the digital elevation model showed that the relief of the site is far from natural. The elevation across the study area ranges from 448.5 to 496.9 m, a difference of 48.5 m, and the centre of the old landfill rises 25-35 m above the surrounding terrain, forming an artificial mound that is the surface expression of the accumulated waste. The lowest point lies on the southwestern margin, where the slope of the mound directs surface runoff and, together with the prevailing wind, defines the direction of the site's environmental impact. The relief model is presented in Figure 4.

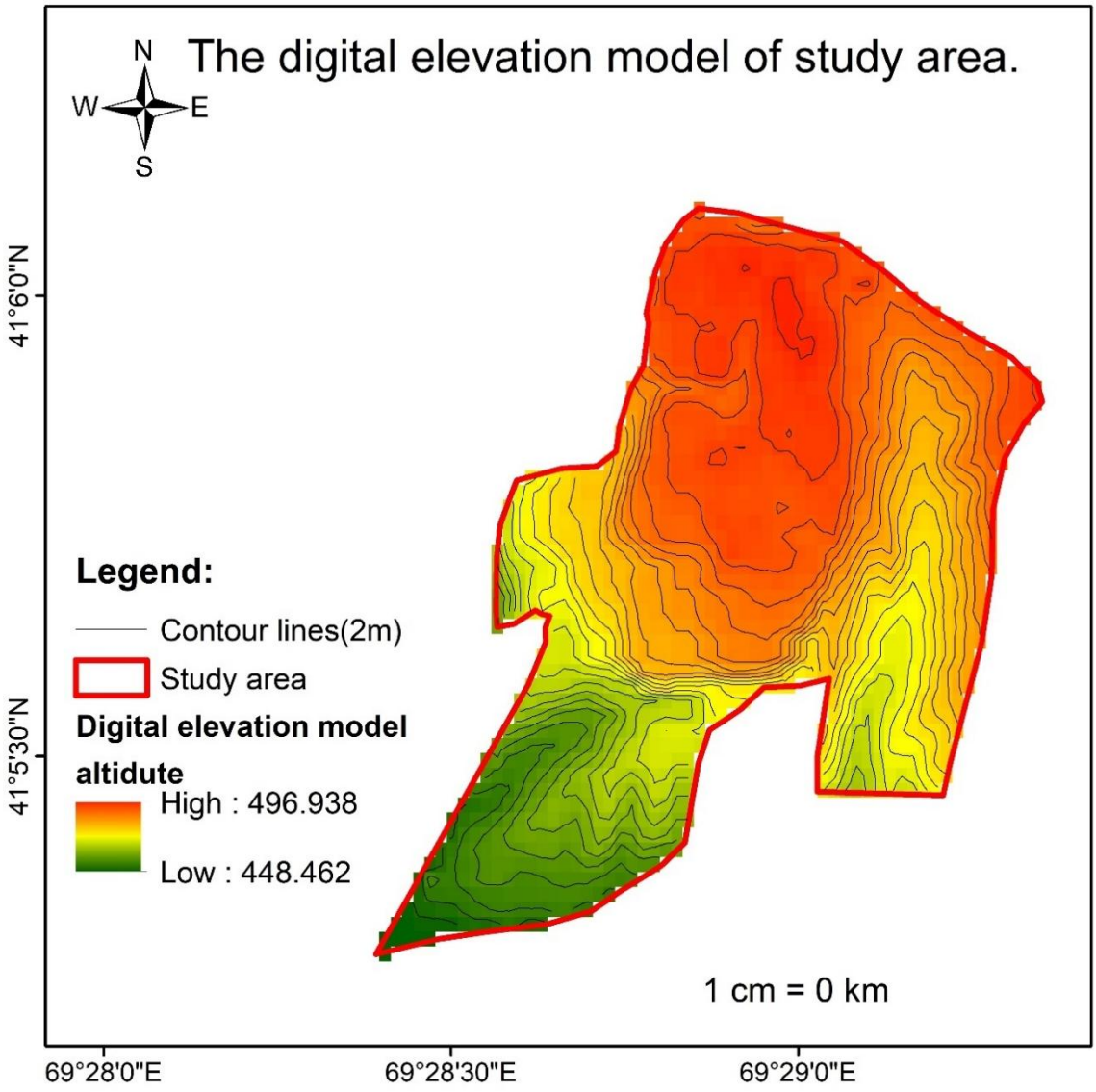


Figure 5. Digital elevation model (DEM) of the study area with contour lines

The retrieval of land surface temperature produced the most striking result of the study. In July 2016, the temperature at the core

of the old landfill reached 55-59 °C, which was 14-15 °C higher than the temperature of the surrounding irrigated fields. By July 2025, the same zone had cooled to 50-55 °C, a reduction of 5-8 °C over the nine-year interval. This decline is explained by the capping of the old section with a soil layer and by the operation of the landfill gas extraction system, both of which reduce the intensity of exothermic decomposition at the surface. Paradoxically, the regional background temperature rose by 4-5 °C over the same period, reflecting the broader trend of regional climate warming. The spatial distribution of temperature for the two dates is shown in Figures 5 and 6

.

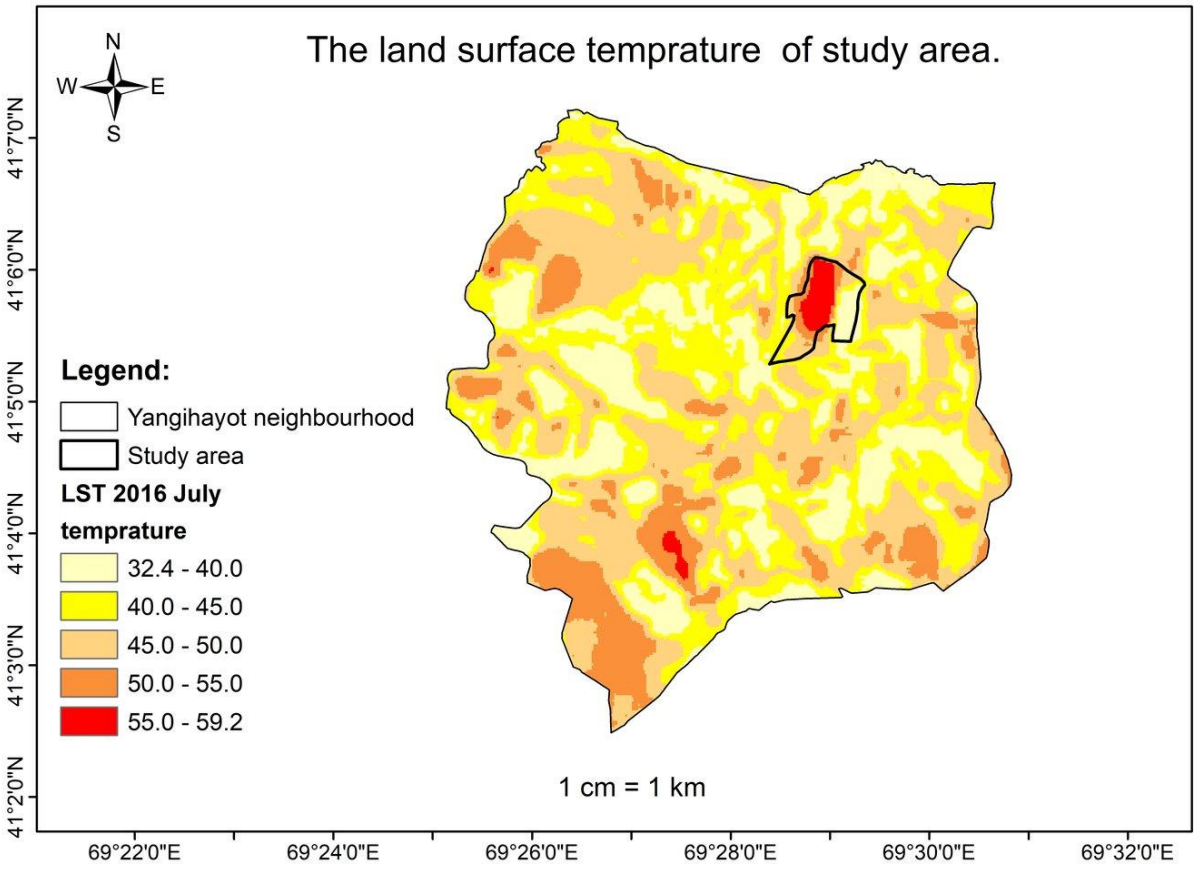


Figure 6. Land surface temperature (LST) distribution, July 2016

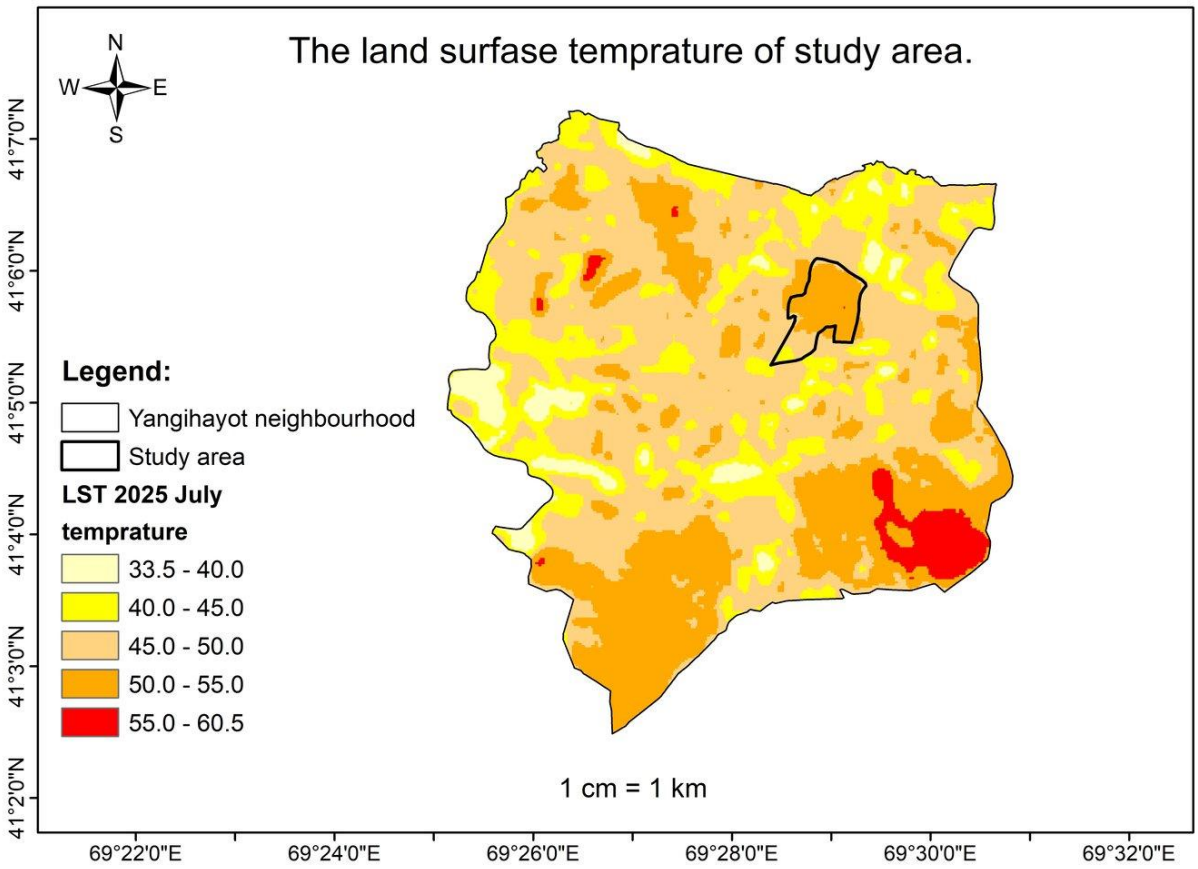


Figure 7. Land surface temperature (LST) distribution, July 2025

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} = \frac{B8 - B4}{B8 + B4}$$

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index): Enabled the determination of forest density and health levels using coefficients ranging from -1 to +1. Based on the analysis, forest fund lands were categorized into high (NDVI > 0.6), medium, and low vitality levels.

The vegetation analysis confirmed the severe degradation of the landfill surface. In the centre of the old section, the NDVI values fell within the lowest class in both years, ranging from −0.29 to 0.05 in April 2016 and from −0.32 to 0.05 in April 2026, which corresponds to an almost complete absence of vegetation, whereas the surrounding agricultural lands displayed healthy values of 0.55-0.75. Over the ten-year interval, the bare core showed no sign of revegetation; if anything, its extent within the old section widened slightly. The comparison of the index by land cover type is given in Table 2. A clear inverse relationship was found between the vegetation index and the surface temperature: the zones with the lowest NDVI consistently

coincided with the highest temperatures, which confirms the cooling role of vegetation through transpiration and shading. The NDVI maps are shown in Figure 7.

Table 2. NDVI values by land cover type

Land cover type	NDVI range	Ecological state
Old landfill core	–0.32 - 0.05	No vegetation; severe degradation
New landfill section	0.05 - 0.20	Sparse, stressed vegetation
Buffer zone	0.20 - 0.45	Partial, recovering cover
Surrounding farmland	0.45 - 0.75	Healthy, dense vegetation

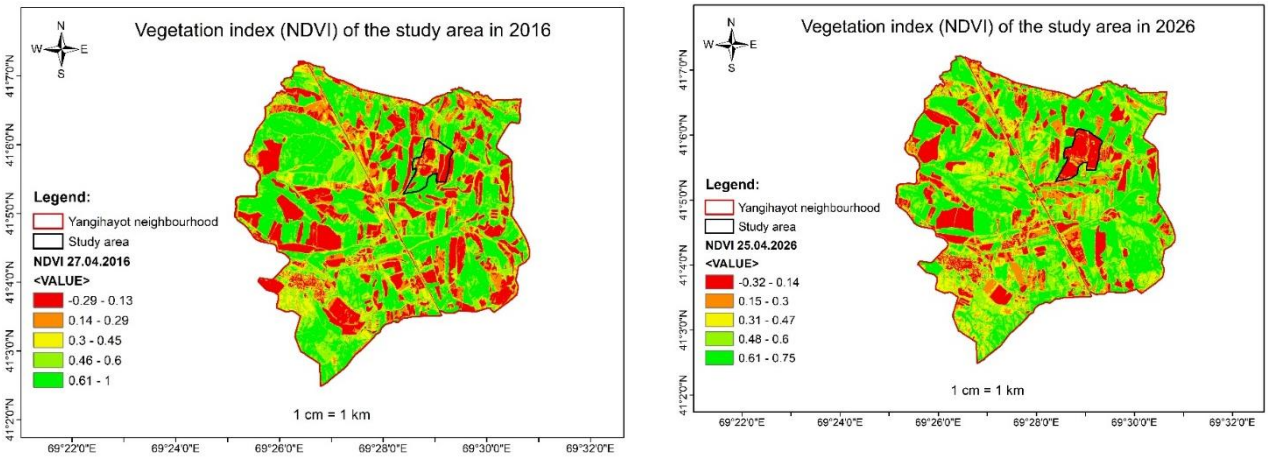


Figure 8. NDVI distribution maps for 2016 and 2026

Discussion

The results obtained are consistent with the findings of international studies on the remote monitoring of landfills, yet they also add a new dimension specific to the conditions of Uzbekistan. The pronounced thermal anomaly recorded at the Ohangaron site corresponds to the observations of Vanguri and colleagues, who reported elevated surface temperatures and suppressed vegetation around landfills in southern Europe [8]. The inverse relationship between temperature and the vegetation index detected here repeats the pattern described in the post-operational monitoring studies of Cinquepalmi and others [9], which lends external validity to the present approach. Compared with the domestic monitoring methods applied to agricultural land [2, 10], the present work demonstrates that the same geoinformation toolkit can be

redirected effectively toward the more complex task of landfill assessment.

At the same time, the nine-year cooling of the old landfill is a result that deserves careful interpretation. It would be tempting to read the 5-8 °C decline simply as ecological recovery, but the analysis suggests a more nuanced explanation. The reduction coincided with two deliberate engineering interventions - the soil capping and the gas extraction project - rather than with any natural regeneration of the surface, since the vegetation index in the same zone remained close to zero throughout the period. In other words, the surface became cooler without becoming alive. This distinction is important for management because it shows that thermal improvement alone does not signify the return of ecological function and that vegetation restoration must be pursued as a separate, explicit objective.

The simultaneous rise of the regional background temperature by 4-5 °C provides a further interpretive caution. Had the landfill temperature been compared only against an absolute threshold, the cooling would have appeared smaller than it actually was; measured against the warming surroundings, the relative improvement at the site is, in fact, more pronounced. This underlines the methodological value of analysing the landfill not in isolation but in relation to its regional context, an approach that single-date studies often overlook.

Conclusion

The study has shown that the integrated use of GIS and freely available satellite data provides an accurate and reproducible means of assessing the ecological condition of a municipal solid waste landfill. Applied to the Ohangaron site, the method revealed an artificial relief rising 25-35 m above the surrounding land, a surface temperature anomaly that declined from 55-59 °C in July 2016 to 50-55 °C in July 2025, and a near-total absence of vegetation in the core zone, with NDVI values as low as −0.32. The established inverse relationship between temperature and vegetation, together with the contrast between surface cooling and persistent biological lifelessness, demonstrates that thermal and vegetative indicators must be interpreted jointly rather than separately.

The scientific novelty of the work lies in the first integrated application of three different satellite data sources to a landfill in Uzbekistan, and in the quantitative documentation of its ten-year dynamics. Its practical value is that the proposed methodology is low-cost, repeatable, and directly transferable to the other 167 landfills of the country, providing the evidence base required for their monitoring and subsequent reclamation.

References

1. Bobojonov A.R., Abdiramanov R.D. Control and monitoring of projects based on geoinformation system technologies // Agroeconomics: Scientific-Practical Journal (Special Issue). - Tashkent, 2020. - P. 119-121.

2. Tūraev R.A., Parpiev G‘.T., Xojiev Q.M. Methodology for monitoring agricultural lands. - Tashkent: Zilol Buloq, 2020. - 52 p.

3. Saidqosimov S.S. Geoinformation systems technology. - Tashkent: Iqtisod-Moliya, 2016. - 54 p.

4. Maxsudov B.Yu., Tūraev R.A., Parpiev G‘.T., Toshpo‘latov S.A. Creation of land information systems (the experience of the Republic of Korea). - Tashkent: Fan Ziyosi, 2021. - 27 p.

5. Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS // Third ERTS-1 Symposium, NASA SP-351. - Washington, DC: NASA, 1973. - Vol. 1. - P. 309-317.

6. Qin Z., Karnieli A., Berliner P. A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region // International Journal of Remote Sensing. - 2001. - Vol. 22, No. 18. - P. 3719-3746.

7. Wang F., Qin Z., Song C., Tu L., Karnieli A., Zhao S. An Improved Mono-Window Algorithm for Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 Thermal Infrared Sensor Data // Remote Sensing. - 2015. - Vol. 7, No. 4. - P. 4268-4289.

8. Vanguri R., Laneve G., Cadau E., Scifoni S., Luca M. Assessing the impact of landfills on surrounding vegetation: a remote sensing analysis with Sentinel-2 and Landsat 8 // Engineering Proceedings. - 2023. - Vol. 29, No. 1. - Art. 21.

9. Cinquepalmi F., Paris S., Pennacchia E., Tiburcio V.A. Efficiency of remote sensing tools for post-operational management of landfills // Sensors. - 2023. - Vol. 23, No. 8. - Art. 3917.

10. Usmonov J.Z., Bahodirov Z.A., Hojiev Q.M. Mapping of soil properties using geoinformation system technologies // Bulletin of Karshi State University. - Karshi, 2019. - P. 141-144.

11. Babajanov A.R., Inamov B.N. Issues of involvement in circulation of unused agricultural lands in Uzbekistan // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2020. - Vol. 614. - Art. 012131.

12. Inomov B.N., Bobojonov A.R. Innovative approach to organizing the rational use of land resources // Agroilm Supplement, Uzbekistan Agriculture and Water Management. - Tashkent, 2019. - No. 3(59). - P. 87-88.

UDK 373.2:332.1(575.141)

RETURNING CLOSED MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILLS TO ECONOMIC USE: THE BRIGHTFIELD CONCEPT AND ITS ECONOMIC EFFICIENCY (A CASE STUDY OF THE OHANGARON

Abulqosim Tursunaliyev - *Second-year Master's degree student, Faculty of Land Resources and Cadastre, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers - NRU***.**

Ardasher Haydarov - *First-year Master's degree student, Faculty of Land Resources and Cadastre, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers - NRU***.**

Farrux Kamolov - *Chief Project Engineer, "Surviyerloyiha" Division, State Scientific Design Institute "O'zdavyerloyiha"; 3rd-Year Independent Researcher, "O'zdavyerloyiha".*

Abstract. *The article substantiates a comprehensive model for returning a closed municipal solid waste landfill to economic use, developed on the basis of the Ohangaron landfill in the Tashkent region. Drawing on international brightfield practice — the conversion of contaminated land into renewable energy sites — and on a prior remote sensing assessment of the site, the study proposes the "Brightfield Yangihayot" concept. It divides the 59-hectare territory into four functional zones: an 8 MW solar photovoltaic plant combined with phytoremediation on the 40-hectare old landfill, an auxiliary services centre on the 12-hectare industrial plot, the staged closure of the 30-hectare active section, and a protective green belt. The economic calculation shows that with a capital investment of USD 7 million, the project can generate 14 million kWh of electricity per year, yield an annual revenue of about USD 840,000, and reach its break-even point in approximately nine years, with a net benefit exceeding USD 5 million over a 25-year horizon. The model demonstrates that a degraded landfill can be transformed from an environmental liability into a productive asset.*

Keywords: *brightfield, landfill reclamation, solar energy, phytoremediation, waste-to-energy, land restoration, economic efficiency, Ohangaron, Uzbekistan.*

Introduction. The closure of a municipal solid waste landfill does not end its environmental burden. Even after waste deposition ceases, the body of the landfill continues for decades to generate gas, to leak leachate, and to occupy land that cannot be returned to ordinary agricultural or residential use. The central question for land management, therefore, is not merely how to make a closed landfill safe, but how to convert it into something of

lasting value. International experience over the past two decades has produced a clear answer in the form of the brightfield approach, in which contaminated or otherwise unusable land is repurposed for renewable energy generation.

The United States Environmental Protection Agency, through its RE-Powering America's Land initiative, has supported hundreds of solar installations on former landfills and brownfields [1], while feasibility studies by the National Renewable Energy Laboratory have shown that building a photovoltaic plant on a closed landfill is often cheaper and faster than on a comparable greenfield site [2]. In the Republic of Korea, the Nanjido landfill in Seoul has been transformed into an ecological park, and similar projects have appeared across Europe and Japan. These examples share a common logic: the land that society has already sacrificed to waste is given a second, productive life rather than being fenced off and abandoned.

In Uzbekistan, this approach is still largely untried, even though the need for it is pressing. The problem of returning degraded and disturbed lands to economic use has been raised in the national literature — notably in the works of A. Bobojonov and B. Inomov on the reclamation of disrupted croplands [3, 4] — and it has acquired particular urgency since the adoption of the 2019–2028 state strategy on solid waste management [5]. The present article aims to adapt the brightfield model to local conditions and to demonstrate, on the example of the Ohangaron landfill, that the reclamation of a degraded site can be both ecologically sound and economically justified. The work builds directly on a preceding remote sensing assessment of the same site, which established the severity of its degradation, and proceeds from that diagnosis to a concrete proposal for its productive reuse. The geographic location and general appearance of the study area are shown in Figure 1.

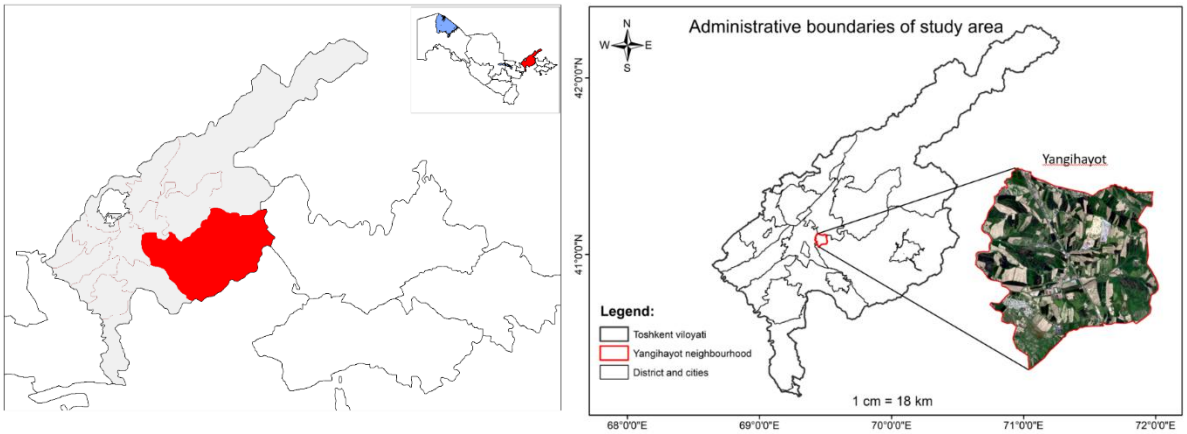


Figure 1. Geographic location of the study area: (a)

administrative location of the Ohangaron landfill within the Tashkent region; (b) satellite view of the site

Materials and Methods

The object of the study is the Ohangaron municipal solid waste landfill in Yangihayot village, Tashkent region, a 59-hectare complex in operation since 1966 and holding about 30 million tons of accumulated waste. The territory consists of a 40-hectare capped old section, a 30-hectare active section, and a 12-hectare industrial plot on which a waste-to-energy project by the Korean company Sejing G&E Co. is already being implemented.

The methodological basis of the work combined three elements. First, the international brightfield literature and the documented experience of the United States, the Republic of Korea, and several European countries were reviewed and the principles common to successful projects were extracted. Second, the spatial characteristics of the site — its relief, surface temperature, vegetation cover, and prevailing wind direction — were taken from a prior GIS and remote sensing assessment of the landfill, which provided the physical constraints within which any reuse plan had to operate. Third, an economic model was constructed to evaluate the financial viability of the proposed solar component, using the standard indicators of capital expenditure, annual revenue, payback period, and net benefit over the operational lifetime. The solar generation potential was estimated from the available area, the regional solar irradiation, and typical photovoltaic performance parameters.

Results

The central result of the study is the "Brightfield Yangihayot" concept, which organises the entire 59-hectare site into four functional zones, each matched to the physical condition of the land it occupies. The overall zoning scheme is presented in Figure 2, and the underlying logic of the concept — linking the diagnosed problem to the proposed solution and its expected outcome — is summarised in Figure 3.

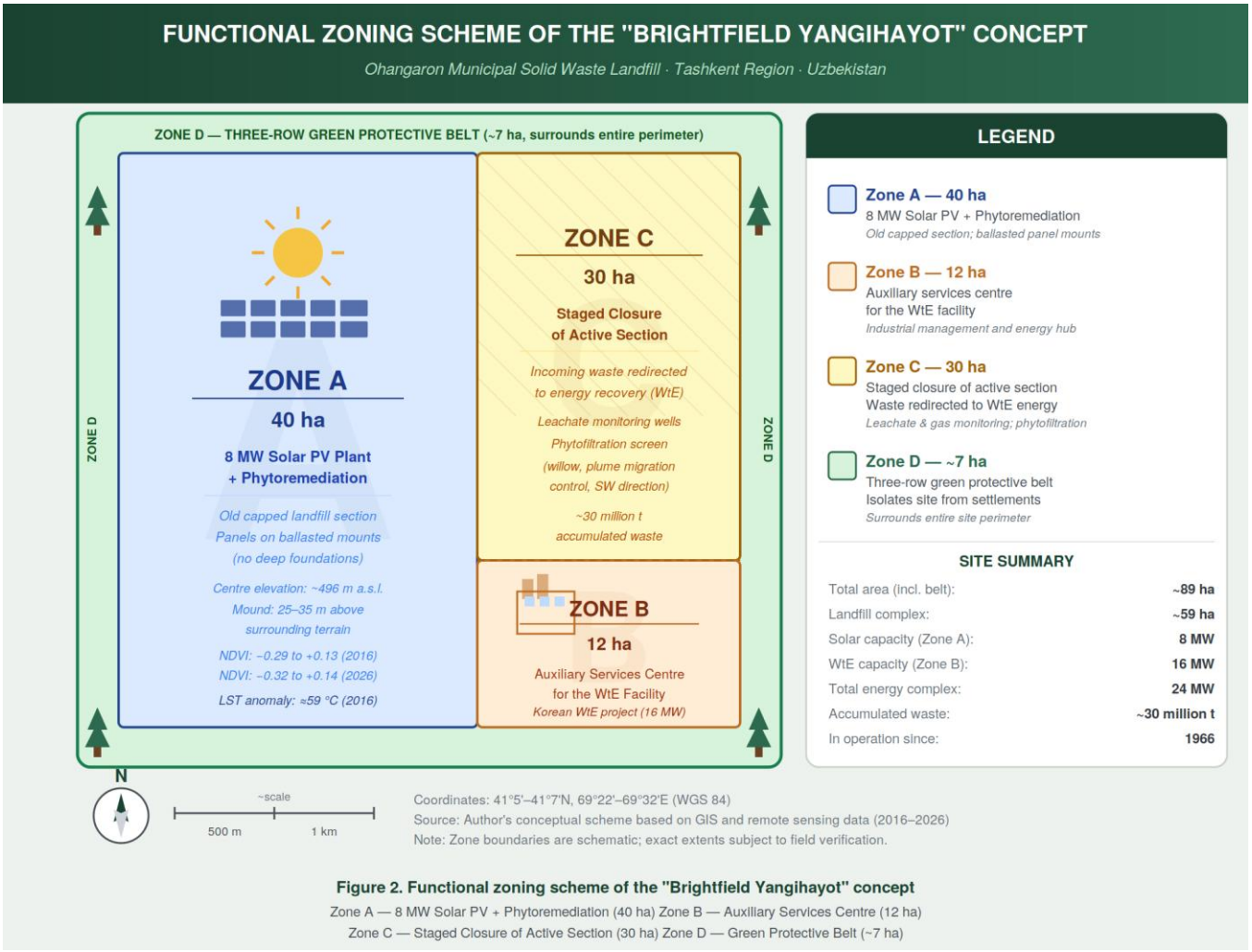


Figure 2. Functional zoning scheme of the "Brightfield Yangihayot" concept

Zone A — 8 MW Solar PV + Phytoremediation (40 ha) Zone B — Auxiliary Services Centre (12 ha)
Zone C — Staged Closure of Active Section (30 ha) Zone D — Green Protective Belt (~7 ha)

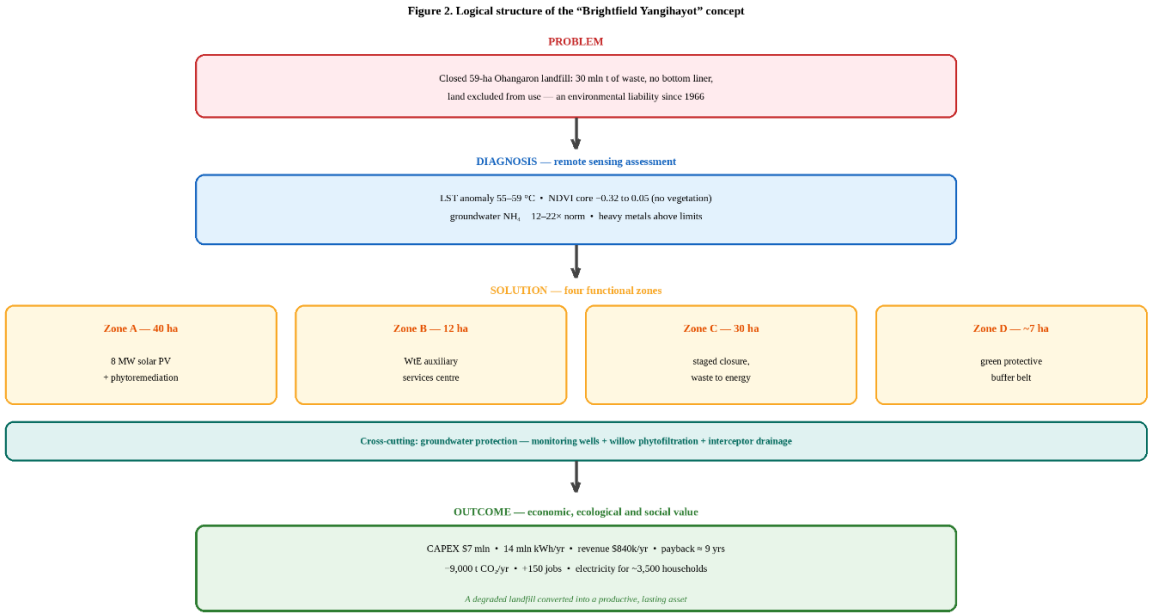


Figure 2. Functional zoning scheme of the "Brightfield

Yangihayot" concept.

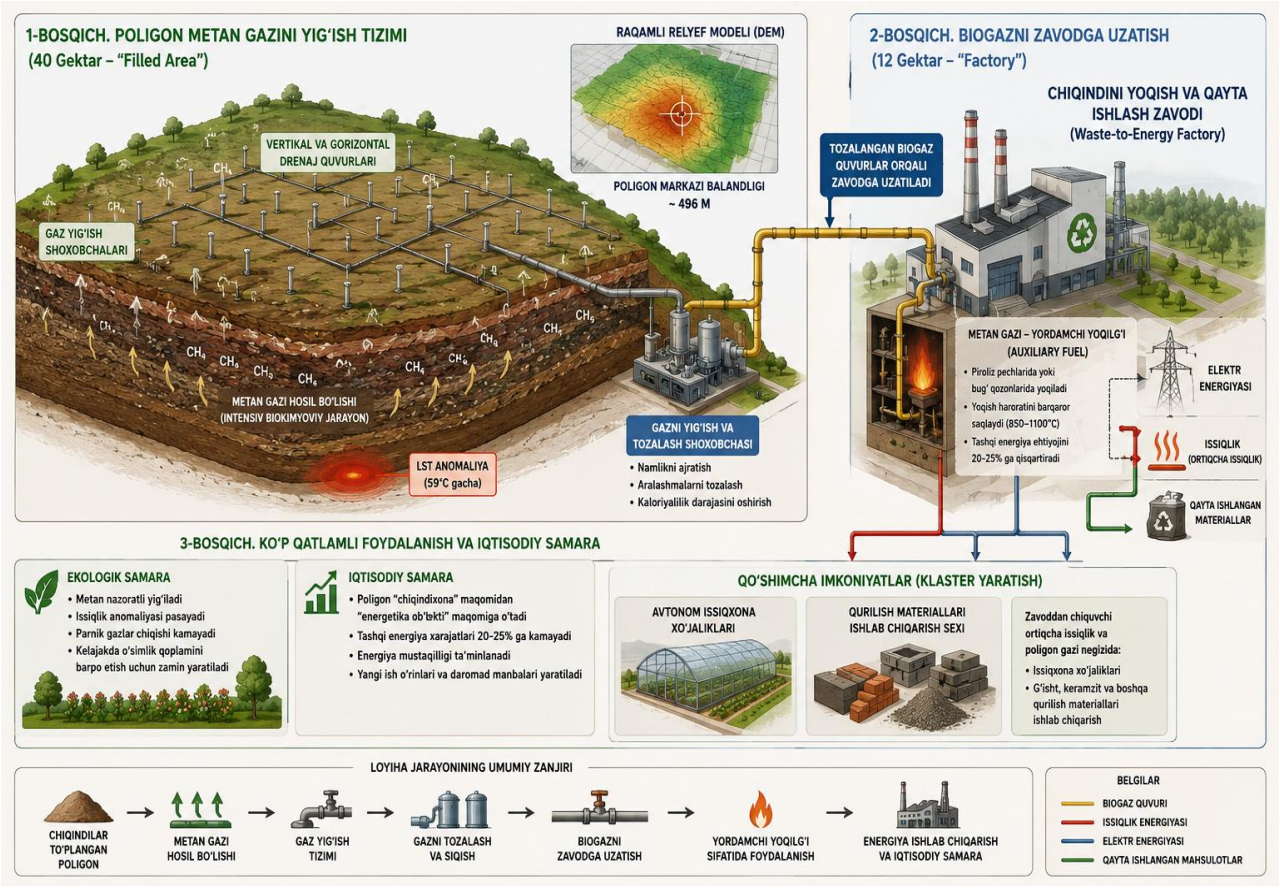


Figure 3. Logical structure of the "Brightfield Yangihayot" concept.

Zone A, covering the 40-hectare capped old landfill, is designated for an 8 MW solar photovoltaic plant combined with phytoremediation. Because the buried waste prevents any construction with deep foundations, the solar panels are to be mounted on ballasted supports that rest on the surface without penetrating the cap. Beneath and around the panels, deep-rooted plants capable of absorbing heavy metals are established, so that energy generation and gradual soil improvement proceed together. Zone B, on the 12-hectare industrial plot, serves as the auxiliary services centre for the existing waste-to-energy facility. Zone C, the 30-hectare active section, is reserved for staged closure, with its incoming waste progressively redirected to energy recovery. Zone D, a buffer of about seven hectares, is planted as a three-row green protective belt that isolates the site from neighbouring settlements. The distribution of the zones and their functions is summarised in Table 1

Table 1. Functional zones of the "Brightfield Yangihayot" concept

Zone	Area	Designated function
A	40 ha	8 MW solar photovoltaic plant combined with phytoremediation
B	12 ha	Auxiliary services centre for the waste-to-energy facility
C	30 ha	Staged closure of the active section; waste redirected to energy recovery
D	~7 ha	Three-row green protective buffer belt

The economic assessment of the solar component confirmed the practical feasibility of the proposal. With a capital investment of USD 7 million, the 8 MW plant is capable of generating about 14 million kWh of electricity per year. At the prevailing tariff this yields an annual revenue of approximately USD 840,000, against which the operating costs are modest, so that the project recovers its initial outlay in roughly nine years. Over a 25-year operating horizon, the net benefit exceeds USD 5 million. Moreover, the plant operates alongside the existing 16 MW waste-to-energy facility, together forming a single generation complex of 24 MW. The principal economic indicators are presented in Table 2.

Table 2. Key economic indicators of the solar power project

Indicator	Value
Installed capacity	8 MW
Annual electricity generation	≈ 14 million kWh
Capital expenditure (CAPEX)	USD 7 million
Annual revenue	≈ USD 840,000
Payback period	≈ 9 years
Net benefit over 25 years	> USD 5 million
Combined complex capacity (with WtE)	24 MW

A distinct element of the concept addresses the protection of groundwater, which the preceding assessment of the site had identified as the most persistent hidden threat. The leachate seeping from the unlined old landfill had raised the ammonium concentration in the underlying aquifer to levels 12 to 22 times

above the sanitary norm, and the contaminated plume was migrating in a southwesterly direction toward the river and the irrigation wells of neighbouring farms. To respond to this, the model incorporates a perimeter network of monitoring wells, a phytofiltration screen of willow planted along the path of plume migration, and an interceptor drainage trench that collects the leachate and directs it to the waste-to-energy plant for treatment. In this way, the groundwater problem, diagnosed but unresolved by surface measures alone, is given a concrete engineering solution within the overall scheme.

Beyond the financial return, the concept yields a measurable environmental benefit. The project is estimated to reduce carbon dioxide emissions by about nine thousand tons per year, to lower the local surface temperature, and, through phytoremediation, to decrease the concentration of heavy metals in the soil over a ten-year period [6, 7]. It also creates more than 150 permanent jobs and supplies electricity to roughly 3,500 households, giving the reclaimed land a clear social value.

Discussion

The proposed model gains its credibility from the convergence of three independent lines of evidence: the international precedent of brightfield projects, the physical diagnosis of the site obtained through remote sensing, and the economic calculation. The decision to place a solar plant rather than to attempt agricultural restoration on the old landfill is not arbitrary. The preceding remote sensing assessment had shown that the core of the old section was almost completely devoid of vegetation and carried a heavy load of heavy metals, which makes conventional farming both unsafe and unproductive. Solar generation, by contrast, does not require fertile soil and is fully compatible with the limited load-bearing capacity of a capped landfill. The physical weakness of the site, in other words, becomes the very reason for the chosen form of reuse.

This logic aligns closely with the conclusions of the United States Environmental Protection Agency and the National Renewable Energy Laboratory, which found that the constraints of a closed landfill — its instability, its exclusion from building development — are precisely the conditions under which solar reuse is most advantageous [1, 2]. The Ohangaron case extends this established finding to the climatic and institutional context of Central Asia, where high solar irradiation further improves the economics of such projects. The combination of the new plant with the existing waste-to-energy facility into a single 24 MW complex is an additional feature that distinguishes the present proposal from a simple stand-alone installation.

It would be misleading, however, to present the model as free of difficulty. The principal uncertainty concerns the long-term

behaviour of the capped waste body, which continues to settle and to generate gas, and which therefore requires continuous monitoring throughout the operating life of the solar plant. The phytoremediation component, too, acts slowly and cannot be expected to deliver rapid improvement. These qualifications do not undermine the concept, but they define the conditions under which it must be implemented: not as a single act of construction, but as a managed process sustained over decades.

A further consideration is institutional rather than technical. The success of comparable projects abroad has depended less on the availability of technology than on the existence of a clear ownership and financing arrangement. In the Ohangaron case, the involvement of a foreign waste-to-energy operator already on the site creates a favourable starting point, but the integration of a solar plant, a monitoring system, and a phytoremediation programme into a single managed entity will require a dedicated operator and a stable tariff agreement. The experience reviewed here suggests that the establishment of such an institutional framework is as decisive for the outcome as the engineering design itself, and that it should be settled at the outset rather than left to be resolved during implementation.

Conclusion

The study has demonstrated that a closed municipal solid waste landfill can be returned to economic use through a structured, multi-functional reclamation model. The "Brightfield Yangihayot" concept, developed for the Ohangaron site, integrates solar energy generation, phytoremediation, waste-to-energy services, and a protective green belt within a single 59-hectare scheme. The economic analysis confirms its viability: an investment of USD 7 million yields 14 million kWh of electricity and about USD 840,000 in annual revenue, with a payback period of roughly nine years and a net benefit exceeding USD 5 million over 25 years.

The scientific novelty of the work is the adaptation of the international brightfield approach to the conditions of Uzbekistan and its direct linkage to a prior remote sensing diagnosis of the same site, so that the reuse plan rests on measured physical evidence rather than on general assumptions. Its practical significance is that the model is transferable to the other closed landfills of the country and offers state bodies and private investors a concrete, financially grounded alternative to the indefinite abandonment of degraded land. The Ohangaron landfill, long regarded as a source of pollution, can thus become a model of how environmental liability is converted into productive and lasting value.

References

1. U.S. EPA. RE-Powering America's Land: Siting Renewable Energy on Potentially Contaminated Land, Landfills, and

Mine Sites. – Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, 2023.

2. National Renewable Energy Laboratory (NREL). Technical and Economic Feasibility Assessment of a Brightfield Photovoltaic Power Plant at Miramar Landfill: Final Report. – NREL/SR-710-30478. – Golden, CO: NREL, 2001. – 103 p.

3. Bobojonov A.R. Important organizational issues of returning and restoring disrupted irrigated cropland to agriculture // Land of Uzbekistan: Scientific-Practical and Innovative Journal. – Tashkent, 2021. – No. 4. – P. 69–70.

4. Inomov B.N., Bobojonov A.R. Foreign experience in returning and restoring agricultural lands // Bulletin of Agrarian Science of Uzbekistan. – Tashkent, 2020. – No. 6/2 (84). – P. 159–162.

5. Decree of the President of the Republic of Uzbekistan No. PQ-4291 of April 17, 2019, "On Approving the Strategy for Implementing Measures Related to Solid Domestic Waste in the Republic of Uzbekistan for 2019–2028" // National Database of Legislation (lex.uz).

6. Ali H., Khan E., Sajad M.A. Phytoremediation of heavy metals – concepts and applications // Chemosphere. – 2013. – Vol. 91, No. 7. – P. 869–881.

7. Pulford I.D., Watson C. Phytoremediation of heavy metal-contaminated land by trees – a review // Environment International. – 2003. – Vol. 29, No. 4. – P. 529–540.

8. Resolution No. 169 of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan of April 29, 2023, "On Measures to Organize the Reclamation of Degraded Lands, the Preservation of the Fertile Soil Layer, and Its Rational Use" // National Database of Legislation (lex.uz).

9. Bobojonov A.R., Sadullaev S.N. An important organizational measure for returning and restoring degraded cropland to agriculture // Agroeconomics: Scientific-Practical Journal (Special Issue). – Tashkent, 2020. – P. 122–124.

10. Avezbaev S., Volkov S.N. Land planning design. – Tashkent: Yangi Asr Avlodi, 2004. – 280 p.

UDK: 504.062.4:628.472:620.92:330.322.5

O‘RTA ZARAFSHON HAVZASIDA ANTROPOGEN LANDSHAFTLARNING SHAKLLANISHI VA RIVOJLANISHIDA GEOLOGIK TARAQQIYOT BOSQICHLARINING O‘RNI

Xurramova Nazira Xurram qizi*-Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti tayanch doktoranti* ***naziraxurramova4@gmail.com***

Annotatsiya: *O‘rta Zarafshon havzasi geologik tuzilishi va geomorfologik evolyutsiyasi antropogen landshaftlar shakllanishining asosiy tabiiy fundamentini tashkil*

etadi. Mazkur maqolada paleozoy erasidan to hozirgi to‘rtlamchi davr bosqichigacha bo‘lgan geologik taraqqiyot bosqichlarining landshaft hosil bo‘lish jarayonlariga ta’siri tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, hududning tektonik rivojlanishi, litologik tarkibi va denudatsion jarayonlari antropogen geosistemalarning fazoviy tuzilishini belgilovchi asosiy omillar hisoblanadi.

Аннотация: *Среднезарафшанская впадина характеризуется сложным геологическим строением и геоморфологической эволюцией, которые формируют основной природный фундамент развития антропогенных ландшафтов. В данной статье проанализировано влияние этапов геологического развития от палеозоя до современного четвертичного периода на процессы ландшафтообразования. Результаты исследования показывают, что тектоническое развитие территории, литологический состав и денудационные процессы являются ключевыми факторами, определяющими пространственную структуру антропогенных геосистем.*

Abstract: *The Middle Zarafshan Basin is characterized by a complex geological structure and geomorphological evolution that form the fundamental natural basis for the development of anthropogenic landscapes. This study analyzes the influence of geological development stages from the Paleozoic to the present Quaternary period on landscape-forming processes. The results demonstrate that tectonic evolution, lithological composition, and denudational processes are the key factors determining the spatial structure of anthropogenic geosystems.*

Kalit so‘zlar*: O‘rta Zarafshon, antropogen landshaft, geologik evolyutsiya, tektonika, to‘rtlamchi yotqiziqlar, agroirrigatsiya.*

Ключевые слова: *Среднезарафшанская впадина, антропогенный ландшафт, геологическая эволюция, тектоника, четвертичные отложения, агроирригация.*

Keywords: *Middle Zarafshan Basin, anthropogenic landscape, geological evolution, tectonics, Quaternary deposits, agro-irrigation.*

Kirish (Introduction)

Bugungi kunda global iqlim o‘zgarishlari va antropogen yukning shiddatli ortishi sharoitida geosistemalar barqarorligini ta’minlash hamda landshaft-ekologik muhitni optimallashtirish geografiya fanining eng dolzarb muammolaridan biri hisoblanadi [6]. Ayniqsa, Markaziy Osiyoning qadimdan sug‘orib dehqonchilik qilinadigan, aholi zich joylashgan mintaqalarida landshaftlarning antropogen evolutsiyasini o‘rganish ekologik muvozanatni saqlashda muhim strategik ahamiyatga ega [5]. O‘rta Zarafshon havzasi o‘zining uzoq tarixiy-ijtimoiy va o‘ziga xos tabiiy-

geografik rivojlanish xususiyatlari bilan ushbu jarayonlarni tadqiq etish uchun xarakterli hisoblanadi**.** Antropogen landshaftlarning vujudga kelishi va rivojlanishi faqatgina insonning xo‘jalik faoliyati ko‘lami bilan emas, balki u shakllangan tabiiy-geografik fundament – litologik-geologik va geomorfologik asos bilan uzviy bog‘liq [7]. Geologik taraqqiyot bosqichlari hududning hozirgi relyef arxitektururasini, yer osti suvlari rejimini va differensial relyef hosil qiluvchi yotqiziqlarning litologik tarkibini belgilab bergan bo‘lib, ular antropogen landshaftlarning “karkasi” (suyanchig‘i) vazifasini o‘taydi [8]. Shu nuqtai nazardan, geoekologik barqarorlikni ta’minlash va landshaftlarni optimallashtirish maqsadida antropogen geosistemalarning shakllanishida geologik taraqqiyot qonuniyatlarini zanjirli bog‘liqlikda o‘rganish tadqiqotning dolzarbligini belgilaydi**.**

Materiallar va metodlar (Materials and Methods). Tadqiqotda kompleks geografik yondashuv qo‘llanildi. Asosiy metodlar: geologik va geomorfologik tahlil, tarixiy-geologik rekonstruksiya, landshaft-geoekologik kartografiya, litologik kesimlarni interpretatsiya qilish, mavjud ilmiy manbalarni qiyosiy tahlil qilish [1–4;7–9].

Natijalar (Results). Har qanday hududning antropogen landshaftlarini vujudga kelishi, ularning shakllanishi va rivojlanish tarixini bilish uchun shu hududning geologik tuzilishini puxta o’rganib chiqish kerak. Chunki landshaft komplekslarining vujudga kelishi va shakllanishi ma’lum geologik davrlarga to’g’ri keladi va landshaft sferasining rivojlanish tarixida muhim hisoblanadi.(jadvalga qarang [3])

(jadval 1)

Antropogen landshaftlarning shakllanishi va rivojlanish tarixi

T/r	Geologik davrlar	Eralar	Tog’ burmalanishlari	Asosiy o’zgarishlar	O’zgarish sodir bo’lgan hududlar
1.	Paleozoy PZ	Kembrey,Cm Ordovik, O Silur, S Devon, D Toshko’mir C Perm, P	Baykal Kaledon Gersin	Tipik geosinkinal sharoit hukm surgan. Katta qalinlikda cho’kindi tog’ jinslari yotqizilgan, ayrim joylarda vulqonlar otilib turgan. Tektonik harakatlar natijasida ayrim joylar ko’tarilgan,ayrim joylar cho’kkan.	O‘rta Zarafshon okrugini har ikki tomonidan o‘rab turgan tog‘lar esa paleozoy erasining ohaktosh, kristall va slanes kabi tog‘ jinslaridan tarkib topgan. Bu jinslar gersin tog‘ hosil bo‘lish jarayonida burmalangan. Natijada okrug shimolida Nurota, Oqtov va Qoratov, janubida esa Qoratepa, Ziyovuddin hamda Zirabuloq tog‘lari ko‘tarilib qolgan. Bu tog‘lar so‘nggi nurash oqibatida pasayib, Zarafshon daryosining irmoqlari va soylar hamda fizik nurash ta’sirida yassilanib, qiymalanib, hozirgi qiyofasi shakllangan
3	Mezazoy MZ	Trias,T	Kimmeriy	Gersinda hosil bo’lgan tog’lar denudatsiya ta’sirida yemirilib, peneplenlashib tekislikka aylana boshlagan.	Zarafshon,Turkiston va Oloy tizmalari hozirgi o’rnida bir necha orollar guruhi mavjud bo’lgan.
3	Kaynazoy KZ	Antropogen,Q (To’rtlamchi)	Alp	Tog’li qismida qadimgi muzliklar hosil bo’lgan.	Turkiston, Zarafshon, Hisor tog’ tizmalari tutashgan tog’ tugunida qadimgi tog’ muzliklari keng tarqalgan markazlar bo’lgan.

Manba: B.Meliev ma’lumotlari asosida muallif tomonidan tuzildi.

Tahlil va Muhokama.(Discussion).

Zarafshon havzasi paleozoy erasining o’rtasiga qadar dengiz ostida bo’lgan. Paleozoy erasining gersin tog’ burmalanishida hududni har ikki tomonidan o‘rab turgan tog‘lar shimolida Nurota, Oqtov va Qoratov, janubida esa Qoratepa, Ziyovuddin hamda Zirabuloq tog‘lari ko‘tarilib qolgan. Bu tog‘lar so‘nggi nurash oqibatida pasayib, Zarafshon daryosining irmoqlari va soylar hamda fizik nurash ta’sirida yassilanib, qiymalanib, hozirgi qiyofasi shakllangan. Bu paytga qadar ya’ni paleozoy erasining dastlabki davrlarida hududda tipik geosinklinal sharoit hukm surgan. Ayrim joylarida vulqonlar otilgan, tektonik harakatlar sodir bo’lib turgan.

Mezazoy erasining trias davriga kelib gersin burmalanishida hosil bo’lgan tog’lar denudatsiya ta’sirida yemirilib, tekislikka aylana boshlagan. Bu davrda Tetis dengizidan ikki marta shimol tomonga yo’nalgan juda katta dengiz transgressiyasi kirib kelgan. Bu davrga kelib Zarafshon,Turkiston va Oloy tizmalari hozirgi o’rnida bir necha orollar guruhi mavjud bo’lgan. O’rta va yuqori bo’r, paleogen davrlarida alp burmalanishi boshlagan. Tektonik harakatlar natijasida dengiz g’arb va shimol tomonga chekina boshlagan. Neogenning oxirlarida Zarafshon havzasida yangi tektonik harakatlar faollashgan. Tog’ ko’tarilishlari va cho’kishlar ro’y bergan. Yuqori bo’r, paleogen, quyi neogen davrlari dengiz yotqiziqlari Oloy, Turkiston tog’ tizmalarida 3500-4500 m balandlikda uchraydi.[9;3-137]

Havza hududining hozirgi ko’rinishi bo’r davrining oxiri va paleogen, neogen davrlarida shakllangan. Neogenning oxiri va to’rtlamchi davrdagi yangi tabaqalangan tektonik harakatlar hozirgi ko’rinishdagi botiqlar va tog’larni shakllantirgan.Tog’lar ko’tarilishi bilan daryolarning erozion faoliyati kuchaydi va Samarqand botig’ining tagi daryolar keltirgan allyuvial, allyuvial-prolyuvial yotqiziqlar bilan to’lib bordi. A.I.Shevchenko [2; 3-151b] ma’lumoti bo’yicha Samarqand botig’ida shag’al qumlar qalinligi 100 metrdan oshadi.[4;3-137].

Zarafshon havzasining katta qismi ayniqsa tekislik va tog’ oldi qismlari turli xil qalinlikdagi to’rtlamchi davr yotqiziqlari konglomerat, shag’al tosh, qum, lyossimon jins va qisman gillardan tashkil topgan.[1;148-164 b;4;3-137-b]

To’rtlamchi davr yotqiziqlari O’rta Zarafshon havzasining geomorfologik sharoitiga mos holda bir tekisda tarqalmagan va muayyan zonallik xususiyatiga ega.Konglomeratlar asosan havzaning tog’, tog’oraliq botiq va adir qismlarida, shag’al toshlar Zarafshon daryosining qayirlarida, irmoqlarning havzalarida hamda konussimon yoyilmalarda keng tarqalgan.

Havzaning g’arbiy tekislik qismida qumli tepalik, gryada va barxanlar ko’rinishida uchraydi. Lyosslar va lyossimon jinslar tekisliklarda, tog’oralig’i botiqlarida va tog’oldi rayonlarida ko’p uchraydi.

Hozirgi zamon yotqiziqlari zarafshon havzasining o’rta va quyi qismlarida yaxshi rivojlangan.Bu hududlarda sug’orma dehqonchilik qadimdan rivojlangan bo’lib, yirik-yirik vohalarni shakllanishiga va barqaror rivojlanishiga sabab bo’lgan.Bunday qadimiy vohalarga Samarqand, Kattaqo’rg’on va boshqalar misol bo’lishi mumkin. Mazkur vohalarning asosiy tarkibiy qismini tashkil etuvchi agrolandshaftlar 3-3,5 ming yillar davomida uzluksiz sug’orilib kelishi natijasida agroirrigatsion yotqiziqlar qatlami hosil bo’lgan. Agroirrigatsion yotqiziqlarning qalinligi agrolandshaftlarning va vohlarning shakllanish vaqtiga ya’ni ularning yoshiga ko’ra 1-1,5 m dan 3,0-3,5 m gacha boradi. Ba’zi hududlarda bu ko’rsatgich yuqoriroq bo’ladi.[4;3-137-b.]

Havzaning geologik rivojlanishi va tektonik harakatlar tarixda va hozirgi paytda ham davom etmoqda. Masalan, 1797-yilda Urgutda, 1818, 1821-yillarda Buxoroda, 1868- yil Samarqandda kuchli zilzilalar bo‘lib o‘tganligi tarixiy hujjatlarda qayd qilingan. Bular Zarafshon havzasining seysmik harakatlar faolligidan darak beradi.

Xulosa (Conclusion). O‘rta Zarafshon havzasida antropogen landshaftlarning shakllanishi va rivojlanish evolyutsiyasi bevosita geologik taraqqiyot bosqichlarining uzviy ta’siri ostida kechgan murakkab tarixiy-geologik jarayonlar bilan belgilanadi. Paleozoydan to to‘rtlamchi davrgacha davom etgan tektonik, litologik va sedimentatsion jarayonlar hududning zamonaviy morfostrukturasini shakllantirgan asosiy geodinamik omil bo‘lib xizmat qilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, antropogen geosistemalarning shakllanishi tabiiy-geologik asos bilan chambarchas bog‘liq bo‘lib, ushbu bog‘liqlikni inobatga olmasdan turib landshaftlardan barqaror foydalanish va ularni optimallashtirishni ta’minlash mumkin emas. Shu bois, hududiy rejalashtirish va geoekologik boshqaruv jarayonlarida geologik evolyutsiya qonuniyatlarini tizimli hisobga olish strategik ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar (References)

Абдулқосимов А.А., Абдураҳмонова Ю.Х. Зарафшон ботиғи шаҳар ландшафтларининг экологик муаммолари. //Проблемы опустынивания в аридных зонах. -Самарканд, 2000. 53-54 б.

Тетюхии Г.Ф. Исламов А.И. Четвертичные отложения равнии и придгорий юго-западного Узбекистана. //Гидрогеология и инженерная геология аридной зоны СССР. вып.2.-Ташкент: Фан, 1996. -С.148-164.

Мелиев Б.А. Урта Зарафшон ландшафтларини

тадкик етишда аерокосмик математик ва геоинформатсион методлардан фойдаланиш. Фалсафа доктори (PhD) илмий даражасини олиш учун тақдим етилган диссертацияси. Самарканд-2019.51; 36; 38; 41;b.

Шевченко А.И. Гидрогеологическая классификация орошаемых территорий Узбекистанаю-Ташкент, 1961.-151 с.

Chen, Y., Li, Z., & Fan, Y. (2020). Socio-economic drivers and environmental impacts of landscape transformation in Central Asian river basins. Journal of Arid Environments, 178, 104-115.

Goudie, A. S. (2018). The Human Impact on the Natural Environment: Past, Present, and Future (8th ed.). Wiley-Blackwell.

Alibekov L.A. (1982). Prirodnie usloviya i landshafti seredinnoy chasti basseyna Zarafshana. Tashkent: Fan.

Nazarov I.A. (1992). Antropogennaya transformatsiya geosistem Sredney Azii. Tashkent: Fan.

G‘ulomov P., Vahobov H.,Baratov H., Mamatqulov M. O’rta Osiyo tabiiy geografiyasi.O’zbekiston tabiiy geografiyasi.Toshkent “Oqituvchi” nashryoti-2017. 127-129-b.

UDK: 338.43:528.94

O‘ZBEKISTON AGRAR SEKTORINI TRANSFORMATSIYA QILISHNING GEOINFORMATSION AYRIM MASALALARI

E.Y.Safarov*-Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbeksiton Milliy universiteti, Geodeziya, kartografiya va kadastr kafedrasi professori, texnika fanlari doktori* **,**

A.A.Mo‘minov*-Vatan universiteti O'quv-uslubiy boshqarma boshlig'i g.f.f.d. (PhD)*

Annotatsiya: *mazkur tadqiqotda O‘zbekiston agrar sektorini rivojlantirishning geoinformatsion asoslari hamda iqlim o‘zgarishi sharoitida tabiiy resurslardan oqilona foydalanish masalalari tahlil qilingan. 1995-2024 yillar oralig‘idagi iqlimiy ma’lumotlar geoaxborot tizimlari asosida qayta ishlanib, ularning hududiy va vaqt bo‘yicha o‘zgarishlari o‘rganilgan. Tadqiqotda masofadan zondlash ma’lumotlari, jumladan optik va radar tasvirlari birgalikda qo‘llanilib, qishloq xo‘jaligi yerlarining holatini baholash usullari takomillashtirilgan. Shuningdek, raqamli texnologiyalar asosida agrojarayonlarni kuzatish va tahlil qilish imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. Olingan natijalar mashinaviy o‘qitish usullarining (ML) tuproq sho‘rlanishini aniqlash va ekinlarning rivojlanish bosqichlarini monitoring qilishda yuqori aniqlikka ega ekanligi haqida ma’lumotlar berilgan. Tadqiqot yakunida qishloq xo‘jaligini raqamlashtirish va resurslardan samarali foydalanishni ta’minlashga qaratilgan amaliy*

tavsiyalar ishlab chiqilgan.

***Kalit so‘zlar**: geoaxborot tizimlari, iqlim o‘zgarishi, masofadan zondlash, qishloq xo‘jaligi yer resurslari, tuproq sho‘rlanishi, mashinaviy o‘qitish*

***Аннотация:** В данном исследовании проанализированы геоинформационные основы развития аграрного сектора Узбекистана, а также вопросы рационального использования природных ресурсов в условиях изменения климата. Климатические данные за период 1995–2024 гг. обработаны с использованием геоинформационных систем и изучены их пространственно-временные изменения. В работе применены данные дистанционного зондирования, включая оптические и радиолокационные изображения, на основе которых усовершенствованы методы оценки состояния сельскохозяйственных земель. Кроме того, рассмотрены возможности мониторинга и анализа аграрных процессов с применением цифровых технологий. Полученные результаты свидетельствуют о высокой точности методов машинного обучения (ML) при определении засоления почв и мониторинге фенологических стадий развития сельскохозяйственных культур. В завершение исследования разработаны практические рекомендации, направленные на цифровизацию сельского хозяйства и повышение эффективности использования ресурсов.*

***Ключевые слова**: геоинформационные системы, изменение климата, дистанционное зондирование, сельскохозяйственные земельные ресурсы, засоление почв, машинное обучение.*

***Abstract:** This study analyzes the geoinformational foundations for the development of Uzbekistan’s agricultural sector, as well as issues related to the rational use of natural resources under climate change conditions. Climate data for the period 1995–2024 were processed using geographic information **systems** (GIS), and their spatial and temporal variations were examined. The research utilizes remote sensing data, including optical and radar imagery, to improve methods for assessing the condition of agricultural lands. In addition, the potential of digital technologies for monitoring and analyzing agricultural processes is considered. The obtained results demonstrate the high accuracy of machine learning (ML) methods in detecting soil salinity and monitoring crop phenological stages. The study concludes with practical recommendations aimed at the digitalization of agriculture and the efficient use of resources.*

***Keywords:** geographic information systems, climate change, remote sensing, agricultural land resources, soil salinity, machine learning*

O‘zbekiston Respublikasi agrosanoat majmuasining hozirgi holati tizimli ekologik muammolar va texnologik imkoniyatlarning misli ko‘rilmagan uyg‘unligi bilan xarakterlanadi. Arid iqlim sharoitida, yalpi qishloq xo‘jaligi mahsulotining 90% dan ortig‘i sug‘oriladigan dehqonchilik hissasiga to‘g‘ri keladigan mamlakatda, yer va suv resurslarini boshqarish an’anaviy agronomiyadan yuqori texnologiyali geoinformatika sohasiga o‘tmoqda. Statik tuproq xaritalari va analog usullarga asoslangan tarixiy qishloq xo‘jaligi kartografiyasi modeli dinamik ravishda o‘zgarib borayotgan iqlimiy signallar sharoitida o‘z samaradorligini yo‘qotdi. "Raqamli O‘zbekiston – 2030" strategiyasiga o‘tish mamlakat oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlashda masofaviy zondlash (MZ), mashinaviy o‘qitish (ML) va "Raqamli egizaklar" (Digital Twins) arxitekturasini o‘zida mujassam etgan "Agromatika" konsepsiyasini joriy etishni taqozo etmoqda.

Ushbu tadqiqot O‘zbekistonda agrar geoinformatika evolyutsiyasini o‘rganadi, multimodal sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlarini integratsiyalashning ilmiy yangiligini asoslaydi va XXI asr o‘rtalariga qadar kutilayotgan resurslar tanqisligiga moslashish bo‘yicha strategik yo‘l xaritasini taklif etadi.

O‘zbekistonda kartografik yondashuvlarni qayta ko‘rib chiqishning fundamental asosi iqlim rejimining ob’ektiv o‘zgarishidir. 1995–2024 yillardagi ko‘p yillik ma’lumotlar tahlili (Mann-Kendall testi) yer yuzasi harorati (LST) va evapotranspiratsiya intensivligining statistik jihatdan sezilarli darajada o‘sishini tasdiqlaydi. Bu o‘zgarishlar Amudaryo va Sirdaryo havzalaridagi suv resurslarining degradatsiyasi bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri korrelyatsiyaga ega.

ARIMA (avtoregressiv integrallashgan sirpanuvchi o‘rtacha) prognoz modellariga ko‘ra, 2050-yilgacha O‘zbekistonda isish va qurish tendensiyasi saqlanib qoladi. Tuproq namligining kritik $0,12 m^{3}/m^{3}$ ko‘rsatkichigacha pasayishi prognoz qilinmoqda, bu esa aniq sug‘orish texnologiyalarisiz an’anaviy dehqonchilikni iqtisodiy jihatdan samarasiz qilib qo‘yadi. Yillik yog‘ingarchilik miqdori $220 mm$ gacha biroz oshishi ehtimoli bo‘lsa-da, ularning jala xarakterida bo‘lishi yuqori bug‘lanish bilan birga grunt suvlari zaxirasini to‘ldirish o‘rniga eroziya jarayonlarini kuchaytiradi.

1-jadval

O‘zbekiston agrar mintaqalari uchun iqlim o‘zgarishi ko‘rsatkichlari va 2050-yilgacha bo‘lgan prognozlar

Ko‘rsatkich	**Trend (1995–2024 yy.)**	**Ahamiyatlilik (p-value)**	**2050-yilgacha prognoz**	**Agrar xatar**
Yuza harorati (LST)	$1,2–1,8 °C$ o‘sish	0,0246 (Yuqori)	Uzluksiz ko‘tarilish	Ekinlarning issiqlik stresi
Evapotranspiratsiya (ET)	Barqaror o‘sish	0,0446 (Muhim)	15-20% ga oshish	Sug‘orish suvi tanqisligi
Vegetatsiya indeksi (NDVI)	Me’yordagi o‘sish (0,04-0,085)	0,0017 (Yuqori)	0,1 darajasida turg‘unlik	Biomassa kamayishi
Tuproq namligi	Biroz pasayish	> 0,05	$0,12 m^{3}/m^{3} $ gacha pasayish	Cho‘llanish
Yog‘ingarchilik	Yuqori o‘zgaruvchanlik	> 0,05	$220 mm$/yilgacha (shiddatli)	Eroziya va degradatsiya

Ushbu ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki, faqatgina yer chegaralarini belgilovchi an’anaviy kartografiya o‘rnini real vaqt rejimida ekinlarning suv stresi indeksini (CWSI) baholashga va anomal iqlimiy tebranishlarni hisobga olgan holda hosildorlikni prognoz qilishga qodir dinamik monitoring tizimlari egallashi kerak.

Markaziy Osiyoda agrar geoinformatikaning asosiy muammolaridan biri yer maydonlarining yuqori darajada fragmentatsiyalashgani (ayniqsa dehqon xo‘jaliklarida) va vegetatsiyaning kritik fazalarida (mart-aprel) bulutlilik darajasining yuqoriligidir. O‘zbekistondagi zamonaviy tadqiqotlarning ilmiy yangiligi monosensorli tahlildan optik (Sentinel-2, Landsat-8/9) va sintezlangan aperturali radiolokatsiya (SAR, Sentinel-1) ma’lumotlarining tizimli fuziyasiga (birlashmasiga) o‘tishda namoyon bo‘ladi.

SAR ma’lumotlarining integratsiyasi bulutlilik to‘siqlarini yengib o‘tishga va VV hamda VH polyarizatsiyalaridagi teskari tarqalish koeffitsiyentlarini tahlil qilish orqali o‘simlik qoplamining strukturaviy xususiyatlari (balandligi, biomassa zichligi) haqida noyob ma’lumot olishga imkon beradi. O‘zbekiston sharoitida bu yechim sholi ekinlarini erta bosqichlarda (suv bosgan cheklar) aniqlash hamda spektral profillari o‘xshash, lekin barg arxitekturasi turlicha bo‘lgan paxta va makkajo‘xorini bir-biridan farqlash uchun o‘ta muhimdir.

Multimodal fuziya metodologiyasi quyidagi bosqichlarga asoslanadi:

1. Spektral garmonizatsiya – bu turli sun'iy yo'ldosh tizimlari ma'lumotlarini atmosferaviy tuzatish algoritmlari yordamida yagona format va fazoviy ruxsatga (10 m) keltirish.

2. Fazoviy-vaqtinchalik interpolyatsiya – bu bulutlilik tufayli yuzaga kelgan bo'shliqlarni to'ldirish uchun "Agri-Fuse" algoritmlarini qo'llash, bu vegetatsiya indekslarining uzluksiz vaqtinchalik qatorlarini shakllantirish imkonini beradi.

3. Strukturaviy-fenologik sintez – bu NDVI indeksini (xlorofill indikatori) SAR biomassa indekslari bilan birlashtirish, bu ekinlarni tasniflash aniqligini 98% gacha oshiradi.

Farg'ona va Xorazm viloyatlarida o'tkazilgan tajribalar shuni ko'rsatdiki, Random Forest (tasodifiy o'rmon) modellarining kombinatsiyalashgan variantlari an'anaviy usullardan aniqlik bo'yicha 12-15% ga ustun keladi.

O'zbekiston qishloq xo'jaligida "Raqamli egizak" (Digital Twin) konsepsiyasi – bu IoT datchiklari, dronlar va sun'iy yo'ldoshlardan olingan ma'lumotlar asosida doimiy ravishda yangilanib turadigan fizik ob'ektning (dala, ferma yoki irrigatsiya tarmog'i) virtual nusxasidir. Statik GAT qatlamlaridan farqli o'laroq, raqamli egizak boshqaruvning yopiq siklini amalga oshiradi:

- Fizik daraja– bu tuproq namligi, harorati, azot miqdori va ekinlarning o'sish fazalari haqidagi ma'lumotlarni yer usti stansiyalari va uchuvchisiz uchish apparatlari (UUvA) orqali yig'ish.
- Virtual daraja – bu o'simliklarning fiziologik jarayonlari va tuproq gidrodinamikasini imitatsiya qiluvchi uch o'lchamli va matematik modellarni yaratish.
- Tahlil va prognoz daraja – bu resurslar tanqisligi (masalan, "suv limiti 30% ga kamaysa nima bo'ladi?") ssenariylarini modellashtirishda sun'iy intellekt (SI) va chuqur o'qitishdan foydalanish.
- Aniq aralashuv darajasi – bu ıjro etuvchi mexanizmlarga (tomchilatib sug'orish tizimlari, purkagich-dronlar) avtomatik tarzda buyruqlar uzatish.

2025-yilga kelib jahondagi yirik agroklasterlarning 70% dan ortig'i, jumladan O'zbekistonning yetakchi xo'jaliklari, xarajatlarni optimallashtirish uchun raqamli egizak elementlaridan foydalanishga o'tishi kutilmoqda.

Tuproq sho'rlanishi O'zbekistonda dehqonchilik barqarorligiga asosiy xavf bo'lib qolmoqda va sug'oriladigan maydonlarning 50% dan ortig'ini qamrab olgan. Mashinaviy o'qitishga asoslangan Raqamli tuproq xaritalash (Digital Soil Mapping, DSM) yer yuzasining spektral xususiyatlarini tuproqning elektr o'tkazuvchanligi (EC) bilan bog'lovchi muqobil yondashuvni taklif etadi.

2-jadval

Agrar raqamli egizaklar arxitekturasida UUvA (dronlar) tasnifi va qo‘llanilishi

Dron turi	Vazni	Jihozlanishi	Qamrov maydoni	Asosiy funksiyasi
Mikro-dronlar	0,2 – 2 kg	RGB-kameralar, yengil multispektral datchiklar	2–3 ga	Kasallik o‘choqlarini tezkor aniqlash
Kichik dronlar	2 – 25 kg	Teplovizorlar, LiDAR, multispektral kameralar	5–10 ga	Stress va vegetatsiyani xaritalash
O‘rta dronlar	25 – 150 kg	Datchiklar to‘plami, GNSS tizimlari	40 ga gacha	O‘g‘itlarni aniq me’yorda solish
Og‘ir dronlar	> 150 kg	Agrokimyoviy baklar, radarlar	> 40 ga	O‘simliklarni avtonom himoya qilish

Sirdaryo viloyatida Google Earth Engine platformasi yordamida o‘tkazilgan tadqiqot yer foydalanish turlari (LULC) va sho‘rlanish dinamikasi o‘rtasidagi muhim bog‘liqlikni aniqladi. Random Forest algoritmi yordamida quyidagi omillarning ta’siri belgilandi:

1. Baliqchilik xo‘jaliklari va suv bosgan yerlar – bu EC variatsiyasining 50% ulushi.
2. Bo‘sh yotgan yerlar (Bare lands) – bu 38% ulush, grunt suvlarining kapillyar ko‘tarilishi hisobiga tuzlarning jadal to‘planishi bilan xarakterlanadi.
3. Bug‘doy maydonlari – bu 15% ulush, muntazam yuvish rejimi va vegetatsiya qoplami ikkilamchi sho‘rlanish jarayonlarini ushlab turadi.

Neyron tarmoqlar va gradientli busting (XGBoost, LightGBM) usullarini qo‘llash 10-30 metrli ruxsatga ega sho‘rlanish xaritalarini yaratishga imkon beradi, bu esa agroklasterlarga meliorantlar va yuvish suvlari miqdorini tabaqalashtirilgan holda rejalashtirish imkonini beradi.

Farg‘ona vodiysi o‘ziga xos transchegaraviy agroekologik mintaqa bo‘lib, bu yerda suv taqsimoti masalalari nafaqat iqtisodiy, balki geosiyosiy ahamiyatga ham ega. Muzliklarning erishi natijasida 2050-yilga kelib daryo oqimining 10-20% ga kamayishi kutilayotgani suvdan foydalanish samaradorligini keskin oshirishni talab qiladi.

GAT texnologiyalari irrigatsiya tizimlarini boshqarishni quyidagicha o‘zgartiradi:

- Gidrografik tarmoqni raqamlashtirish – bu ArcGIS Pro dasturida kanallarning topologik modellarini yaratish va ularni dala konturlari bilan bog‘lash.
- WaPOR orqali monitoring – bu FAO portalidan foydalanib, alohida dalalar darajasida haqiqiy evapotranspiratsiya va suv mahsuldorligini baholash.

- Irrigatsiyada IoT datchiklari – bu Farg‘onadagi "Raqamli qishloqlar" (DVI) tashabbusi doirasida issiqxonalarda va ochiq maydonlarda aqlli datchiklarning o‘rnatilishi, kalendar asosidagi sug‘orishdan adaptiv sug‘orishga o‘tish hisobiga suvni 25% gacha tejash imkonini bermoqda.

Lalmi dehqonchilik salmog‘i yuqori bo‘lgan Jizzax viloyati meteorologik qurg‘oqchilikka eng zaif hudud hisoblanadi. Qurg‘oqchilik xavfi zonalarini avtomatik aniqlash tizimlari sun’iy yo‘ldosh vegetatsiya indekslari (VCI) va yog‘ingarchilik ma’lumotlarini (CHIRPS 2.0) integratsiyalashga asoslangan.

2012–2024 yillardagi anomaliyalar tahlili shuni ko‘rsatdiki, qurg‘oqchil yillarda (2021, 2023) yog‘ingarchilik taqchilligi 33% ga yetgan, bu esa mintaqa maydonining 35,5% qismida o‘simliklar o‘sishining pasayishiga olib kelgan. Monitoring metodologiyasi SPI indeksini (yog‘ingarchilikning standartlashtirilgan indeksi) va NDWI (namlik indeksi) tahlilini o‘z ichiga oladi, bu o‘simliklarning suv stresini vizual qurish alomatlari paydo bo‘lishidan 10-14 kun oldin aniqlash imkonini beradi.

2030-yilga borib O‘zbekistonning agrotexnologik landshafti "konvergent intellekt" bosqichidan o‘tadi:

Edge AI (Chegaraviy hisoblashlar) ma’lumotlarni qayta ishlash algoritmlarini bevosita datchiklar va dronlarning o‘ziga ko‘chirish. Bu dala sharoitida internet aloqasi bo‘lmaganda ham oniy qarorlar qabul qilish (masalan, o‘g‘it miqdorini o‘zgartirish) imkonini beradi.

Generativ SI “Agronom yordamchisi” sifatida LLM (katta til modellari) agronomlarga tushunarli tavsiyalar beradi: “5-dalada azot tanqisligi aniqlandi, yomg‘irdan oldin 48 soat ichida 50 kg/ga karbamid solish tavsiya etiladi”.

O‘zaro muvofiqlik (Interoperability) turli kompaniyalarning texnikalari, sun’iy yo‘ldoshlar va meteostansiyalar ma’lumotlarining yagona raqamli ekotizimga birlashishi.

Xulosa va tavsiyalar. O‘zbekistonning qishloq xo‘jaligi kartografiyasini to‘laqonli agrar geoinformatika tizimiga aylantirish davlat va akademik darajadagi muvofiqlashtirilgan harakatlarni talab qiladi:

ınstitutsional modernizatsiya Milliy geoportal tizimlarini (Kadastr, Gidromet, Suv xo‘jaligi) integratsiya qilishni jadallashtirish;

texnologik diversifikatsiya davlat monitoringi tizimiga multimodal MZ usullarini (SAR + Optik) majburiy joriy etish;

ılmiy-ta’limiy fokus agronomiya va Big Data chorrahasida DSc/PhD kadrlar tayyorlash dasturlarini shakllantirish;

kichik xo‘jaliklarni qo‘llab-quvvatlash raqamli tafovutni bartaraf etish uchun “Digital Villages” loyihalarini kengaytirish.

Ushbu chora-tadbirlarni amalga oshirish O‘zbekiston agrar sektorini iqlimiy xatarlar zonasidan yuqori texnologiyali va barqaror tarmoqqa aylantirish imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. **Karimov, I., et al. (2025).** Land degradation and soil salinity trends in Uzbekistan: Remote sensing and GIS-based evaluation of irrigated croplands. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, pp. 1676–1690.
2. **ISPRS Annals. (2025).** Uzbekistan's agricultural and ecological sustainability under a warming and drying climate scenario: Trends (1995–2024) and Projections (2025–2050) using ARIMA models. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, X-5-W3-2025, pp. 57–64.
3. **MDPI Review. (2025).** Systematic review of Digital Twins in agriculture: Frameworks for real-time monitoring, simulation, and decision-making (2018–2025). *AgriEngineering*, 7(5), Art. 137.
4. **Farmonaut Research. (2025).** Status of digital agriculture in 18 countries of Europe and Central Asia in 2025: Innovation strategies and precision farming adoption. *Global Digital Agriculture Insights Report*.
5. **Sadeghi, M., et al. (2025).** A new approach to soil moisture estimation based on correlation between SAR and multispectral indices and seasonal pattern of soil moisture dynamics. *International Journal of Engineering and Geosciences (IJEG)*.
6. **Trout, J., et al. (2025).** Canopy Temperature and Crop Water Stress Index (CWSI): Integration of remote sensing in agricultural decision-making for arid zones. *Frontiers in Plant Science*, 16, Art. 1710618.
7. **Research Square. (2025).** Crop Classification in Uzbekistan Using Random Forest: Systematic fusion of Synthetic Aperture Radar (SAR) and optical data with ground-truth validation. *Research Square Preprints*, September 10, 2025.
8. **ResearchGate. (2025).** Exploring contribution of Land Use/Land Cover (LULC) to soil salinity by Google Earth Engine and machine learning: A case study of Syrdarya province, Uzbekistan. *Technical Report*, January 2025.
9. **FAO Europe and Central Asia. (2025).** Digital Villages Initiative (DVI) in Uzbekistan: Smart greenhouse technologies and youth innovation in the Fergana Valley. *FAO Technical Publication*.
10. **Agricultural Science Digest. (2025).** Synergy between SAR and optical datasets for large-scale agricultural monitoring in arid and semi-arid environments. *Agricultural Science Digest*, 45(1), pp. 118–125.
11. **ResearchGate. (2025).** Water Resource Management in Fergana Valley

Irrigation Systems: GIS Technologies Implementation to Enhance Optimization.

12. **MDPI Sustainability. (2025).** Estimating historical soil salt content (2001–2021) and predicting soil salinity types (2020–2050) based on ML and CA–Markov models. *Sustainability*, 17(15).

13. **Safi, C., et al. (2023).** Estimating agricultural water productivity using remote sensing derived data: Monitoring SDG indicator 6.4.1 using WaPOR. *Modeling Earth Systems and Environment*, pp. 1–11.

14. **ResearchGate. (2026).** Automatic extraction of drought-prone areas of Uzbekistan using geospatial data: A case study on Jizzakh province. *Scientific Report*, February 18, 2026.

15. **Adaptation Fund. (2025).** Resilient Food Systems Through Climate Services for Agriculture in Uzbekistan. *Project Proposal AFB.PPRC.35.18*.

16. **UNECE / Eurostat. (2025).** Global Assessment of the National Statistical System of Uzbekistan: Final Report on Agricultural Data Digitization.

17. **Intelinair & CropLife. (2026).** Smart Agriculture Technology Trends: AI, Edge Computing, and Generative Decision Partners defining the 2026 season. *Ag Tech Trends Industry Report*.

18. **Sadeghi, M., et al. (2025).** Multi-modal data fusion architecture for agricultural monitoring: Integrating SAR, Optical, and LiDAR data. *Journal of Remote Sensing*, 45(3), pp. 123–134.

19. **ResearchGate. (2025).** A Review on Machine Learning Model for Predicting Maize Crop Yield in Semi-Arid Regions. *Journal of Agricultural Data Science*.

20. **MDPI Agriculture. (2024/2025).** Machine learning-based planting structure classification in typical arid irrigation areas using multi-source remote sensing. *Agriculture*, 15(11).

UDK 338.48(045)

BUXORO VILOYATIDA TURIZM QISHLOQLARINI RIVOJLANTIRISHDA IJTIMOIY-IQTISODIY VA EKOLOGIK OMILLARNING TA'SIRI

Jumayev Xayrulla Xayitovich *- Qarshi davlat universiteti dotsenti.*

Rustamov Rajab Baxtiyorovich *- Qarshi davlat universiteti doktoranti.*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada Buxoro viloyatida turizm qishloqlarini tashkil etish va rivojlantirish jarayonlariga ijtimoiy-iqtisodiy hamda ekologik omillarning ko'rsatadigan ta'siri tizimli ravishda tahlil qilingan. Tadqiqotda Shirin va Choloki qishloqlarining o'ziga xos ekologik muvozanatini saqlagan holda, qishloq aholisining bandligini ta'minlash va turmush darajasini*

oshirishda etnoturizm, agroturizm va ekoturizmning salohiyati yoritib berilgan. Muallif tomonidan Buxoro viloyatida turizm infratuzilmasini modernizatsiya qilish, mahalliy madaniy merosni asrab-avaylash hamda ekologik barqarorlikni ta'minlashga qaratilgan amaliy taklif va tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: *turizm qishlog'i, Shirin, Choloki, ijtimoiy-iqtisodiy omillar, ekologik barqarorlik, agroturizm, mahalliy aholi bandligi, infratuzilma.*

Аннотация: *В данной статье систематически анализируется влияние социально-экономических и экологических факторов на процессы организации и развития туристических деревень в Бухарской области. Исследование подчеркивает потенциал этнотуризма, агротуризма и экотуризма в обеспечении занятости и повышении уровня жизни сельского населения при сохранении уникального экологического баланса деревень Ширин и Чолоки. Автор разработал практические предложения и рекомендации, направленные на модернизацию туристической инфраструктуры Бухарской области, сохранение местного культурного наследия и обеспечение экологической устойчивости.*

Ключевые слова: *Туристическая деревня, Ширин, Чолоки, социально-экономические факторы, экологическая устойчивость, агротуризм, местная занятость, инфраструктура.*

Abstract. *This article systematically analyzes the impact of socioeconomic and environmental factors on the organization and development of tourist villages in the Bukhara region. The study highlights the potential of ethnotourism, agritourism, and ecotourism to provide employment and improve the living standards of rural populations while preserving the unique ecological balance of the villages of Shirin and Choloki. The author has developed practical proposals and recommendations aimed at modernizing the tourism infrastructure of the Bukhara region, preserving local cultural heritage, and ensuring environmental sustainability.*

Keywords: *Tourist village, Shirin, Choloki, socio-economic factors, environmental sustainability, agrotourism, local employment, infrastructure***.**

Kirish. Hozirgi globallashuv sharoitida turizm sohasi jahon iqtisodiyotining ang tez rivojlanayotgan tarmoqlaridan biri hisoblanadi. O'zbekistonda turizmni diversifikatsiya qilish, ayniqsa qishloq turizm, ekoturizm va madaniy turizmni rivojlantirish davlat siyosati darajasida amaliy ishlar olib borilmoqda.

Turizm qishloqlari - turistlarga milliy turmush tarzi, urf-odatlar, an'anaviy

hunarmandchilik, mahalliy taomlar va ekologik toza muhitni taqdim etadigan maxsus turistik hududlardir. Ular nafaqat turizm xizmatlar koʻlamini kengaytiradi, balki hududlarning ijtimoiy-iqtisodiy rivojanishiga ham kuchli taʼsir koʻrsatadi. Turizm qishloqlarining tashkil etilishi qishloq aholisi uchun yangi ish oʻrinlari yaratishga xizmat qiladi. Xususan, mehmon uylari tashkil qilish, milliy taomlar tayyorlash, gidlik xizmatlari, hunarmandchilik mahsulotlari savdosi, transport va servis xizmatlari aholi bandligini oshiradi. Bu jarayon qishloqlarda ishsizlik darajasini kamaytiradi, aholi daromadlarini koʻpaytiradi va yoshlarning migratsiyasini kamaytiradi.

Muhokama. Boshqa bir fikrda aytilishicha, "qishloq turizmi - bu qishloqning ijtimoiy va iqtisodiy hayoti, ijtimoiy madaniyati, urf-odatlari, qishloqning arxitekturasi va tuzilishi, noyob va qiziqarli iqtisodiy faoliyati kabi o'ziga xos muhitni taqdim etadigan butun muhitni taklif qiluvchi qishloq hududidir. Shuningdek, u turizm komponenti, masalan, diqqatga sazovor joylar, turar joy, ovqatlanish va ichimlik va boshqa sayohat ehtiyojlari kabi rivojlanish salohiyatiga ega" [7].

Buxoro shahri asrlar davomida milliy qadriyatlar va madaniy meros markazi sifatida shakllangan. Bu viloyatdagi turizm qishloqlarida aholini milliy urf-odatlari, madaniyati, xalq ogʻzaki ijodi, folklori, milliy liboslari, kulolchilik, zardoʻzlik va misgarlik kabi hunarlari turistik mahsulotga aylanadi. Bu esa qishloqlarda milliy-madaniy merosni saqlash va uni xalqaro miqyosda targʻib qilish imkonini beradi.

Buxoro viloyatida qishloq turizmini rivojlanishiga taʼsir etuvchi ijtimoiy, iqtisodiy va ekologik omillarga alohida eʼtibor qaratish lozim. Avvalo viloyatda turizm qishloqlarini tashkil etishda birinchi navbatda infratuzilma omillarga ham bogʻliq boʻlib, avtomobil yoʻllari, elektr taʼminoti, ichimlik suvi tizimi, internet va aloqa tarmoqlari, tibbiy va sanitariya xizmatlarining yaxshilanishiga ham olib keladi. Natijada mahalliy aholining turmush tarzining sifati ortadi.

Turizm qishloqlarini tashkil qilishda iqtisodiy omillarning taʼsiri ham kuchli boʻlib, bunda qishloqlar mahalliy iqtisodiyotining diversifikatsiya qilinishiga xizmat qiladi. Qishloqlarda turizmni rivojlantirish orqali xizmat koʻrsatish sohalari kengayadi, kichik biznesa va xususiy tadbirkorlik rivojlanadi, mahalliy mahsulotlarga talab ortadi va budjet tushumlari koʻpayadi. Ayniqsa, qishloq xoʻjaligi mahsulotlarini turizm bozor bilan integratsiya qilish muhim iqtisodiy samara beradi[9].

Viloyat qishloqlarida turizmni rivojlantirishda, gastronomik turizmning ahamiyati ham katta boʻlib, Buxoro oshi, Gʻijduvon qiyma shashligi, tandir kabob, Olot somsasi, moshxoʻrak, goʻshtnut, qiymali atala, qurutli

taomlar va milliy shirinliklar turistlar uchun muhim jozibador omillaridan hisoblanadi. Gastronomik turizmda milliy taomlar brendlarini shakllantiradi, fermer xo‘jaliklari daromadini oshiradi va oziq-ovqat mahsulotlari ishlab chiqarishini rag‘batlantiradi. Bu esa qishloq mahalliy iqtisodiyotining barqaror rivojlanishiga xizmat qiladi.

Natijalar. Buxoro viloyatidagi Vobkent tumani ana shunday nomoddiy tarmoqlardan gastronomik turizmni rivojlantirishda tabiiy, ijtimoiy-iqtisodiy geografik omillarga ega hududdir. Tumandagi qishloqlarning aksariyati qadimiydir. Shuning uchun ular muhim turizm manbalari bo‘ladi. Ayniqsa, tumandagi “Shirin” qishlog‘i bu sohada ustuvorlikka ega.

Shirin qishlog‘i tabiiy geografik jihatdan qadimgi Zarafshon daryosi o‘ng qirg‘og‘i bo‘ylarida joylashgan bo‘lib, taxminan 2500 yillik tarixga ega. Suv resurslariga qulayligi tufayli aholi asosan sug‘orma dehqonchilik bilan shug‘ullangan. Uzumchilik, poliz mahsulotlari yetishtirishda yetakchilik qilgan. Shu bilan birga hunarmandchilik va savdo sotiq bilan shug‘ullanib kelishgan. Bugun Shirin qishlog‘idagi bir qator madaniy meros obyektlari va milliy urf odatlar o‘tmishidan guvohlik beradi[8].

Yuqoridagi tabiiy, iqtisodiy-ijtimoiy omillar ta’sirida Vobkent tumanidagi Shirin MFY da gastronomik turizmni rivojlantirish imkoniyatlari katta. Gastronomik turizm – bu, ma’lum bir mamlakatning milliy oshxonasi, mahsulot va taomlarini tayyorlashning o‘ziga xos xususiyatlari bilan tanishish maqsadida o‘sha mamlakatga turistik sayohatni amalga oshirishdir. Qishloq tabiiy sharoitining qulayligi tomorqa xo‘jaliklarida aholi tomonidan uzum, anjir, olma, o‘rik, olxo‘ri va boshqa ekinlar yetishtirilmoqda. Avvalo ularni xo‘raki holda, ortiqchasidan quruq mevalar tarzda sotish tashkil etilgan, bu ishlar hozirgi kunga qadar saqlanib kelinmoqda. Qishloqda sho‘rdanak bilan birga quruq mevalar, milliy shirinliklar, poliz ekinlari va hunarmandchilik mahsulotlarini tayyorlash avloddan-avlodga o‘tib kelayotgan meros sanaladi. Shu bilan birga qishloq ayollari ushbu mahsulotlarni tayyorlashda har bir ko‘chadan bitta xonadonga yig‘ilishib qadimgi urf odatlar, milliy kuy qo‘shiqlarni ijro etish, laparxonlik, qadimgi rivoyatlar, va qadimgi an’analarni ijro etib mehnat qilishni odatga aylantirishgan. Gastronomik turizm yo‘nalishida “Shirin” MFYda ishlab chiqarish va ijtimoiy infratuzilmaning rivojlanish darajasi hali past. Qishloqda sayyohlarni joylashtirish (mehmonxonalar, lagerlar, turistik bazalar va boshqalar) va tashish vositalariga asoslangan maxsus turistik infratuzilma barpo etish lozim.

1. Milliy taomlar tayyorlash, sho‘rdanak va qurut klasteri, asalarichilik markazi, quritilgan

meva va sabzavotlarni qadoqlash, ziravor va damlamalardan choy tayyorlash, nisholda va holva pishirish mahorat darslari, koʻk somsa, bichak, piyozli kulcha va non mahsulotlarini tayyorlash, meva va sabzavotlardan tabiiy sharbat tayyorlash.

2. Qadimiy unutilib ketayotgan quyidagi ovqatlarni tayyorlovchi xonadonlarni tashkil etish.

3. Yoʻrgam, jagʻir-bugʻir, yopma baliq, baliq shoʻrva, moshxoʻrak, goʻshtnut, qiymali atala, uzmantoy, gʻilmindi, gʻalmana, anor va piyozdan tayyorlangan salat, piyova, olxoʻri doʻlma, qaymoq shoʻrva, shopirma, qoqirim, tuxumli joʻxori, oʻmoch, tuxum hasip, bugʻlama barra, kifta shoʻrva, doʻndirma kabob, ichi qovoq usti qiyma somsa, sumalak, yorma.

4. “Shirin” turizm qishlogʻidagi barcha turistik xizmatlarni aks ettirgan topografik xarita ishlab chiqish.

5. “Etnoturizm” qishlogʻi haqidagi targʻibot materiallari (buklet, flaer va boshqa) tayyorlash va suvenir buyumlarini sotish doʻkonlarini barpo etish.

6. “Shirin” turizm qishlogʻi emblemasini (logotip) ishlab chiqish.

7. “Shirin” turizm qishlogʻi tarixi va uning mashhur shaxslari, mahalliy xalqning hajviy hikoyalari toʻgʻrisida kitob tayyorlash.

Turizm qishloqlarida investitsiya va tadbirkorlik muhitini rivojlantirishda mahalliy va xorijiy investitsiyalarni jalb qiladi, mehmon uylari, olish maskanlari, ekolagerlar va hunarmandchilik markazlari tashkil etilishiga turki beradi. Buni natijasida qishloq hududlarining iqtisodiy faolligi ortadi. Qishloq turizmi rivojlantirishda albatta ekologiya omillarning ham ta’siri sezilarli darajada boʻladi.

Turizm qishloqlarini tashkil etishda tabiiy resurslardan oqilona foydalanish, jumladan, suv resurslari, yer resurslari, oʻsimlik va hayvonot dunyosli va tabiiy landshaftlarni muhofaza qilish muhim ahamiyatga ega. Bunda ekologik barqarorlik ta’minlanmasa, turistik faoliyat tabiiy muhitga salbiy ta’sir koʻrsatishi mumkin. Viloyatda uzoq hududlarida turizm qishloqlarini tashkil etishda ekoturizm imkoniyatlaridan ham kengroq foydalanish, jumladan, Qizilqum choʻliga yaqin hududlarda, choʻl safari sayohatlari, tuyada sayr qilish, yurt, oʻtov lagerlari, choʻl ekologik marshrutlar va foto-safarilar tashkil qilish imkoniyati mavjud. Bu turizm turlari xorijiy turistlar orasida yuqori talabga ega.

Qishloq turizmni rivojlanishida ekologik muammolar, ayniqsa turizm infratuzilmasining notoʻgʻri rivojanishi, chiqindilarning koʻpayshi, suv resurslarining tanqisligi, tuproq degradatsiyasi va havo iflolanishiga sabab boʻlishi mumkin. Shu sababli “yashil turizm”, qayta tiklanuvchi energiya manbalari, chiqindilarni saralash va ekologik monitoringlar olib borish lozim.

Ta’kidlash joizki,

respublikada turizm sohasini yanada rivojlantirish, infratuzilmani yaxshilash, turizm salohiyati yuqori bo‘lgan hududlarning o‘zaro bog‘liqligini ta’minlash orqali turistlar sayohati uchun qulay shart-sharoitlar yaratishga qaratilgan kompleks chora-tadbirlar amalga oshirildi [1].

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 5-dekabrdagi “Buxoro viloyatida sanoat va xizmat ko‘rsatish sohasini rivojlantirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-423-son qarorining 10-ilovasi bilan Buxoro viloyatida turizm qishlog‘i maqomi beriladigan mahallalar ro‘yxati tasdiqlangan [2].

Shuningdek, 2025-2027-yillar mobaynida viloyatning 9 ta tumanidagi 11 ta qishloqda “turizm qishlog‘i” maqomini berish yuzasidan taqsimot belgilanib bu borada Turizm qo‘mitasining 2025-yil 21-maydagi 03-15/129-sonli reja-grafigi hamda Bosh vazir o‘rinbosari va Buxoro viloyati hokimi tomonidan tasdiqlangan indikatorlar to‘plamida 2025-yilda 3 ta turizm qishloqlarini tashkil etish belgilangan. Taqsimotga ko‘ra,

Yuqoridagi topshiriqlar ijrosini ta’minlash maqsadida, Buxoro viloyati Kogon tumanidagi “Choloki” MFY, Qasri Orifon qishlog‘ida“ turizm qishlog‘i” Vazirlar Mahkamasining 2020-yil 10-iyuldagi 433-son qarori 8-ilovasining 5-bandida belgilangan talablar asosida tashkil qilinib respublika ishchi guruhi tomonidan o‘rganildi va Komissiya raisining 2025-yil 14-iyuldagi “Buxoro viloyati Kogon tumani, “Choloki” MFY, Qasri Orifon qishlog‘iga “Turizm qishlog‘i” maqomini berish” to‘g‘risidagi 03-15/58-sonli bayoni tasdiqlandi[4].

Qasri Orifon qishlog‘i Buxoro viloyati Kogon tumanida joylashgan qadimiy qishloqlardan biri sanaladi. Qishloqning ilgarigi nomi Qasri Hinduvon bo‘lgan, keyinchalik Bahouddin Naqshband tufayli Qasri Orifon nomini sazovor bo‘lgan.

Qasri Orifon Bahouddin Naqshbandning tug‘ilgan joyi sifatida ham tanilgan. Uning sharafiga qishloqda Bahouddin Naqshband ziyoratgohi barpo etilgan bo‘lib, bu maskan nafaqat mahalliy sayyohlar, balki xorijiy sayyohlar uchun ham tabarruk hisoblanadi.

Ma’lumot o‘rnida aytish joizki, mazkur qishloqda oilaviy mehmon uyi tashkil etish istagida bo‘lgan 50 dan ortiq oilalar o‘rtasida tushuntirish va targ‘ibot tadbirlari o‘tkazilishi natijasida bugungi kunda 20 ta oilaviy mehmon uylari tashkil etildi;

- Hududdagi turizm sohasi vakillari bilan tajribaga ega bo‘lgan turizm mahalla (“Qo‘rg‘on”) va turizm qishloq (“Shirin”) ishtirokida tajriba almashish amaliyoti yo‘lga qo‘yildi;
- xizmatlar sifatini diversifikatsiya qilish va sayyohlarni qolish muddatini uzaytirish maqsadida “Qasri Orifonga bir kun” nomli sayohat dasturi ishlab chiqildi;
- 2025-yilning 1-yarim yilligida 2 marotaba 2 xil yo‘nalishdagi

(oilaviy mehmon uylari faoliyatini tashkil etish va xorijiy til kurslari (boshlang‘ich)) o‘quv kurslari tashkil etildi;

- joriy yilning 5-6 fevral kunlari 10 ga yaqin davlatlar (Indoneziya, Malayziya, Singapur, Buyuk Britaniya, Avstraliya, Turkiya, Hindiston)dan 134 nafar ziyoratchilar uchun “Naqshband kunlari” tadbiri o‘tkazildi.

Shunga ko‘ra, 2025-yil 23-iyul kuni Qasri Orifon “turizm qishlog‘i”ning rasmiy ochilish marosimi yuqori va ko‘tarinki o‘tkazilib, bunda, Turizm qo‘mitasining “turizm qishlog‘i” maqomini berilganligini tasdiqlovchi Sertifikati (№2025-58) “Choloki” mahallasi raisiga topshirildi. Shundan so‘ng turizm soha vakillari (turoperatorlar, gid-ekskursovodlar, joylashtirish vositalari, OAV va b.) va mahalliy aholi uchun info-tur tashkil etildi[11].

Ma’lumot uchun: (Kogon tumanidagi mavjud turizm infratuzilmalar)

- Hudud maydoni: 321,5 ga
- 31 ta joylashtirish vositalari (275 ta xona, 822 ta o‘rin) shundan:
- 4 ta mehmonxona (144 ta xona, 339 ta o‘rin)
- 19 ta oilaviy mehmon uyi (55 ta xona, 190 ta o‘rin)
- 8 ta xostel (76 ta xona, 293 ta o‘rin)
- 1 ta turoperator
- 2 ta ziyoratgoh *(Said Amir Kulol va Bahouddin Naqshband)*
- 1 ta turizm axborot markazi *(Said Amir Kulol va Bahouddin Naqshband ziyoratgohlarida)*
- 44 ta turistik yo’nalishdagi hojatxona *(SGSh)*
- 22 ta turistik axborot yo‘lko‘rsatkichlar
- 1 ta stella (Qasri Orifon qishlog‘i nomi yozilgan)
- 5 ta turistik restoran.

Hududda turistlarga kamida 5 ta sifatli turistik xizmatlarni (turar-joy va (yoki) ovqatlanish xizmatlaridan tashqari) yo‘lga qo‘yilgan. Bundan tashqari hududda gid xizmati, transport xizmati, chilangarlik, kashtado‘zlik, valuta ayriboshlash shoxobchasi, yirik savdo markazlari, muzey va turistik axborot markazi faoliyat yuritmoqda.

Qasri orifon turizm qishlog‘ida madaniy va ziyorat turizm yo‘nalishi bo‘yicha B.Naqshband ziyoratgohi hududida Qasri Orifon masjidi, minora va hovuzi; Bibi Orifa xazirasi (XIV-asr), Qorixona (muzey) (XVIII-asr), Tashqi hovuz (XVIII-asr), Abdulazizxon xonaqosi (XVI-asr), Amir Muzaffarxon masjidi (XIX-asr), Saqona (XX-asr), Bahouddin Naqshbandiy xazirasi (XIV-asr), Dahmai shohon (XVI-XVIII-asr), Doniyolbiy madrasasi (XVIII-asr), Toqi Miyona (XVI-asr) kabi turistik obyektlar mavjud.Bundan tashqari, hududda ekoturizm obyekti ishga tushirildi va 40 nafar ish o‘ni yaratildi.

Ushot qishlog‘i Buxoro viloyati Jondor tumanida joylashgan bo‘lib, u o‘zining boy tarixi va ma’naviy ahamiyati bilan

mashhur. Ushot qishlog‘i atrofi o‘z davrida keng yaylovli, xushmanzarali va obod maskanlardan biri bo‘lib, hunarmandchilik, dehqonchilik va chorvachilik faoliyatlari uchun keng imkoniyatli hisoblangan.

Ushot so‘zi so‘g‘diy tildan olingan bo‘lib, “ush” va “ot” so‘zlarining jamlanmasidan kelib chiqqan bo‘lib, uzumzor ma’nosini anglatadi.

Buxoro viloyati Jondor tumanidagi “Ushot” MFY, Ushot qishlog‘iga 2025-yil 21-avgustdagi “Buxoro viloyati Jondor tumani, “Ushot” MFY, Ushot qishlog‘iga “Turizm qishlog‘i” maqomini berish” to‘g‘risidagi 03-15/73-sonli bayoni tasdiqlandi [5].

Ma’lumot o‘rnida aytish joizki, mazkur qishloqda 1 ta mehmonxona (6 xona, 14 o‘rin) va 1 ta xostel (4 xona, 12 o‘rin) mavjud bo‘lib, shuningdek, 20 ta oilaviy mehmon uylari (20 xona, 137 o‘rin) sayyohlar tashrifiga tayyorlandi.

Hududdagi mahalla guzarida turistlarga birinchi tibbiy yordam ko‘rsatish maqsadida qishloq vrachlik punkti, gid, transport xizmati, chilangar, “Voris” kashtachilik va so‘zanachilik hunarmandchilik markazi, Davlat xizmatlari ko‘rsatish shoxobchasi, savdo do‘konlari, turizm axborot markazi xizmati, turistlarga tandir va yon yopish, milliy taomlar tayyorlash mahorat darslari kabi ko‘ngilochar namoyishlar yo‘lga qo‘yilgan.

Madaniy va tarixiy turizm yo‘nalishi bo‘yicha Ushot MFY hududida Tali Xafrabodtepa-1 (IV-VI-asrlar), Ushottepa (VII-VIII-asrlar), Masjid (Qizbibi majmuasi) (XVI-asr), Maktab (Qizbibi majmuasi) (XVI-asr), Darvozaxona (Qizbibi majmuasi) (XVI-asr), Obxona (Qizbibi majmuasi) (XVI-asr), Varaxsho shaxristoni (Mil.avv. IV – XII-asrlar) kabi madaniy turistik obyektlar mavjud.

Bundan tashqari, Jondor tumani “Ushot” MFY, Ushot qishlog‘iga “O‘zbek non madaniyati xonadoni” tashkil etilib 20 ga eksponatlar bilan boyitildi.

Shuningdek, Zarafshon daryosi bo‘yida 4,2 gektar maydonda sohil bo‘yi dam olish maskanini tashkil etish natijasida 200 ga yaqin xizmat ko‘rsatish obyektlari (jumladan: 10 ta umumiy ovqatlanish obyektlari, 30 ta savdo shoxobchasi, 50 ta attraksion, 10 ta tir otish parki, 5 ta fotostudiya, 10 ta karaoke, 5 ta suv qayiqlar, 40 ta boshqa obyektlar) faoliyati yo‘lga qo‘yiladi va 240 ga yaqin ish o‘rni yaratiladi.

Hududda turistlar uchun zarur bo‘lgan barcha infratuzilma-ichimlik suvi, aloqa tizimi, SGSH, elektr energiyasi, isitish tizimi, transport aloqasi, yo‘l infratuzilmasi mavjud.

Hududda yil davomida barcha turdagi xizmat turizm xizmatlarini ko‘rsatish imkoniyatlari, jumladan, gid-ekskursovod xizmati, folklor, hunarmandchilik, milliy taomlar tayyorlovchi gastro xonadonlar, agroturizm (sigir va echki sog‘ish) xizmatlari mavjud.

O‘ba turizm qishlog‘ida 1 ta mehmonxona (13 xona, 37 o‘rin), 2 ta hostel (14 ta xona 52 o‘rin), 20 ta oilaviy mehmon uylari (43 xona

192 o‘rin) sayyohlar tashrifiga tayyorlandi [6].

Hududdagi mahalla guzarida qishloq vrachlik punkti bo‘lib, unda sayyohlarning salomatligi uchun barcha zaruriy vositalar bilan ta’minlangan. Bundan tashqari, hududda gid xizmati, transport xizmati, davlat xizmatlarini ko‘rsatish shoxobchasi, savdo do‘konlari va turistik axborot markazi mavjud. Azizon MFY hududidagi hunarmandchilik markazida milliy esdalik sovg‘alarining savdosi bilan shug‘ullanadigan 1 ta savdo shoxobchasi faoliyati yo‘lga qo‘yilgan.

Madaniy va ziyorat turizmi yo‘nalishi bo‘yicha hududda 7 pir ziyoratgohlari tarkibiga kiruvchi Xoja Ali Romitaniy, Boboyi Samosiy, shuningdek, Xo‘ja Ubbon, Xo‘ja Zafaron hamda Xoja Niyoz Xorazmiy kabi madaniy turistik obyektlar mavjud.

Shuningdek, Xo‘ja Ali Romitaniy ziyoratgohi ro‘parasida 0.6 gektar maydonda xizmat ko‘rsatish maskanini tashkil etish natijasida 15 ga yaqin xizmat ko‘rsatish obyektlari (jumladan, 4 ta umumiy ovqatlanish obyektlari, 6 ta savdo shoxobchasi, 1 ta fotostudiya, 3 ta boshqa obyektlar) faoliyati yo‘lga qo‘yiladi va 30 nafar ish o‘rni yaratiladi.

Hududda chilangarlik, anjirchilik, anorchilik markazi, turistlarga tandir va unda non yopish, milliy taomlar tayyorlash mahorat darslari hamda dehqonchilik sirlari kabi ko‘ngilochar namoyishlar mavjud.

Buyuk Ipak yo‘li chorrahasida joylashgan, tarixni o‘zida zamonaviy mujassamlashtirgan “Bukhara Desert Oasis & Spa” innovatsion turizm klasteri tashkil qilingan bo‘lib, bunda 70 o‘rinli “Shotyor Emira” restorani, ochiq havoda dam olish maqsadida 300 o‘rinli “Karvon saroy” maydoni, 350 o‘rinli “Varaxsho” restorani, 30.0 gektar maydonda agro-eko bog‘lar va innovatsion issiqxonalar barpo etilgan. Milliy sport o‘yinlari, turli tadbirlar va xalqaro miqyosdagi turli xil konferensiyalar o‘tkazish imkoniyati mavjud.

Xulosa. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, Buxoro viloyatida turizm qishloqlarini rivojlantirish regional iqtisodiyotni diversifikatsiya qilish va qishloq aholisi turmush darajasini oshirishning strategik drayveridir. Viloyatda agroturizm va etnoturizmni yo‘lga qo‘yish ijtimoiy-iqtisodiy jihatdan yangi ish o‘rinlarini yaratish, ichki migratsiyani kamaytirish va milliy hunarmandchilikni saqlab qolish imkonini beradi. Biroq, bu jarayonda cho‘llashuv va suv resurslari taqchilligi kabi ekologik cheklovlar hisobga olinishi shart. Xavfsiz va barqaror o‘sishga faqatgina “yashil texnologiyalar”ni joriy etish, chiqindilarni nazorat qilish va ekologik muvozanatni saqlash orqali erishish mumkin. Yakuniy xulosa sifatida, Buxoro viloyatida turizm qishloqlarini muvaffaqiyatli rivojlantirish iqtisodiy manfaatdorlik va ekologik mas’uliyat o‘rtasidagi optimal muvozanatni (balansni) ta’minlashga bevosita bog‘liqdir.

Adabiyotlar ro‘yxati

1. O‘zbekiston Respublikasining Turizm to‘g‘risidagi Qonuni (O‘RQ-549-son, 18.07.2019).
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 5-dekabrdagi “Buxoro viloyatida sanoat va xizmat ko‘rsatish sohasini rivojlantirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-423-son qarori
3. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2023-yil 17-noyabrdagi “Oilaviy mehmon uylari, xostellar, o‘tovli va chodirli oromgohlar tashkil etish, ushbu sohada davlat xizmatlari ko‘rsatish tizimini takomillashtirish to‘g‘risida” 622-sonli qarori
4. Buxoro viloyat turizm boshqarmasining 2025-yil 23-iyul 02-04/1830-son axboroti
5. Buxoro viloyat turizm boshqarmasining 2025-yil 25-avgust 02-04/2209-son axboroti
6. Buxoro viloyat turizm boshqarmasining 2025-yil 17-oktabr 02-04/2857-son axboroti
7. Usmanov M.R. Turizm geografiyasi. – Samarqand, SamDU, 2020. – 257 b.
8. Mavlonov A.M. Vobkent tumani shaharlari: geografiyasi va rivojlanish omillari. Monografiya. – Buxoro, Bukhara Hamd print, 2025. – 108 b.
9. Navruz-Zoda B.N., Ibragimov N.S. va b. Turistik hudud raqobatbardoshligi. Monografiya. – Buxoro, Durdona, 2017. – 156 b.
10. O‘lkashunoslik atlasi. Buxoro viloyati. – Toshkent, 2014.
11. https://t.me/bukhtourism/29294

UDK 551.58(575.1):551.5

QARNOB CHO‘L KO‘P YILLIK (1960-2025) IQLIMIY KO‘RSATGICHLARI TAHLILI

Ochilov Sanjar Zokir o‘g‘li*-Guliston davlat universiteti tayanch toktoranti*

Annotatsiya: *Global iqlim o‘zgarishi qurg‘oqchil va yarim qurg‘oqchil hududlarda tabiiy landshaftlarning rivojlanishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatmoqda. Ayniqsa, Markaziy Osiyo cho‘l hududlarida havo haroratining ortishi, ekstremal issiq kunlar sonining ko‘payishi hamda qish mavsumidagi sovuq haroratlarning kamayishi geoekologik jarayonlarning jadallashishiga olib kelmoqda. Ushbu maqolada Qarnob cho‘l hududiga tutash Muborak, Navoiy va Nurobod meteostansiyalarining 1960-2025 yillar oralig‘idagi ko‘p yillik meteorologik kuzatuv ma’lumotlari asosida maksimal va minimal havo haroratlarining dinamikasi tahlil qilindi. Tadqiqot davomida mutlaq maksimal va minimal haroratlar, harorat amplitudasi hamda ularning vaqt bo‘yicha o‘zgarish tendensiyalari statistik usullar yordamida baholandi.*

Kalit so‘zlar: *iqlim o‘zgarishi, Qarnob cho‘li, maksimal harorat, minimal*

harorat, harorat amplitudasi, meteostansiya, cho‘l landshaftlari, global isish, geoekologik baholash, meteorologik monitoring.

Аннотация: *Глобальное изменение климата оказывает существенное влияние на развитие природных ландшафтов в аридных и полуаридных регионах. Особенно в пустынных районах Центральной Азии повышение температуры воздуха, увеличение числа экстремально жарких дней и сокращение периодов с низкими зимними температурами приводят к усилению геоэкологических процессов. В данной статье проанализирована динамика максимальных и минимальных температур воздуха за период 1960–2025 гг. на основе многолетних данных метеорологических наблюдений метеостанций Мубарек, Навои и Нурабад, расположенных вблизи пустыни Карнаб. В ходе исследования с использованием статистических методов были оценены абсолютные максимальные и минимальные температуры, амплитуда температур, а также тенденции их изменений во времени. Полученные результаты позволяют оценить современные климатические изменения региона и определить их влияние на геоэкологическое состояние пустынных ландшафтов.*

Ключевые слова: *изменение климата, пустыня Карнаб, максимальная температура, минимальная температура, амплитуда температуры, метеостанция, пустынные ландшафты, глобальное потепление, геоэкологическая оценка, метеорологический мониторинг.*

Abstract: Global climate change has a significant impact on the development of natural landscapes in arid and semi-arid regions. In particular, the rise in air temperature, the increasing frequency of extreme hot days, and the reduction of cold winter conditions in the desert regions of Central Asia have intensified geoecological processes. This study analyzes the dynamics of maximum and minimum air temperatures during the period 1960–2025 based on long-term meteorological observations obtained from the Muborak, Navoi, and Nurobod meteorological stations located adjacent to the Qarnob Desert. Statistical methods were employed to evaluate absolute maximum and minimum temperatures, temperature amplitude, and their temporal trends. The obtained results provide an assessment of recent climatic changes in the region and their impact on the geoecological condition of desert landscapes.

Keywords: climate change, Qarnob Desert, maximum temperature, minimum temperature, temperature

amplitude, meteorological station, desert landscapes, global warming, geoecological assessment, meteorological monitoring.

Kirish: XXI asrning eng dolzarb ekologik muammolaridan biri global iqlim o‘zgarishi hisoblanadi. So‘nggi o‘n yilliklarda Yer atmosferasining o‘rtacha harorati ortib borishi natijasida ekstremal ob-havo hodisalari, jumladan, kuchli issiq to‘lqinlar, qurg‘oqchiliklar va gidrometeorologik jarayonlarning intensivligi ortmoqda. Ushbu jarayonlar, ayniqsa, tabiiy namlanish darajasi past bo‘lgan arid va semiarid hududlarda yaqqol namoyon bo‘lib, cho‘l landshaftlarining ekologik barqarorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatmoqda. Markaziy Osiyo iqlim o‘zgarishiga nisbatan eng sezgir mintaqalardan biri bo‘lib, O‘zbekiston hududining qariyb 70 foizini cho‘l va yarim cho‘l landshaftlari tashkil etadi. Bu hududlarda havo haroratining oshishi bug‘lanish jarayonini jadallashtiradi, tuproq namligining kamayishiga, o‘simlik qoplamining siyraklashishiga hamda cho‘llanish jarayonlarining kuchayishiga sabab bo‘ladi. Shu bois uzoq muddatli meteorologik kuzatuvlarni tahlil qilish iqlim dinamikasini baholash va geoekologik o‘zgarishlarni prognozlashda muhim ilmiy ahamiyat kasb etadi. Qarnob cho‘li Zarafshon vohasining g‘arbiy qismida joylashgan bo‘lib, tabiiy-geografik sharoitiga ko‘ra Markaziy Qizilqum va Zarafshon vodiysi oralig‘idagi o‘tish hududi hisoblanadi. Mazkur hududning iqlim xususiyatlarini baholashda unga yaqin joylashgan Muborak, Navoiy va Nurobod meteostansiyalarining ko‘p yillik (1960-2025) kuzatuv ma’lumotlari ishonchli meteorologik manba sifatida xizmat qiladi. Ushbu stansiyalarda muntazam olib borilgan kuzatuvlar harorat rejimining ko‘p yillik o‘zgarishlarini aniqlash hamda hududda kechayotgan iqlimiy jarayonlarni ilmiy asosda baholash imkonini beradi. So‘nggi yillarda IPCC hisobotlari hamda Markaziy Osiyo bo‘yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar mintaqada o‘rtacha yillik havo haroratining barqaror ortib borayotganini qayd etmoqda. Haroratning oshishi cho‘l hududlarida bug‘lanishning kuchayishi, suv tanqisligining ortishi, tuproq degradatsiyasi va biologik mahsuldorlikning pasayishi kabi salbiy oqibatlarni yuzaga keltirmoqda. Shu sababli meteorologik kuzatuvlar asosida maksimal va minimal haroratlarning uzoq muddatli dinamikasini o‘rganish geoekologik tadqiqotlarning muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Mazkur tadqiqotning maqsadi Muborak, Navoiy va Nurobod meteostansiyalarining 1960-2025 yillarga oid meteorologik ma’lumotlari asosida maksimal va minimal havo haroratlarining o‘zgarish tendensiyalarini aniqlash, harorat amplitudasini baholash hamda kuzatilayotgan iqlimiy o‘zgarishlarning Qarnob cho‘li

landshaftlarining geoekologik holatiga ta’sirini ilmiy jihatdan asoslashdan iborat. Tadqiqot natijalari choʻl hududlarida iqlim oʻzgarishining hududiy xususiyatlarini aniqlash, geoekologik monitoring tizimini takomillashtirish, choʻllanish jarayonlarini baholash hamda tabiiy resurslardan barqaror foydalanish boʻyicha ilmiy tavsiyalar ishlab chiqishda muhim nazariy va amaliy ahamiyatga ega.

MATERIALLAR VA TADQIQOT USULLARI

Mazkur tadqiqotda Qarnob choʻl hududiga tutash joylashgan Muborak, Navoiy va Nurobod meteorologik stansiyalarining 1960-2025-yillar oraligʻida kuzatilgan koʻp yillik meteorologik maʼlumotlari asosiy axborot manbai sifatida foydalanildi. Tadqiqot uchun maksimal va minimal havo harorati koʻrsatkichlari tanlandi, chunki ushbu parametrlar iqlim oʻzgarishining eng muhim indikatorlaridan biri hisoblanadi hamda choʻl landshaftlarining geoekologik holatiga bevosita taʼsir koʻrsatadi.

Meteorologik maʼlumotlar Oʻzbekiston Respublikasi Gidrometeorologiya xizmati (Oʻzgidromet) fond materiallari asosida umumlashtirildi. Tadqiqotda uzluksiz kuzatuv qatorlari tanlab olinib, maʼlumotlarning ishonchliligi va toʻliqligi statistik usullar yordamida tekshirildi. Ayrim yillarda kuzatilgan anomal qiymatlar meteorologik hodisalar bilan bogʻliq holda baholandi.

Tadqiqotning metodologik asosini geografik taqqoslash, statistik tahlil, vaqt qatorlari (time series) tahlili hamda iqlimiy tendensiyalarni aniqlash usullari tashkil etdi. Maksimal va minimal haroratlarning koʻp yillik dinamikasi grafik va jadval koʻrinishida tahlil qilinib, harorat amplitudasi quyidagi formula asosida hisoblandi:

$$A = T_{max} - T_{min}$$

bu yerda:

A - mutlaq harorat amplitudasi (°C);

$\mathbf{T_{max}}$ - kuzatilgan eng yuqori harorat (°C);

$\mathbf{T_{min}}$ - kuzatilgan eng past harorat (°C).

Harorat amplitudasi hudud iqlimining kontinentallik darajasini tavsiflovchi asosiy ko'rsatkichlardan biri sifatida baholandi.

Tahlil jarayonida 1960-1990 va 1991-2025-yillar alohida davrlarga ajratilib, iqlim oʻzgarishining intensivligi qiyosiy baholandi. Bunday yondashuv Jahon meteorologiya tashkiloti (WMO) tomonidan tavsiya etilgan 30 yillik iqlimiy normalar tamoyiliga mos keladi.

Natijalarni ilmiy izohlashda IPCC (2023), WMO (2024), Rafiqov (2019), Abbasov (2021), Micklin (2007) hamda Markaziy Osiyo choʻl landshaftlari boʻyicha olib

borilgan zamonaviy ilmiy tadqiqotlar metodologik asos sifatida qabul qilindi. Bu esa olingan natijalarni xalqaro miqyosdagi ilmiy tadqiqotlar bilan qiyoslash imkonini berdi. Olingan natijalar Microsoft Excel hamda statistik tahlil usullari yordamida qayta ishlanib, maksimal va minimal haroratlarning vaqt boʻyicha oʻzgarish tendensiyalari, ekstremal haroratlarning takrorlanish xususiyatlari hamda harorat amplitudasining hududlar kesimidagi farqlari baholandi. Mazkur metodik yondashuv iqlim oʻzgarishining choʻl landshaftlariga taʼsirini kompleks baholash, meteorologik koʻrsatkichlarning uzoq muddatli oʻzgarish qonuniyatlarini aniqlash hamda geoekologik monitoringni takomillashtirish imkonini beradi.

NATIJALAR

Muborak meteostansiyasida maksimal va minimal havo haroratlarining ko'p yillik o'zgarishi (1960-2025)

Muborak meteostansiyasining 1960-2025-yillar oralig'idagi meteorologik kuzatuvlari hudud iqlimining keskin kontinental xususiyatini yaqqol namoyon etadi. Kuzatuv davrida qayd etilgan mutlaq maksimal va minimal havo haroratlari cho'l landshaftlariga xos bo'lgan yuqori termik kontrast mavjudligini ko'rsatadi. Tahlil natijalariga ko'ra, mutlaq maksimal havo harorati 1983-yil iyul oyida 48,5 °C ni tashkil etgan bo'lib, bu butun kuzatuv davridagi eng yuqori qiymat hisoblanadi. Bundan tashqari, 1964, 1982 va 2002-yillarda 47 °C dan yuqori haroratlar qayd etilgan. Ushbu ko'rsatkichlar yoz oylarida ekstremal issiq hodisalarning muntazam kuzatilishini tasdiqlaydi. Ko'p yillik qatorlarni tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, 2000-yildan keyingi davrda 45 °C dan yuqori haroratlarning takrorlanish chastotasi ortgan. Bu esa mintaqada issiq to'lqinlarining davomiyligi va intensivligi oshib borayotganidan dalolat beradi. Kuzatilgan tendensiya global iqlim o'zgarishi natijasida Markaziy Osiyoning qurg'oqchil hududlarida harorat rejimi transformatsiyalanayotganini ko'rsatadi. Mutlaq minimal havo haroratlari asosan qish mavsumining yanvar va dekabr oylarida qayd etilgan. Kuzatuv davridagi eng past harorat 1984-yil dekabr oyida -27,2 °C ni tashkil etdi. Shuningdek, 2008-yilda -26,4 °C va 1989-yilda -23,4 °C haroratlar kuzatilgan. Mazkur qiymatlar hududga sovuq kontinental havo massalarining kirib kelishi bilan izohlanadi. Vaqt qatorlarini taqqoslash natijalari shuni ko'rsatadiki, 1990-yillardan keyin juda past haroratlarning takrorlanish soni kamaygan. Bu holat qish mavsumida harorat fonining asta-sekin ko'tarilayotganini ko'rsatadi va global iqlim isishining mintaqaviy namoyon bo'lishi sifatida baholanishi mumkin. Mutlaq maksimal va minimal haroratlar asosida hisoblangan harorat amplitudasi 75,7 °C ni tashkil etdi. Bunday yuqori amplituda cho'l

hududlariga xos bo'lgan keskin kontinental iqlimning asosiy ko'rsatkichlaridan biridir. Harorat amplitudasining kattaligi atmosfera namligining pastligi, quyosh radiatsiyasining yuqoriligi hamda hududning okean va dengizlardan uzoqda joylashganligi bilan izohlanadi. Olingan natijalar Muborak meteostansiyasi hududida yozgi ekstremal issiqlik hodisalari kuchayib borayotganini, qish mavsumidagi keskin sovuq hodisalar esa nisbatan kamayib borayotganini ko'rsatadi. Ushbu tendensiyalar cho'l landshaftlarining geoekologik holatiga, xususan, tuproq namligi, bug'lanish intensivligi, o'simlik qoplami va cho'llanish jarayonlariga bevosita ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shu sababli uzoq muddatli meteorologik kuzatuvlarni muntazam monitoring qilish hududning ekologik barqarorligini baholashda muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi. **Navoiy meteostansiyasida maksimal va minimal havo haroratlarining ko'p yillik o'zgarishi (1960-2025)** Navoiy meteostansiyasining 1960-2025-yillar davomida olib borilgan meteorologik kuzatuvlari hududda havo haroratining uzoq muddatli o'zgarish qonuniyatlarini aniqlash imkonini berdi. Tahlil natijalari cho'l hududlariga xos keskin kontinental iqlim sharoitida yozgi ekstremal issiqlik hodisalari tobora kuchayib borayotganini hamda qish mavsumidagi keskin sovuq kunlar soni nisbatan kamayganligini ko'rsatadi. Kuzatuv davrida qayd etilgan eng yuqori havo harorati 2021-yilda 45,9°C ni tashkil etdi. Shuningdek, 1983-yilda 45,6°C, 2022-yilda 44,7°C, 2019-yilda 44,2°C hamda 2018-yilda 43,5°C maksimal haroratlar kuzatilgan. Ayniqsa, 2010-yildan keyingi davrda 43°C dan yuqori haroratlarning takrorlanish chastotasi sezilarli darajada ortgan. Bu esa mintaqada yoz mavsumining davomiyligi uzayib, issiq to'lqinlarning intensivligi kuchayib borayotganidan dalolat beradi. Ko'p yillik kuzatuvlar natijasida qayd etilgan mutlaq minimal havo harorati 1969-yilda -28,2 °C ni tashkil etdi. Keyingi eng past qiymatlar 1984-yilda -22,6°C va 2008-yilda -21,7°C kuzatilgan. 1990-yillardan keyingi kuzatuvlarda -20°C dan past haroratlar kamroq uchrashi aniqlandi. Bu holat qish mavsumida havo haroratining nisbatan yumshab borayotganini hamda sovuq to'lqinlar davomiyligining qisqarayotganini ko'rsatadi. Maksimal va minimal haroratlar asosida hisoblangan mutlaq harorat amplitudasi 74,1°C ni tashkil etdi. Ushbu ko'rsatkich hududning keskin kontinental iqlim sharoitiga ega ekanligini tasdiqlaydi. Harorat amplitudasining yuqori bo'lishi atmosfera namligining pastligi, radiatsiya balansining yuqoriligi va quruq kontinental havo massalarining ustunligi bilan izohlanadi. Vaqt qatorlarini tahlil qilish natijasida yozgi maksimal haroratlarning o'sish tendensiyasi statistik jihatdan barqaror ekanligi

aniqlandi. Ayniqsa, XXI asr boshidan boshlab ekstremal issiq hodisalar sonining ortishi global iqlim o'zgarishining mintaqaviy ko'rinishlaridan biri sifatida baholanadi. Shu bilan birga, qish faslida kuzatiladigan mutlaq minimal haroratlarning kamayishi iqlim tizimidagi umumiy isish jarayonini tasdiqlaydi. Harorat rejimidagi mazkur o'zgarishlar hududning geoekologik holatiga sezilarli ta'sir ko'rsatmoqda. Yozgi haroratlarning ortishi bug'lanish intensivligini kuchaytirib, tuproq namligining kamayishiga, o'simlik qoplami mahsuldorligining pasayishiga hamda cho'llanish jarayonlarining jadallashishiga olib kelmoqda. Shu bilan birga, qish mavsumining nisbatan iliqlashuvi vegetatsiya davrining davomiyligiga ta'sir qilishi mumkin, biroq suv tanqisligi sharoitida bu omil ekologik barqarorlikni to'liq ta'minlay olmaydi.

Nurobod meteostansiyasida maksimal va minimal havo haroratlarining ko'p yillik o'zgarishi (1960-2025)

Nurobod meteostansiyasining 1960-2025-yillarda olib borilgan meteorologik kuzatuvlari Qarnob cho'li bilan tutash hududlarda harorat rejimining uzoq muddatli o'zgarishlarini baholash imkonini beradi. Olingan natijalar hududda yoz mavsumidagi ekstremal issiqlik hodisalari kuchayib borayotganini hamda qish mavsumida kuzatiladigan keskin sovuq kunlarning takrorlanish chastotasi kamayganligini ko'rsatadi.Ko'p yillik kuzatuvlar davomida qayd etilgan eng yuqori havo harorati 1983-yilda 46,1 °C ni tashkil etdi. Shuningdek, 2005-yilda 44,9 °C, 1997, 2021 va 2022-yillarda 44,7 °C maksimal haroratlar kuzatilgan. Ayniqsa, XXI asrning dastlabki choragida 43-45 °C oralig'idagi yuqori haroratlarning muntazam takrorlanishi yozgi issiq to'lqinlar intensivligi ortib borayotganini ko'rsatadi. Mutlaq minimal havo harorati 1969-yilda -26,8°C bo'lib, kuzatuv davridagi eng past qiymat hisoblanadi. Keyingi yillarda 2008-yilda -24,6°C hamda 2023-yilda -25,1°C haroratlar qayd etilgan. Mazkur natijalar ayrim yillarda sovuq havo massalari ta'sirining saqlanib qolayotganini ko'rsatsa-da, umumiy tendensiya qish mavsumida haroratning nisbatan iliqlashayotganini tasdiqlaydi.

Maksimal va minimal haroratlar asosida hisoblangan mutlaq harorat amplitudasi 72,9°C ni tashkil etdi. Ushbu ko'rsatkich Nurobod hududining ham keskin kontinental iqlim sharoitiga ega ekanligini ko'rsatadi. Atmosfera namligining pastligi, quyosh radiatsiyasining yuqoriligi va quruq havo massalarining ustunligi yil davomida haroratning katta amplitudada o'zgarishiga sabab bo'ladi. Ko'p yillik ma'lumotlarning qiyosiy tahlili shuni ko'rsatadiki, 2000-yildan keyingi davrda yozgi ekstremal haroratlarning takrorlanish soni ortgan. Bunday tendensiya

bug'lanish intensivligini kuchaytirib, tuproq namligi zaxirasining kamayishiga hamda cho'l landshaftlarida degradatsiya jarayonlarining jadallashishiga olib kelmoqda. Shu bilan birga, qish mavsumidagi keskin sovuq kunlar sonining kamayishi vegetatsiya davrining davomiyligiga ma'lum darajada ta'sir ko'rsatishi mumkin, biroq suv resurslari taqchilligi sharoitida bu omil ekologik barqarorlikni sezilarli darajada yaxshilamaydi. Nurobod meteostansiyasida kuzatilgan harorat dinamikasi Muborak va Navoiy meteostansiyalarida aniqlangan tendensiyalar bilan umumiy qonuniyatga ega. Barcha kuzatuv punktlarida yozgi maksimal haroratlarning ortishi va qishki minimal haroratlarning nisbatan yumshashi kuzatilmoqda. Bu holat mintaqada global iqlim o'zgarishining ta'siri kuchayib borayotganini hamda cho'l landshaftlarining geoekologik holati tobora o'zgarayotganini ko'rsatadi. Uchala meteostansiyada qayd etilgan maksimal va minimal havo haroratlarini o'zaro taqqoslash hududning termik rejimidagi hududiy tafovutlarni aniqlash imkonini berdi (1-jadval).

1-jadval

Muborak, Navoiy va Nurobod meteostansiyalarida qayd etilgan ekstremal haroratlar (1960-2025)

Meteostansiya	Maksimal harorat (°C)	Minimal harorat (°C)	Harorat amplitudasi (°C)
Muborak	48,5	-27,2	75,7
Navoiy	45,9	-28,2	74,1
Nurobod	46,1	-26,8	72,9

*izoh. Jadval O‘zgidrometma’lumotlari asosida muallif tomonidan tayyorlandi.

1

-jadval ma'lumotlariga ko'ra, eng yuqori maksimal harorat Muborak meteostansiyasida (48,5°C), eng past minimal harorat esa Navoiy meteostansiyasida (-28,2°C) kuzatilgan. Harorat amplitudasining eng katta qiymati ham Muborak meteostansiyasida (75,7°C) aniqlanib, ushbu hududning termik kontrasti boshqa kuzatuv punktlariga nisbatan yuqoriroq ekanligini ko'rsatadi.

Meteostansiyalarda ham harorat amplitudasining 70 °C dan yuqori bo'lishi Qarnob cho'liga tutash hududlarda keskin kontinental iqlim hukmronligini tasdiqlaydi. Kuzatuv natijalari yozgi maksimal haroratlarning izchil ortib borayotganini hamda qishki ekstremal sovuqlarning

takrorlanish chastotasi kamayganini ko'rsatmoqda. Bu tendensiyalar global iqlim o'zgarishining mintaqaviy namoyon bo'lishi sifatida baholanadi va cho'l landshaftlarining geoekologik holatiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

Muhokama

Olib borilgan tadqiqot natijalari Muborak, Navoiy va Nurobod meteostansiyalarida 1960-2025-yillar davomida yozgi maksimal haroratlarning ortib borishi va qish mavsumidagi ekstremal sovuq haroratlarning kamayish tendensiyasini ko'rsatdi. Ayniqsa, 2000-yildan keyingi davrda 43-48,5°C oralig'idagi yuqori haroratlarning tez-tez kuzatilishi hududda issiq to'lqinlar intensivligi ortganligini tasdiqlaydi. Aniqlangan tendensiyalar IPCC (2023) va WMO (2024) hisobotlarida qayd etilgan global iqlim isishi jarayonlari bilan mos keladi. Mazkur hisobotlarda Markaziy Osiyo qurg'oqchil hududlarida havo haroratining ortishi bug'lanishning kuchayishi, tuproq namligining kamayishi va cho'llanish jarayonlarining jadallashishiga olib kelishi ta'kidlangan. Tadqiqot natijalari Rafiqov (2019) va Abbasov (2021) tomonidan O'zbekiston cho'l landshaftlari bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar bilan ham uyg'unlik kasb etadi. Mualliflar haroratning ortishi landshaftlarning ekologik barqarorligini pasaytirishi, o'simlik qoplami va tuproq namligiga salbiy ta'sir ko'rsatishini qayd etgan.Kuzatilgan harorat dinamikasi Qarnob cho'liga tutash hududlarda iqlim o'zgarishining yaqqol namoyon bo'layotganini ko'rsatadi. Ushbu natijalar cho'l landshaftlarining geoekologik holatini baholash hamda iqlim o'zgarishiga moslashish bo'yicha ilmiy asoslangan choralarni ishlab chiqishda muhim ahamiyatga ega.

Xulosa qilib aytganda, ushbu tadqiqotda Muborak, Navoiy va Nurobod meteostansiyalarining 1960-2025-yillarga oid koʻp yillik meteorologik kuzatuv maʼlumotlari asosida Qarnob choʻli hududiga tutash mintaqalarda maksimal va minimal havo haroratlarining oʻzgarish dinamikasi baholandi. Tahlil natijalari yozgi maksimal haroratlarning izchil ortib borayotganini, qish mavsumidagi ekstremal sovuq haroratlarning esa nisbatan kamayganligini koʻrsatdi. Barcha meteostansiyalarda harorat amplitudasining 70°C dan yuqori boʻlishi hudud iqlimining keskin kontinental xususiyatini tasdiqlaydi. Aniqlangan tendensiyalar global iqlim oʻzgarishining mintaqaviy koʻrinishi sifatida baholanib, ular choʻl landshaftlarida bugʻlanishning kuchayishi, tuproq namligining kamayishi va choʻllanish jarayonlarining jadallashishiga zamin yaratishi mumkin. Tadqiqot natijalari Qarnob choʻli va unga tutash hududlarda iqlim oʻzgarishlarini monitoring qilish, geoekologik holatni baholash hamda tabiiy resurslardan barqaror foydalanishga qaratilgan ilmiy-

amaliy tadbirlarni ishlab chiqishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Bao Y., Li X., Wang J., et al. Climate change impacts on arid ecosystems: A remote sensing perspective // *Ecological Indicators*. – 2024. – Vol. 161. – 112045.
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Climate-smart Agriculture Sourcebook.** – Rome, 2021.
3. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2023: Synthesis Report.** – Geneva, 2023.
4. Micklin P. The Aral Sea Disaster // *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*. – 2007. – Vol. 35. – P. 47–72.
5. O'zbekiston Respublikasi Gidrometeorologiya xizmati markazi (O'zgidromet). **1960-2025-yillar meteorologik kuzatuv ma'lumotlari.** – Toshkent, 2025.
6. World Meteorological Organization. **State of the Global Climate 2024.** – Geneva, 2025.
7. Adilov B., Abdullayev A., va boshq. O'zbekiston cho'l hududlarida landshaftlarning zamonaviy geoekologik holati // *Geografiya va tabiiy resurslar*. – 2021. – №3. – B. 42–51.
8. UNEP. **Global Environment Outlook (GEO-7): Regional Assessment for Central Asia.** – Nairobi, 2024.
9. Lioubimtseva E., Henebry G. Climate and environmental change in arid Central Asia // *Journal of Arid Environments*. – 2009. – Vol. 73. – P. 963–977.
10. World Bank. **Climate Risk Country Profile: Uzbekistan.** – Washington D.C., 2021.

UDK 332.334

ДАВЛАТ КАДАСТРЛАРИ ГЕОАХБОРОТ БАЗАЛАРИ АСОСИДА ҲУДУДЛАРНИ РЕЖАЛАШТИРИШ МЕХАНИЗМИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

проф. Алтиев Абдурашид Султанович,
доц.Пардабоев Анваржон Пардабой ўғли
доц. Рахимов Шерзод Шавкатович

Аннотация. *Давлат кадастрлари геоахборот базалари асосида ҳудудларни режалаштириш ва уларнинг ерларидан самарали фойдаланиш учун мастер режаларини ишлаб чиқишнинг илмий-услубий асослари ёритилган. Бунинг учун аввалombор мавжуд муаммоларни ўрганиш, ҳудудларни режалаштириш, баҳолаш ва уларнинг ечимлари юзасидан назарий-амалий таклиф ва тавсиялар ишлаб чиқилган.*

Аннотация. *Рассматриваются научно-методические основы регионального планирования и разработки генеральных планов эффективного использования земель на основе геоинформационных баз данных государственных кадастров. В связи с этим, прежде всего, были разработаны теоретико-практические предложения и рекомендации, касающиеся анализа существующих проблем, вопросов регионального планирования и оценки, а также путей их решения.*

Annotation. *The article examines the scientific and methodological foundations of regional planning and the development of master plans for efficient land use, based on geoinformation databases from state cadastres. In this context, theoretical and practical proposals and recommendations were developed regarding the analysis of existing problems and issues in regional planning and assessment, as well as potential solutions.*

Калит сўзлар: *ҳудуд, режалаштириш, технология, ресурс, мастер режа, геоахборот базалари.*

Ключевые слова: *территория, планирование, технологии, ресурсы, генеральный план, геобазы данных.*

Key words: *territory, planning, technologies, resources, master plan, geodatabases.*

Кириш. Жаҳонда замонавий теҳнологиялар ёрдамида ҳудудларни режалаштириш ва давлат кадастрлари геоахборот базалари асосида ҳудадлар мастер режаларини ишлаб чиқишда уларга ажратилган ерларнинг фаолиятини юритиш ва уларда замонавий географик ахборот тизимларидан фойдаланиб мастер режаларни

ишлаб чиқиш, уларнинг картографик маълумотлари асосини ташкил қилиш ҳамда масофадан зондлаш материалларидан фойдаланган ҳолда ҳудудларни мастер режаларини ишлаб чиқиш самарадорлигини ошириш усулларини такомиллаштириш бўйича тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан, ҳудудлар ерларидан самарали фойдаланишга алоҳида эътибор қаратиш истиқболда амалга оширилиши кўзда тутилган тадқиқотлар устувор вазифалар ҳисобланмоқда. Шу билан бирга, ҳудудларни режалаштиришда масофадан зондлаш материалларидан фойдаланиш ҳамда ерларнинг 3D модели ёрдамида тадқиқ этиш усулларини такомиллаштиришга алоҳида эътибор берилмоқда.

Шу нуқтаи назардан, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 8 августдаги “Ҳудудларни жадал ижтимоий-иқтисодий ривожлантиришни таъминлашга доир устувор чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-3182-сон Қарорига мувофиқ, ҳудудларни комплекс ривожлантиришда ҳудудларда мавжуд бўлган ер ва бошқа ресурслардан фойдаланишда ҳар бир ҳудуднинг ўзига хос хусусиятларини самарали эътиборга олиш, ерларни оқилона тақсимлаш ва объектларни оптимал жойлаштириш, ишлаб чиқариш, иқтисодий, ижтимоий, экологик ва инвестициявий жараёнларни бир тизимга солиб ҳисобини юритиш орқали ҳудудлар иқтисодиётининг ривожланишини ва замонавий илғор технологиялардан фойдаланиш орқали ҳудудларни мастер режаларини ишлаб чиқишда юқори самарага эришишни таъминлаш вазифалари белгиланган.

Мамлакатимизда ҳозирги кунда ер ресурсларнинг хисобини чиқармасдан туриб ер сиёсатини самарали амалга оширишнинг имкони йўқдир. Ўзбекистон Республикаси Президенти, Олий Мажлис палаталари, Вазирлар Маҳкамаси ва бошқа ваколатли органлар томонидан ер ресурсларини бошқариш, улардан фойдаланиш юзасидан ишлаб чиқарилган фармон вақарорларига асосан тегишли барча ўзгаришлар ва жараёнлар ер ресурсларининг ҳолати тўғрисидаги миллий ҳисоботда акс эттирилишини тасдиқлаш лозимдир. Ер ресурсларининг ҳолати бўйича миллий ҳисоботда акс этадиган ахборотлар мамлакат ва маъмурий-ҳудудий бирликлар бўйича ерларнинг ҳисобини олиш, ерларнинг тоифаларга бўлиниши, миқдор ва сифат ҳолати ҳамда уларнинг иқтисодиёт тармоқлари, ер участкаларининг эгалари, ер участкасидан фойдаланувчилар, ер участкаси ижарачилари ва мулкдорлари бўйича тақсимланишидан иборат бўлади. Жумладан: ерларни тоифаларга ажратиш ва бир

тоифадан бошқасига ўтказиш ҳақидаги қарорлари тақдим этилган кундан бошлаб беш иш куни ичида “Yer hisobot” ахборот алмашинув тизимига киритиш; (Ҳокимликларнинг қарорларини “Eqaror” тизими орқали “Yer hisobot” ахборот алмашинув тизимига тақдим этади); суғорилмайдиган ерларни Вазирлар Маҳкамасининг ҳамда суғориладиган ерларни бошқа ер фонди тоифасига ёки суғорилмайдиган ерлар тоифасига ўтказиш эса Ўзбекистон Республикаси Президентининг қарори асосида “Yer hisobot” ахборот алмашинув тизимига киритиш; ер ҳисоботини юритишда ўтган йилги ер ҳисоботининг якуний маълумотлари жорий йилда дастлабки маълумот сифатида қабул қилиш;

ер фонди тоифаларидаги йил давомида бўлган ўзгартиришлар ва ҳисобот ушбу низомнинг 2-иловадаги 6-шаклга мувофиқ ҳамда уларнинг умумий ҳисоботи 7-шаклга мувофиқ юритиш. (Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг қарори, 30.10.2023 йилдаги 578-сон. https://lex.uz/docs/6648587);

қишлоқ хўжалигига мўлжалланган ер турларига йил давомида киритилган ўзгартиришлар ва янги ер ўзлаштириш тўғрисидаги маълумотлар ҳам ўз аксини топади;

маҳаллий ижро этувчи ҳокимият органларининг розилиги билан кўп йиллик дов-дарахтзорлар (боғлар, токзорлар, тутзорлар, мевали дарахт кўчатзорлари, мевазорлар) ташкил этилганда, қишлоқ хўжалигига мўлжалланган ерлар тоифасидаги ерларнинг тури қишлоқ хўжалиги органларининг далолатнома ва хулосаларига асосан (ПФ-5742-қарор асосида) ўзгартириш. (Қишлоқ хўжалиги вазирлиги хулосаси, шунингдек, суғорилмайдиган ерлар ҳисобидан ташкил этилганда эса, Қишлоқ хўжалиги вазирлиги ҳудудий бошқармаларининг кўп йиллик дов-дарахтларни фойдаланиш учун қабул қилиш тўғрисидаги далолатномаси талаб этилади);

ер ҳисоботида фуқароларга деҳқон хўжалиги ва шахсий дала томорқа хўжалиги ҳамда жамоат боғдорчилиги ва узумчилигини юритиш учун берилган ер участкаларининг умумий майдони ва улардан фойдаланувчиларнинг сони кўрсатилади.

Ўзбекистон Республикасининг маъмурий чегарасидаги умумий ер майдони 2025 йил 1 январь ҳолатига жами ерлар 44 892,4 минг гектарни, шундан суғориладиган ерлар эса 4 342,5 минг гектарни ёки умумий ер майдонининг 9,7 фоизини ташкил қилади. Ўзбекистон Республикаси ер фонди ерлардан фойдаланиш мақсади ва тартибига кўра ўзига хос хусусиятларга эга бўлиб, улар

Ўзбекистон Республикаси Ер кодексининг 8-моддасига асосан 8 та тоифага бўлинади.

Қорақолпоғистон Республикаси, вилоятлар ва Тошкент шаҳри кесмида ер фондининг ер тоифалари бўйича тақсимланишининг 2025 йил 1 январдаги ҳолати 1-жадвалда келтирилган.

Ушбу маълумотлардан кўриниб турибдики, ҳар бир ҳудудда ер фонди ва унинг тоифалари бўйича тақсимланиши турлича бўлиб, қишлоқ хўжалиги, ўрмон ва сув фонди ҳамда захира ерларнинг улуши юқоридир.

Шу билан бирга бугунги кунда ер тузиш ишларини амалга оширишда ҳам республикамизда бир қанча ишлар олиб борилмоқда. Ер тузиш ишларида аввалом бор “Ер тузиш”нинг ўзига эътибор берадиган бўлсак, ер тузиш бу-ер майдонларини режалаштириш ва улардан самарали фойдаланиш бўйича таклиф ва тавсиялар бериш ҳисобланади. Яъний бундан кўришимиз мумкинки бугунги кунда аҳолини ўсиши ва экалогияни бузилиши таъсирларини кўрадиган бўлсак, ҳудудларда ажратилган ер майдонларидан самарали фойдаланиш тўғри ташкил этиш учун ҳам бугунги кунда мастер режалардан фойдаланиш ўзининг зарурлигини кўрсатмоқда.

Бу борада, Иқлим ўзгариши, сув танқислиги, ерларнинг таназзулга ва чўлланиш бугунги кунда бутун минтақа учун долзарб экалогик муаммога айланмоқда. Бу эса, қишлоқ хўжалиги барқарорлиги, озиқ-овқат хавфсизлиги, аҳоли саломатлиги ва ҳудудларнинг иқтисодий ривожланишига бевосита таъсир кўрсатмоқда.

Қорақолпоғистон Республикаси, вилоятлар ва Тошкент шаҳри кесимида ер фондининг ер тоифалари бўйича тақсимланиши *минг гектар*[1] *(01.01.2025 йил ҳолатига)*

Т/р	Ҳудудлар номи	Умумий ер майдони	Шу жумладан							
			Қишлоқ хўжалигига мўлжалланган ерлар	Аҳоли пунктларининг ерлари	Саноат, транспорт, алоқа, мудофаа ва бошқа мақсадларга мўлжалланган ерлар	Табиатни муҳофаза қилиш, соғломлаштириш ва рекреация мақсадларига мўлжалланган ерлар	Тарихий - маданий аҳамиятга молик ерлар	Ўрмон фонди ерлари	Сув фонди ерлари	Заҳира ерлар
1	Қорақалпоғистон Республикаси	16656,1	6236,9	33,0	46,1	3226,9	3,1	5723,6	334,4	1052,1
2	Андижон	430,2	356,0	12,0	22,2	0,6	2,2	10,7	20,4	6,1
3	Бухоро	4183,1	3464,6	7,8	92,6	18,0	0,7	532,9	66,4	0,1
4	Жиззах	2117,9	1469,1	10,4	29,1	79,9	1,9	252,0	247,5	28,0
5	Қашқадарё	2856,8	2328,8	12,5	70,2	69,0	2,6	319,6	53,0	1,1
6	Навоий	10948,1	6978,0	16,0	72,1	739,3	1,7	2973,8	146,1	21,1
7	Наманган	745,3	488,8	17,2	58,7	0,3	2,5	152,4	23,4	-
8	Самарқанд	1677,3	1466,0	19,4	91,0	4,1	4,3	52,3	28,4	11,8
9	Сурхондарё	2009,9	1356,6	11,4	109,1	63,9	2,9	266,7	27,1	172,2
10	Сирдарё	427,6	367,0	7,9	11,1	0,2	0,9	10,8	29,6	0,1
11	Тошкент	1515,0	734,7	36,5	102,8	25,2	3,8	578,8	20,1	13,1
12	Фарғона	675,3	531,7	18,5	49,2	0,4	3,3	19,3	21,4	31,5
13	Хоразм	608,2	439,9	6,6	18,4	30,5	1,9	74,8	22,3	13,8
14	Тошкент ш.	43,5	2,6	12,5	26,3	0,3	0,6	-	1,2	-
	жами	**44892,3**	**26220,7**	**221,7**	**798,9**	**4258,6**	**32,4**	**10967,7**	**1041,3**	**1351,0**

Мамлакатимиз ҳудудининг қарийб 80 фоизи чўл ва ярим чўл майдонларидан иборат. Ерларнинг шўрланиши, қум кўчиши, чанг бўронлари ва гармселлар, айниқса, Қорақолпоғистон Республикаси, Буҳоро, Навоий, Хоразм вилоятлари, шунингдек, Қашқадарё, Сурҳондарё ва Жиззах вилоятларининг айрим танларида жиддий хавф туғдирмоқда.

Шу боис, 2026-2030 йилларда чўлланишга қарши курашиш ишларини янги босқичга олиб чиқиш бўйича таклиф ва тавфсиялар ишлаб чиқиш

[1] Кадастр агентлиги маълумотлари асосида муаллиф томонидан ишлаб чиқилган

зарурлигини кўрсатмоқда. Шунинг учун бугунги кунда давлат кадастрлари геоахборот базалари ёрдамида ҳудудларни режалаштириш ва уларнинг ерларидан самарали фойдаланиш учун замонавий илғор технологиялар ёрдамида мастер режаларини ишлаб чиқиш зарурдир.

Маълумки, ер ҳисоботи ер фонди тоифалари, турлари ва улардаги ўзгаришлар, ерларнинг табиий, хўжалик ва ҳуқуқий режими, ер участкаларининг ўрни ва майдонлари, шунингдек ер эгалари, ердан фойдаланувчилар, ижарачилар ва мулкдорлар ўртасида ернинг тақсимланиши тўғрисидаги ахборотлар мажмуи ҳисобланади. Демак, ҳудудларда 8 та ер фонди тоифасини тўлиқ ҳисобга олиш, яъни давлат кадастрларининг ерига оид маълумотларини замонавий технологиялар асосида рақамлаштириш зарур деб ҳисоблаймиз. Ҳозирги кунда ривожланиб бораётган давлатлар қатори бизнинг мамлакатда ҳам ҳудудларни режаларини ишлаб чиқишда масофадан зондлаш тизимидан фойдаланилмоқда. Қолаверса, қишлоқ ҳудудларини мастер режаларини ишлаб чиқишда замонавий ГАТ ва масофадан туриб зондалаш тизими орқали ҳудудларнинг аҳволи ва улар тўғрисидаги маълумотларни тўплаш ва бу масалаларни таҳлил қилиш вазифаларини ҳам амалга оширади.

Қишлоқ ҳудудларини мастер режаларини ишлаб чиқишда масофадан туриб зондлаш тизимини таҳлил қилиш масалаларини ечиш имконини оширади. ГАТ га ўхшаш маълумотларни йиғиш ва таҳлил қилиш, керакли маълумотларни тезлик билан топиш ва уларни фойдаланиш учун қулай кўринишда тасвирлаш имконини беради.Мастер режаларни ишлаб чиқиш ва ҳамда 20 та кадастр турларига ажратилган ер майдонларини ўрганиш ҳамда ҳуқуқий-меъёрий ҳужжатларни асосини шакиллантириш зарур ҳисобланмоқда.

Хулоса қилиб айтганда, республикамизнинг ҳудудларини давлат кадастрлари геоахборот базалари ёрдамида режалаштириш ва ҳудудларнинг мастер режаларини ишлаб чиқишда замонавий илғор технологиялрарни жорий қилиш, замонавий илғор теҳнологиялар ёрдамида кадастр тизимини такомиллаштиришнинг ташкилий техник авзалликлари, ер ва бошқа объектларни ҳисобга олиш, объектларни рўйхатдан ўтказишда дастлаб кадастр мақсадлари учу аэрокосмик суратга олиш, жойнинг топографик-геодезик маълумотларини кадастр учун тўплаш, картографик ишларни бажариш, экологик жиҳатдан ўрганиш, объектларни сифат ҳолатини таҳлил қилиш қишлоқ ҳудудларини режалаштириш

орқали ҳудудларни комплекс ривожлантиришга эришиш мумкин. Шу тарзда амалга оширилаётган чоралар мамлакатнинг барқарор ҳудудий сиёсатини шакллантириш ва қишлоқ аҳолиси турмуш сифатини оширишга хизмат қилади.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1.Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 11 сентябрдаги “Ҳудудларда тадбиркорлик ташаббуслари ва лойиҳаларини жадал амалга оширишни ташкил этиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-3939-сон Қарори.

2.Altiyev A.C., Pardaboyev A.P. Advantages and tasks of remote sensing land of dehkans and farmers. // International journal for innovative research in multigisciplinary field. – R., 2020 y. – 248-253 b.

3.Altiyev A.C., Pardaboyev A.P. Staete regulation of use agricultural lands republic of Uzbekistan. // Международной научно-практической конференции 24-октябр. – М., 2020. – 12-13 б.

4.Пардабоев А.П. Деҳқон ва томорқа хўжаликларининг ерларидан фойдаланишнинг мониторингини такомиллаштириш. // Агроиқтисодиёт журнали.-Т., 2019й., №3. 88-89б.

5.A.A.Abduazizov, O.R.Allanazarov, A.P.Pardaboyev, H.A.Qoraboyev, K.A.Qoraboyev. Creating a 3d model of the planned construction area of the npp in autocad civil. // Technical science and innovation журнал 4 – сон, 2023, 10-15 б.

Интернет сайтлари

1. www. Ziyo.net
2. www.lex.uz
3. www.ygk.uz
4. www.google.com

UDK 332.334

ҲУДУДНИНГ МАСТЕР РЕЖАСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ УСЛУБЛАРИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

проф. Алтиев Абдурашид Султанович,
доц. Пардабоев Анваржон Пардабой ўғли
в.б.доц. Сайидов Бахтиёр Мамасолиевич

Аннотация. *Республикам из иқтисодиётида амалга оширилаётган ислоҳотларнинг туб моҳияти-аҳоли турмуш фаровонлигини ошириш, ижтимоий-иқтисодий аҳволини тубдан яхшилашдан иборатдир. Шундай экан, аҳолига қулай шарт ва шароитлар яратиш мақсадида қишлоқ ҳудудларини комплекс ташкил этишни ва уларга таъсир этаётган омилларни тадқиқ қилиш зарурлигини кўрсатмоқда. Мақолада мавжуд муаммоларни ўрганиш, ҳудудларни режалаштириш ва мастер режаларни ишлаб чиқишнинг услубларини*

такомиллаштириш юзасидан назарий-амалий таклиф ва тавсиялар ишлаб чиқилган.

Аннотация. *Суть проводимых в экономике нашей республики реформ заключается в повышении благосостояния населения, радикальном улучшении его социально-экономического положения. Поэтому для создания благоприятных условий для населения необходимо комплексно организовать сельские территории и изучить факторы, влияющие на них. В статье разработаны теоретические и практические предложения и рекомендации по изучению существующих проблем, совершенствованию методов территориального планирования и разработке генеральных планов.*

Annotation. *The essence of the economic reforms being implemented in our republic is to improve the well-being of the population and radically improve their socioeconomic status. Therefore, to create favorable conditions for the population, it is necessary to comprehensively organize rural areas and study the factors influencing them. This article develops theoretical and practical proposals and recommendations for studying existing problems, improving territorial planning methods, and developing master plans.*

Калит сўзлар: *ҳудуд, режалаштириш, ислоҳот, технология, комплекс, мастер режа, геоахборот базалари.*

Ключевые слова: *территория, планирование, технологии, ресурсы, генеральный план, геобазы данных.*

Key words: *territory, planning, technologies, resources, master plan, geodatabases.*

Кириш. Жаҳонда ҳудудлар ерларидан фойдаланишни тизимли юритиш усулларини ишлаб чиқиш ва уларни янги замонавий технологияларга мувофиқ юритиш, мазкур ҳудудларнинг мастер режаларини ишлаб чиқиш бўйича тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ҳозирги кунда жаҳон мамлакатлари учун рақамли картлардан фойдаланиб ҳудудларнинг мастер режаларини ишлаб чиқиш ва масофадан зондлаш маълумотларидан кенг фойдаланиш талаб этилмоқда. Бу борада, ҳудадларни комплекс ташкил этишда мастер режаларининг ишончлигини таъминлаш ва юқуори аниқликдаги шаффоф ахборотларни олиш учун мастер режаларни ишлаб чиқишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Шу боис, Республикамиз иқтисодиётида амалга оширилаётган ислоҳотларнинг туб моҳияти-аҳоли турмуш фаровонлигини ошириш, ижтимоий-иқтисодий аҳволини тубдан яхшилашдан иборатдир. Шундай экан, аҳолига қулай шарт ва шароитлар яратиш мақсадида қишлоқ ҳудудларини

комплекс ташкил этишни ва уларга таъсир этаётган омилларни тадқиқ қилиш зарурлигини кўрсатмоқда. Шу нуқтаи назардан, Ўзбекистон республикаси президентининг 2023 йил 11-сентябрдаги “Ўзбекистон-2030” стратегияси тўғрисидаги 158-сонли Фармонида ҳам “...ҳудудларни комплекс ривожлантириш, урбанизация стратегиясини амалга ошириш, аҳолини арзон уй-жой билан таъминлаш” масалаларига катта эътибор қаратиб шу бўйича бир қатор вазифалар белгилаб берилган. Ушбу вазифаларни амалга ошириш учун Республикамизда қишлоқ ҳуддуларининг мастер-режаларини ишлаб чиқиш ва қишлоқ ҳуддуларини комплекс ташкил этиш бўйича Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2025 йил 19 ноябрдаги «Ўзбекистон Республикасида уй-жой ва ипотека бозорини барқарор ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПФ-219-сон Фармони ижросини таъминлаш ҳамда Ўзбекистон Республикаси Урбанизация ва уй-жой бозорини барқарор ривожлантириш миллий қўмитаси фаолиятини ташкил этиш бўйича вазифалар бериб ўтилган. Ушбу вазифаларни бажаришда биринчи навбатда урбанизация эътибор берадиган бўлсак.

Урбанизация (шаҳарлашув) — бу жамиятда шаҳарларнинг ролини ошириш, шаҳар маданиятини ривожлантириш, аҳолининг шаҳарларда яшашга оʻтиши (қишлоқлардан шаҳарларга миграция) ва шаҳар ҳаётининг қишлоқларга тарқалиши жараёнидир. Бу жараён аҳолининг қишлоқлардан шаҳарларга коʻчиши (рурализатциянинг тескариси), шаҳарларнинг ўсиши ва шаҳарларга хос ижтимоий-иқтисодий муносабатлар кучайиши билан тавсифланади. Урбанизация ҳозирги замондаги энг муҳим ижтимойи-иқтисодий жараёнлардан бири ҳисобланиб, йирик қишлоқ аҳоли пункутларини шаҳарларга айлантирилиши, шаҳар атрофи зоналарининг кенгайиши ва қишлоқ аҳолисининг шахарларга кўчиб бориши, шаҳар маданияти ва турмуш тарзининг кенг тарқалиши каби жиҳатларда ўз аксини топади. Урбанизация жараёнлари етарли даражада тартибга солинмаса, шаҳарлар аҳолисининг сони ва у ердаги мавжуд инфратузилма, уй-жой ҳамда иш ўринларига юқори даражада эхтиёж пайдо бўлишига олиб келади.

Шу нуқтайи назардан, урбанизация даражасини 51 фоиздан 61 фоизга етказиш чораларини кўриш ҳамда аҳоли пункутларининг бош режаларини ишлаб чиқиш ва туман (шаҳар)ларнинг бош ва мастер режаларини 3 тоифали (реновация, реконструкция ва консервация) зоналарига ажратиб мастер режаларини ишлаб чиқишни амалиётга жорий этиш бўйича вазифалар бериб ўтилган.

Республикамизда бугунги кунда 7418 та МФЙ аҳоли пункутлари мавжуд бўлиб, уларни табиий-иқтисодий салоҳиятини аниқлаш ва ҳудудларни комплекс ташкил этиш бўйича тизимли урбанизация жараёнларини амалга ошириш бугунги кундаги долзарб масалалардан бир бўлиб қолмоқда. Бунинг учун янги саноат корхоналарининг ижтимоий ва ишлаб чиқариш инфратузилмаси объектлари билан комплекс жойлаштирилишини ҳисобга олган ҳолда, бош режа лойиҳалари билан биргаликда батафсил режалаштириш ва зарур ҳолларда ҳудудларнинг “мастер режа” лойҳаларини ишлаб чиқиш орқали қишлоқ ҳуддуларини ҳам комплекс ташкил этиш орқали қишлоқ жойларда бўш иш ўринларини яратиш ва қишлоқ ҳудудларидаги ерлардан самарали фойдаланиш мақсадга мувофиқдир.

Ҳозирги даврда ҳудудларнинг барқарор ижтимоий-иқтисодий ривожланишини таъминлаш, аҳоли турмуш даражасини ошириш, инфратузилмани модернизация қилиш ва атроф-муҳит мувозанатини сақлаш давлат сиёсатининг устувор йўналишларидан бири ҳисобланади. Бу жараёнда ҳудудларни илмий асосда режалаштириш ва уларнинг ривожланиш стратегиясини белгилаш муҳим аҳамият касб этади. Шу нуқтаи назардан “мастер режа” тушунчаси ҳудудий бошқарув тизимининг замонавий воситаси сифатида намоён бўлади.

Мастер режа — бу маълум бир ҳудуднинг (шаҳар, туман, агломерация ёки минтақанинг) узоқ муддатли (одатда 15–25 йиллик) ривожланиш йўналишларини белгилаб берувчи стратегик ҳужжат бўлиб, у ҳудуднинг табиий, иқтисодий, демографик, транспорт ва экологик ресурсларини ҳисобга олган ҳолда ишлаб чиқилади. Ўзбекистон Республикаси Президенти томонидан шахарсозлик ва уй-жой қурилишида янги тизимни яратиш буйича сўнги йилларда мамлакатимизда шаҳар аҳолиси улуши 50 фоиздан ошди ва келгуси йилларда мазкур кўрсаткич янада ўсиши кутилмоқда. Аҳоли сони ва қурилиш суръатлари ортиб бораётгани шаҳарсозлик режаларини замонавий талаблар асосида ишлаб чиқиш, яшил ҳудудларни сақлаш, тарихий-маданий меросларни муҳофаза қилиш, муҳандислик ва транспорт инфратузилмасини уйғун ривожлантириш бўйича бир қатор вазифалар бериб ўтилган.

Ушбу вазифаларни амалга ошириш учун бугунги кунда республикамизда 8 минг 604 та аҳоли пункитидан 2 минг 506 таси ёки 29 фоизининг бош режалари ишлаб чиқилган. 2026 йилда яна 154 та, 2027 йилда 144 та аҳоли пункутлари учун бош режалар ишлаб чиқиш мамлакатимз томонидан белгилаб олинган. Мавжуд бош режаларнинг 1 минг 44 таси электрон шакилга

ўтказилган. Шу билан бирга, алоҳида ҳудудларни ривожлантириш бўйича 2024-2025 йилларда 275 та мастер режалар ишлаб чиқилган бўлсада, уларнинг ягона ҳисоби юритиб келинмаган ва ушбу мастер режалар бош режалар билан ўзаро узвий боғланмаган. Бу эса, ҳудудларни комплекс ривожлантиришда, инфратузилма, транспорт, муҳандислик тармоқлари ва ижтимоий объектларни уйғун режалаштиришда қатор муаммоларни келтириб чиқармоқда.

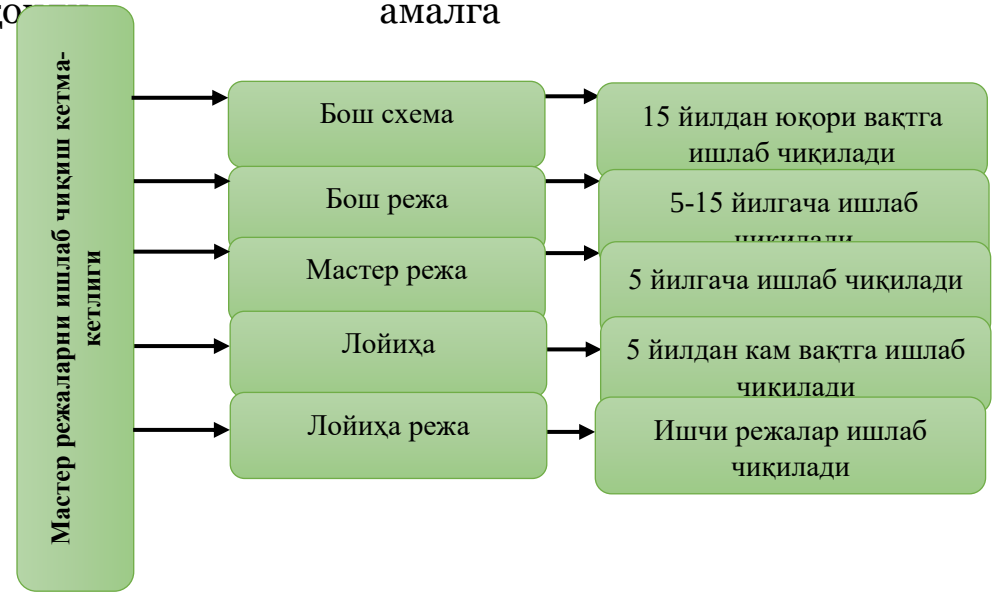
Республикамиздаги қишлоқ (овул) маҳалла фуқаролар йиғинлари (МФЙ) аҳоли пункти ҳудудларининг бош режа билан таъминлаш ва бош режа лойиҳаларини ишлаб чиқиш масалаларига алоҳида эътибор қаратиш лозим (1-жадвал).

1-жадвал

Республикамизда қишлоқ (овул) маҳалла фуқаролар йиғинлари (МФЙ) аҳоли пункти ҳуддуларининг бош режа билан биргаликда ишлаб чиқилган БРЛ лойиҳалари билан таъминланганлиги тўғрисида

№	Ҳудудлар номи	Маҳалла фуқаролар йиғинлар сони			Ишлаб чиқилган МФЙ ҳудудларининг лойиҳалари сони			Ишлаб чиқилиши режалаштирилаётган			Ишлаб чиқилиши талаб этилади жами
		Жами	Шундан:		Жами	Шундан, 2018-2024 йилларда		Жами	2025-2027 йилларда		
			Шаҳар, шаҳарчаларда	Қишлоқ (овуллар) да		Асосий МФЙлар сони	Ёндош МФЙлар сони		Асосий МФЙлар сони	Ёндош МФЙлар сони	
1.	Қорақолпоғистон Республикаси	424	1938	7417	2391	528	1863	1015	308	707	4012
2.	Андижон в	888	98	790	129	33	96	53	20	33	608
3.	Бухоро	544	87	457	197	34	163	143	31	112	117
4.	Жиззах	299	34	265	103	23	80	44	10	34	118
5.	Қашқадарё	814	104	710	165	37	128	41	14	27	504
6.	Навоий	330	55	275	161	24	137	41	9	32	73
7.	Наманган	788	62	726	153	31	122	48	14	34	525
8.	Самарқанд	1126	251	875	237	60	177	71	18	53	567
9.	Сурхондарё	721	37	684	228	52	176	69	27	42	387
10.	Сирдарё	236	42	194	76	19	57	23	17	6	95
11.	Тошкент	1022	241	781	361	82	279	257	71	186	163
12.	Фарғона	1058	225	833	195	41	154	126	26	100	512
13.	Хоразм	526	59	467	185	34	151	45	12	33	237
14.	Тошкент ш.	579	579								
	Жами	9355	1938	7417	2391	528	1863	1015	308	707	4012
		100%	21%	79%	32,2%			13,6%			54,0%

Бош режа ва мастер режаларни ишлаб чиқиш талаб этилган кетма кетиликда амалга ошириш лозим. Ҳозирги кунда амалиётда бу кетма кетиликлар тўлақ[illegible] амалга оширилмаяпди. Шу боис қуйдаги кўрсатилган кетма-кетликда амалга ошириш тавсия этилади (1-расм).



1-расм. Мастер режаларни ишлаб чиқиш кетма-кетлиги

Ишлаб чиқилган кетма кетиликда туманларда Бош схема яна прогноз ишлари амалга оширилса шу прогноз ишларидан келиб чиқиб бош режалар тузиш орқали мастер режалар ишлаб чиқиш ҳудудларни комплекс ташкил этиш юқори самарадорликка эришишни таъминлайди. Шундай экан, мастер режалар ишлаб чиқилгандан сўнг ҳудудларда лойиҳа ва навбатчи лойиҳа режалар ишлаб чиқиб ер фонди тоифасидаги ерлардан самарали фойдаланишга имконият яратилади.

Хулоса қилиб айтганда, республикамизнинг ҳудуднинг мастер режаларсини замонавий илғор технологиялар ва суннъий интелект ёрдамида ишлаб чиқиш асосида шаҳар ва қишлоқ ҳудудларида ақилли шаҳарларни барпо этишга ҳамда ҳудудларнинг ерларидан самарали фойдаланишга замин яратилади.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 11 сентябрдаги “Ҳудудларда тадбиркорлик ташаббуслари ва лойиҳаларини жадал амалга оширишни ташкил этиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-3939-сон Қарори.
2. Altiyev A.C., Pardaboyev A.P. Advantages and tasks of remote sensing land of dehkans and farmers. // International journal for innovative research in multigisciplinary field. – R., 2020 y. – 248-253 b.

3. Altiyev A.C., Pardaboyev A.P. Staete regulation of use agricultural lands republic of Uzbekistan. // Международной научно-практической конференции 24-октябр. – М., 2020. – 12-13 б.
4. Пардабоев А.П. Деҳқон ва томорқа хўжаликларининг ерларидан фойдаланишнинг мониторингини такомиллаштириш. // Агроиқтисодиёт журнали.- Т., 2019й., №3. 88-89б.
5. A.A.Abduazizov, O.R.Allanazarov, A.P.Pardaboyev, H.A.Qoraboyev, K.A.Qoraboyev. Creating a 3d model of the planned construction area of the npp in autocad civil. // Technical science and innovation журнал 4 – сон, 2023, 10-15 б.

Интернет сайтлари

5. www. Ziyo.net
6. www.lex.uz
7. www.ygk.uz
8. www.google.com

UDK 528.9:528.7:004.9:631.6

UAV FOTOGRAMMETRIYASI, 3D GEOAXBOROT MODELI VA RAQAMLI EGIZAK TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA SUG‘ORILADIGAN YERLAR KARTALARINI YANGILASH USLUBINI TAKOMILLASHTIRISH

Mirjalalov Nuriddin To‘lkun o‘g‘li - *Mirzo Ulug'bek nomidagi O‘zbekiston Milliy Universiteti, Geodeziya, kartografiya va kadastr kafedrasi o‘qituvchisi*
Juraev Abdulla Yusupovich – *“TIQXMMI” MTU, “Geodeziya va Geoinformatika” kafedrasi o‘qituvchisi*

ANNOTATSIYA *Sug‘oriladigan yerlar kartalarini yangilash uchun sun’iy yo‘ldosh kuzatuvi, UAV fotogrammetriyasi, 3D rekonstruksiya, raqamli egizak va ko‘p qatlamli agro-GISni yagona ko‘p masshtabli kartografik jarayonga integratsiyalash uslubi taklif etildi. Metodika regional skriningdan dala konturlarini aniqlashtirish va vaqtli geoma’lumotlar bazasini yangilashgacha bo‘lgan bosqichlarni birlashtiradi.*

Kalit so‘zlar: *masofadan zondlash, UAV, fotogrammetriya, sug‘oriladigan yerlar, 3D geoaxborot modeli, raqamli egizak, agro-GIS, kartografik yangilash.*

АННОТАЦИЯ *Предложена методика интеграции спутникового мониторинга, БПЛА-фотограмметрии, 3D-реконструкции, цифрового двойника и многослойной агро-ГИС для обновления карт орошаемых земель. Многоуровневый процесс объединяет региональный скрининг, локальное уточнение контуров, тематическое зонирование и ведение временной геопространственной базы данных.*

Ключевые слова: *дистанционное зондирование, БПЛА, фотограмметрия, орошаемые земли, 3D ГИС, цифровой двойник, агро-ГИС.*

ABSTRACT *A multiscale cartographic workflow is proposed for updating irrigated-land maps by integrating satellite screening, UAV photogrammetry, 3D reconstruction, digital-twin architecture and multilayer agro-GIS. The methodology links regional change detection with local boundary refinement, within-field thematic zoning and time-enabled geodatabases while separating conceptual visualization from empirically validated mapping results.*

Keywords: *remote sensing, UAV, photogrammetry, irrigated land, 3D GIS, digital twin, agro-GIS, cartographic updating.*

KIRISH

Sug‘oriladigan qishloq xo‘jaligi yerlarini kartalashtirishning zamonaviy muammosi faqat yer qoplamini tasniflash bilan cheklanmaydi. Amaliy kartografik mahsulotda dala konturining geometrik aniqligi, irrigatsiya obyektlari bilan topologik aloqasi, mikrorelyef, ekin qoplamining ichki heterogenligi va vaqt bo‘yicha o‘zgarishlari bir-biriga mos fazoviy modelda aks etishi zarur. Sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari regional monitoring uchun samarali bo‘lsa-da, dala chegaralari va mayda irrigatsion elementlarni aniqlashtirishda yuqori fazoviy detallashtirish talab etiladi. UAV fotogrammetriyasi ushbu masshtablar orasidagi axborot bo‘shlig‘ini to‘ldiruvchi manba sifatida qaraladi.

Xalqaro tadqiqotlarda UAV platformalari dala xaritalash, ekin monitoringi, suv stressi va irrigatsiya rejalashtirishda qo‘llanmoqda. So‘nggi yondashuvlar alohida kuzatuvlarni Digital Twin arxitekturasiga birlashtirib, fizik obyekt holatini virtual modelda vaqt bo‘yicha aks ettirishga intilmoqda. Biroq interoperabellik, standart arxitektura va dala miqyosidagi verifikatsiya zamonaviy agricultural Digital Twin tizimlarining asosiy cheklovlari bo‘lib qolmoqda. Tadqiqot muammosi turli fazoviy va vaqt masshtablariga ega sun’iy yo‘ldosh, UAV, 3D fotogrammetrik, sensor va GIS ma’lumotlarini sug‘oriladigan yer kartasining yagona geometrik-tematik obyektiga bog‘lashdan iborat. Gipoteza: regional skriningni UAV asosidagi lokal geometrik aniqlashtirish va vaqtli Digital Twin/agro-GIS modeli bilan ketma-ket integratsiyalash kartani yangilashni alohida tasvir klassifikatsiyasidan obyektga yo‘naltirilgan kartografik monitoring tizimiga o‘tkazadi.

Tadqiqotning maqsadi Toshkent viloyati sharoitiga mos sug‘oriladigan yerlar kartalarini yangilash uchun sun’iy yo‘ldosh masofadan zondlash, UAV fotogrammetriyasi, 3D geovizualizatsiya, raqamli egizak va ko‘p qatlamli GISni integratsiyalovchi

takomillashtirilgan metodologik sxemani ishlab chiqishdir.

ILMIY YANGILIK VA METODOLOGIK YONDASHUV

Birinchi ilmiy yangilik ma’lumotlarni bitta klassifikatsiyaga mexanik birlashtirish emas, balki vazifasi bo‘yicha masshtabli ierarxiyaga ajratishdir: sun’iy yo‘ldosh – regional skrining; UAV – lokal aniqlashtirish; fotogrammetriya – 3D geometriya; sensor/dala kuzatuvi – tematik verifikatsiya; GIS – fazoviy integratsiya; Digital Twin – vaqtli holat va yangilanishlar boshqaruvi.

Ikkinchi yangilik kartografik yangilash birligini piksel emas, identifikatorga ega dala konturi sifatida qabul qilishdir. Kontur geometriyasi, ortofoto, 3D sirt, irrigatsiya obyektlari, vegetatsiya/namlik ko‘rsatkichlari va kuzatuv sanasi bir obyektga bog‘lanadi.

Uchinchi yangilik Digital Twin tushunchasini oddiy 3D vizualizatsiya bilan tenglashtirmaslikdir. 3D model geometrik komponent bo‘lsa, raqamli egizak fizik dala holatining vaqtli ma’lumotlar oqimi, geometriya, atributlar va monitoring natijalari bilan bog‘langan raqamli vakili sifatida talqin qilinadi.

1-jadval. Takomillashtirilgan metodikaning funksional arxitekturasi

Daraja	Manba	Vazifa	Natija
Regional	Sun’iy yo‘ldosh RS	O‘zgarish skriningi	Monitoring maskasi
Lokal	UAV	Kontur aniqlashtirish	Ortofoto
Geometrik	Fotogrammetriya	3D shakl	DSM/3D model
Verifikatsiya	Dala/IoT	Tematik tekshiruv	Nazorat atributlari
Integratsiya	GIS	Ma’lumotlarni bog‘lash	Agro-GIS
Vaqtli model	Digital Twin	Holat tarixini yuritish	Dinamik obyekt

MATERIAL VA TADQIQOT USULLARI

Metodika sakkiz bosqichdan tashkil topadi: sun’iy yo‘ldosh vaqt qatorlari orqali o‘zgarish zonalarini ajratish; UAV uchun ustuvor uchastkalarni tanlash; parvoz va geodezik tayanchni rejalashtirish; fotogrammetrik qayta ishlash; ortofoto bilan mavjud konturlarni topologik solishtirish; dala ichki heterogenligini zonalash; barcha kuzatuvlarni yagona dala

identifikatoriga bog‘lash; yangilangan holatni 3D GIS/Digital Twin muhitida saqlash.

Fotogrammetrik qayta ishlashda siyrak va zich nuqtalar buluti, ortofotomozaika hamda raqamli sirt modeli shakllantiriladi. Geometrik tahrir spektral farqqa emas, barqaror chegaraviy belgilarga va topologik dalillarga tayanishi kerak. Tematik zonalash esa geometriyadan alohida vaqtli atribut sifatida yuritiladi.

Ushbu maqoladagi oltita tasvir metodologik tahlil materiali sifatida qabul qilindi. Ularning Toshkent viloyatida muallif tomonidan olingan dala tajribasi ekanligi tasdiqlanmaganligi sababli rasmlardan aniqlik, hosildorlik yoki suv sarfiga oid sonli empirik natijalar chiqarilmadi.

TAHLIL VA NATIJALAR

Birinchi tasvir fotorealistik 3D rekonstruksiya orqali dala, yo‘l, bino va daraxtzorlarning o‘zaro fazoviy holatini ko‘rsatadi. Kartografik qiymat vizual realizmda emas, koordinatalangan geometriya, o‘lchanadigan sirt va dala chegarasini tekshirish imkoniyatidadir. Ushbu bosqich keyingi tematik qatlamlarning geometrik bazasini yaratadi.



1-rasm. Qishloq xo‘jaligi hududining fotogrammetrik 3D rekonstruksiyasi

Izoh: metodologik-konseptual tasvir; Toshkent viloyatida olingan empirik natija sifatida talqin qilinmaydi.

Ikkinchi tasvir dala massasini lokal 3D obyekt sifatida ifodalaydi. Dala poligoni ortofoto teksturasi, sirt balandligi va chegaraviy obyektlar bilan bog‘langanda kartografik kontur real landshaft strukturasiga moslashtiriladi. Bu geometrik o‘zgarishni mavsumiy vegetatsiya farqidan ajratishda muhim.



2-rasm. Sug‘oriladigan dala konturining lokal 3D fotogrammetrik modeli

Izoh: metodologik-konseptual tasvir; Toshkent viloyatida olingan empirik natija sifatida talqin qilinmaydi.

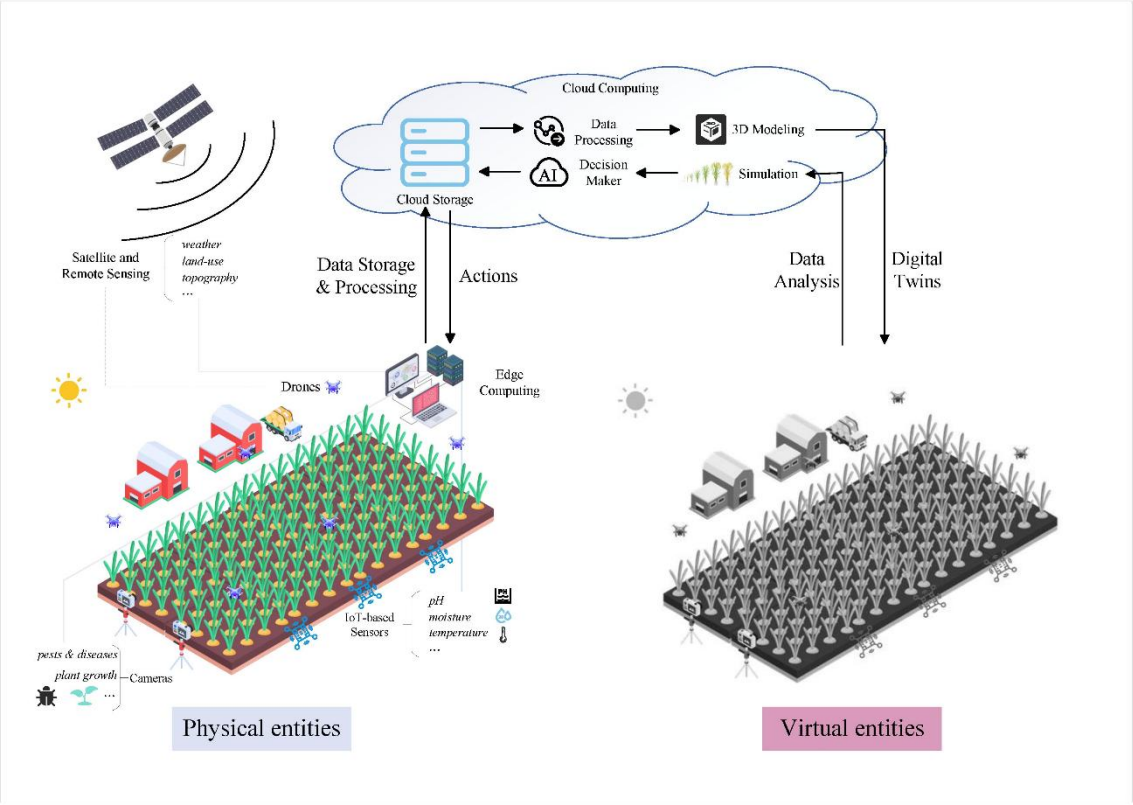
Uchinchi tasvir UAV kuzatuvi va dala ichki tematik zonalash konsepsiyasini ko‘rsatadi. Vegetatsiya, namlik, sirt harorati yoki mikrorelyef bo‘yicha hosil qilingan zonalar kontur geometriyasini almashtirmaydi; ular bir xil dala obyektining vaqtli holatini tavsiflaydi. Irrigatsiya rejalashtirish bo‘yicha xalqaro tadqiqotlar UAV sensorlarining lokal suv talabi va stressni baholashdagi imkoniyatlarini tasdiqlaydi.



3-rasm. UAV kuzatuvlari asosida dala yuzasini 3D va tematik zonalash konsepsiyasi

Izoh: metodologik-konseptual tasvir; Toshkent viloyatida olingan empirik natija sifatida talqin qilinmaydi.

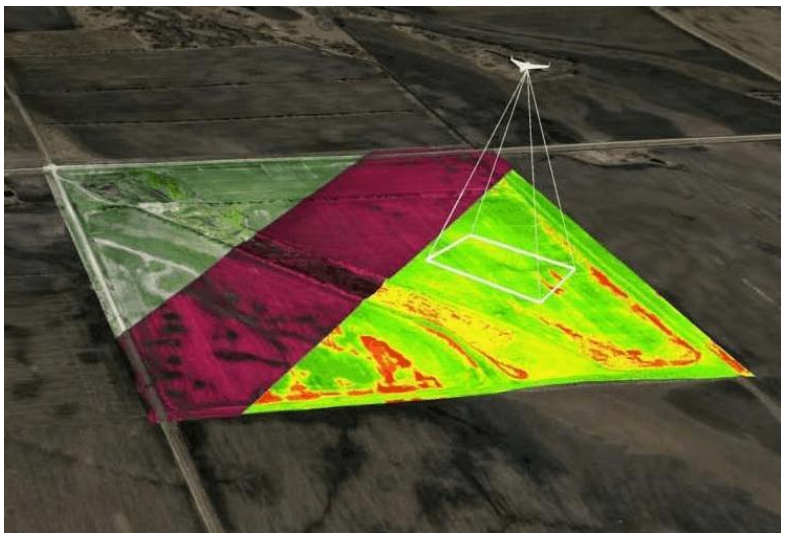
To‘rtinchi tasvir fizik dala va virtual model o‘rtasidagi Digital Twin arxitekturasini ifodalaydi. Sun’iy yo‘ldosh, UAV, kamera va IoT kuzatuvlari ma’lumotlar muhitida birlashib, 3D model, tahlil va qaror modullariga uzatiladi. Kartografik Digital Twin yadrosi dala_ID, geometriya, vaqt, holat atributlari va manba metama’lumotidan tashkil topishi lozim.



4-rasm. Sug‘oriladigan yer monitoringida fizik va virtual obyektlarni bog‘lovchi Digital Twin arxitekturasi

Izoh: metodologik-konseptual tasvir; Toshkent viloyatida olingan empirik natija sifatida talqin qilinmaydi.

Beshinchi tasvir maqsadli UAV validatsiyasini ko‘rsatadi. Regional sun’iy yo‘ldosh monitoringida o‘zgarish ehtimoli yuqori konturlar tanlanib, faqat shu zonalarda yuqori detalli parvoz bajarilishi ma’lumot hajmi va xarajatni boshqarishga yordam beradi. Natija geometriya o‘zgargan, tematik holat o‘zgargan yoki o‘zgarish tasdiqlanmagan kabi versiyalangan holat sifatida bazaga qaytariladi.

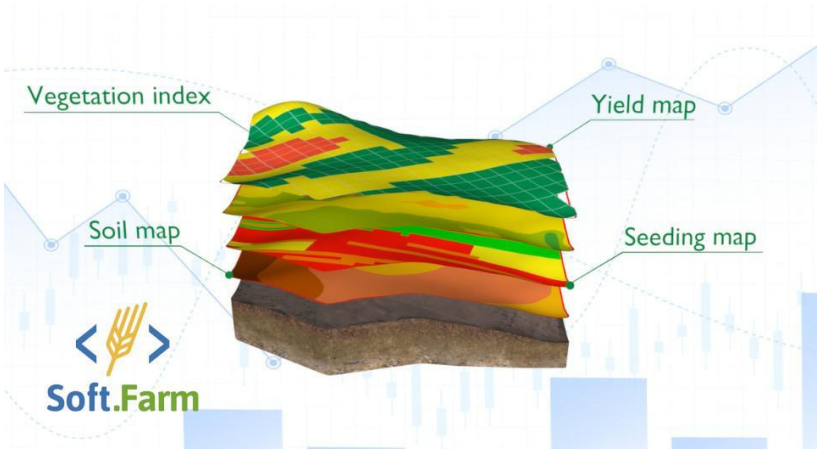


5-rasm. UAV yordamida dala uchastkasini maqsadli suratga olish va georeferensiyalash

Izoh: metodologik-konseptual tasvir; Toshkent viloyatida olingan empirik natija sifatida talqin qilinmaydi.

Oltinchi tasvir ko‘p qatlamli agro-GISni aks ettiradi. Tuproq, vegetatsiya, ekish va hosildorlik qatlamlari sug‘oriladigan yerlar uchun irrigatsiya tarmog‘i, DEM, namlik, UAV ortofotosi va monitoring sanasi bilan kengaytirilganda xarita statik fayldan dinamik ma’lumotlar mahsulotiga aylanadi. Interoperabellik zamonaviy agricultural Digital Twin tizimlarining asosiy ilmiy masalalaridan biridir

.



6-rasm. Sug‘oriladigan yerlar uchun ko‘p qatlamli agro-GIS modelining konseptual tuzilishi

Izoh: metodologik-konseptual tasvir; Toshkent viloyatida olingan empirik natija sifatida talqin qilinmaydi.

2-jadval. Tasvirlar asosida shakllantirilgan kartografik jarayon

Bosqich	Kirish	Chiqish	Ilmiy vazifa
3D rekonstruksiya	UAV foto	3D model	Geometrik baza
Kontur modeli	Ortofoto+DSM	Dala obyekti	Chegarani tekshirish
Tematik zonalash	UAV sensor	Ichki zonalar	Heterogenlik
Digital Twin	RS+UAV+IoT	Vaqtli virtual vakil	Fizik-raqamli aloqa
Validatsiya	Lokal UAV	Tekshiruv	Yangilanishni tasdiqlash
Agro-GIS	Barcha qatlamlar	Dinamik baza	Kartografik monitoring

TAKOMILLASHTIRILGAN KARTOGRAFIK YANGILASH ALGORITMI Taklif etilayotgan algoritm: regional sun’iy yo‘ldosh skriningi → o‘zgarish ehtimoli yuqori konturlarni tanlash → maqsadli UAV parvozi → fotogrammetrik ortofoto va 3D model → mavjud kontur bilan geometrik/topologik solishtirish → ichki tematik zonalash → dala/sensor verifikatsiyasi → geoma’lumotlar bazasida yangi versiyani saqlash → Digital Twin holatini yangilash → kartografik mahsulotni qayta generatsiya qilish. Natijada “yangi tasvir–yangi karta” modeli “o‘zgarish signali–maqsadli tekshiruv–versiyalangan obyekt” modeliga aylantiriladi.

3-jadval. Verifikatsiya va sifat nazorati mezonlari

Nazorat	Obyekt	Ko‘rsatkich
Geometrik	UAV ortofoto/3D	GCP/check-point RMSE
Kontur	Yangilangan poligon	Chegara siljishi, maydon farqi, topologiya
Tematik	Yer holati	Confusion matrix, precision/recall/F1
Vaqtli	Monitoring versiyasi	Sana, manba, o‘zgarish turi
Semantik	Agro-GIS/DT	ID, atribut, metama’lumot, interoperabellik

Mazkur ko‘rsatkichlar metodik talab sifatida keltirildi; real dala ma’lumotlari bo‘lmagani sababli sonli qiymatlar uydirib kiritilmadi.

MUHOKAMA

Taklif etilgan metodika faqat spektral klassifikatsiyaga asoslangan yondashuvlardan ma’lumotlar ierarxiyasi va kartografik obyektning hayot sikliga urg‘u berishi bilan farq qiladi. UAV sun’iy yo‘ldoshni almashtirmaydi, balki regional signalni lokal geometrik va tematik darajada tekshiradi.

UAV-enabled irrigatsiya tadqiqotlari lokal suv talabi, suv stressi va sug‘orish rejalashtirishda yuqori detalli sensor kuzatuvlarining salohiyatini ko‘rsatadi. Biroq suv stressini aniqlash bilan sug‘oriladigan yer konturini kartografik tasdiqlash bir xil vazifa emas; tematik signal geometrik va dala verifikatsiyasi bilan birga ishlatilishi zarur.

Digital Twin bo‘yicha xalqaro adabiyot fizik obyekt va virtual vakil o‘rtasidagi vaqtli bog‘lanishga urg‘u beradi. 2026-yilgi sistematik sharhlar qishloq xo‘jaligi DT tizimlarida interoperabellik, standart arxitektura va keng miqyosli dala validatsiyasi yetishmasligini ko‘rsatmoqda. Shu sababli ushbu maqolada barcha kuzatuvlarni dala identifikatori, koordinata tizimi, vaqt va manba metama’lumoti orqali birlashtirish taklif etildi.

Cheklovlar: UAV parvozi ob-havo, ruxsat, qamrov va batareyaga bog‘liq; fotogrammetriya sifati parvoz geometriyasi, qoplanish, kamera kalibrovkasi va nazorat nuqtalariga bog‘liq. Muntazam fizik-raqamli ma’lumot almashinuvi bo‘lmasa, yaratilgan tizim haqiqiy Digital Twin emas, balki Digital Model yoki Digital Shadow darajasida qolishi mumkin.

XULOSA VA TAKLIFLAR

1. Regional sun’iy yo‘ldosh skriningi va lokal UAV fotogrammetriyasini vazifalar bo‘yicha ajratgan ko‘p masshtabli kartografik metodologiya taklif etildi.

2. UAV asosidagi 3D rekonstruksiya dala konturini geometrik va topologik verifikatsiya qilishning lokal bazasi sifatida asoslandi.

3. Dala ichki tematik zonalari kontur geometriyasidan alohida, vaqtli agroekologik atribut sifatida yuritilishi belgilandi.

4. Raqamli egizak dala_ID, geometriya, vaqt, kuzatuv manbai va holat atributlarini yagona tuzilmada birlashtiruvchi kartografik monitoring modeli sifatida talqin qilindi.

5. Ko‘p qatlamli agro-GIS kartani statik fayldan versiyalanadigan va qayta generatsiya qilinadigan ma’lumotlar mahsulotiga o‘tkazuvchi axborot yadrosi sifatida taklif etildi.

6. Toshkent viloyatidagi empirik bosqichda geometrik, kontur va tematik aniqlik mustaqil nazorat ma’lumotlari bilan alohida baholanishi zarur.

7. Amaliy joriy etishda sun’iy yo‘ldosh–UAV–GIS–Digital Twin

zanjiri uchun standart metama'lumot, versiyalash va interoperabellik qoidalarini ishlab chiqish tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

Colomina, I. and Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 92, 79–97.

Drusch, M. et al. (2012). Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. Remote Sensing of Environment, 120, 25–36.

Maes, W.H. and Steppe, K. (2019). Perspectives for remote sensing with unmanned aerial vehicles in precision agriculture. Trends in Plant Science, 24(2), 152–164.

Mulla, D.J. (2013). Twenty five years of remote sensing in precision agriculture. Biosystems Engineering, 114(4), 358–371.

Nex, F. and Remondino, F. (2014). UAV for 3D mapping applications: a review. Applied Geomatics, 6, 1–15.

Tsouros, D.C., Bibi, S. and Sarigiannidis, P.G. (2019). A review on UAV-based applications for precision agriculture. Information, 10(11), 349.

Verdouw, C., Tekinerdogan, B., Beulens, A. and Wolfert, S. (2021). Digital twins in smart farming. Agricultural Systems, 189, 103046. doi:10.1016/j.agsy.2020.103046.

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C. and Bogaardt, M.J. (2017). Big Data in Smart Farming – A review. Agricultural Systems, 153, 69–80.

Yadav, M., Vashisht, B.B., Vullaganti, N., Kumar, P. et al. (2024). UAV-enabled approaches for irrigation scheduling and water body characterization. Agricultural Water Management, 304, 109091. doi:10.1016/j.agwat.2024.109091.

Subeesh, A. and Chauhan, N. (2026). Agricultural digital twin for smart farming: A review. Green Technologies and Sustainability, 4(2), 100299. doi:10.1016/j.grets.2025.100299.

Digital twins in agriculture: A systematic literature review on modeling, semantics, and interoperability (2026). Smart Agricultural Technology. doi:10.1016/j.atech.2026.102283.

A systematic review of digital twin technologies in broadacre agriculture: Challenges, opportunities, and sustainability (2026). Smart Agricultural Technology, 14, 102394. doi:10.1016/j.atech.2026.102394.

UDK 332.334

TOSHKENT VILOYATI SUG‘ORILADIGAN YERLARINI MASOFADAN ZONDLASH VA GEOAXBOROT TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA KARTOGRAFIK MODELLASHTIRISH

Mirjalalov Nuriddin To‘lkun o‘g‘li - *Mirzo Ulug'bek nomidagi O‘zbekiston Milliy Universiteti, Geodeziya, kartografiya va kadastr kafedrasi o‘qituvchisi*
Juraev Abdulla Yusupovich – *“TIQXMMI” MTU, “Geodeziya va Geoinformatika” kafedrasi o‘qituvchisi*

Annotatsiya. *Maqolada Toshkent viloyati sug‘oriladigan yerlarini Sentinel-2, Landsat va raqamli relef modeli asosida kartalashtirish uslubini takomillashtirish yondashuvi ishlab chiqilgan. Spektral indekslar, irrigatsiya infratuzilmasi va relef belgilarini integratsiyalash hamda Random Forest klassifikatsiyasi orqali 2D va 3D kartografik mahsulotlar shakllantirish taklif etiladi.*

Kalit so‘zlar: *masofadan zondlash, sug‘oriladigan yerlar, Sentinel-2, GIS, NDVI, NDWI, SAVI, Random Forest, 3D model.*

Аннотация. *Предложен усовершенствованный подход к картографированию орошаемых земель Ташкентской области на основе Sentinel-2, Landsat и цифровой модели рельефа. Интеграция спектральных индексов, ирригационной инфраструктуры и морфометрических признаков с классификацией Random Forest ориентирована на создание 2D- и 3D-картографических продуктов.*

Ключевые слова: *дистанционное зондирование, орошаемые земли, Sentinel-2, ГИС, спектральные индексы, Random Forest, 3D-модель.*

Abstract. *An improved approach is proposed for mapping irrigated agricultural lands in Tashkent Region using Sentinel-2, Landsat and a digital elevation model. Spectral indices, irrigation infrastructure and terrain variables are integrated with Random Forest classification to support accurate 2D mapping, 3D geovisualization and systematic monitoring.*

Keywords: remote sensing, irrigated lands, Sentinel-2, GIS, spectral indices, Random Forest, 3D model.

Kirish

Sug‘oriladigan yerlar qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishining hududiy bazasini shakllantiradi va ularning fazoviy chegaralari, foydalanish intensivligi hamda suv bilan ta’minlanganlik holatini muntazam aniqlash yer-suv resurslarini boshqarishning asosiy axborot vazifalaridan biridir. An’anaviy dala o‘lchovlari va statistik hisob ma’lumotlari yuqori aniqlikdagi lokal axborotni bersa-da, katta hududlarda tezkor yangilanish, mavsumiy o‘zgarishlarni kuzatish va yagona kartografik bazani shakllantirish uchun masofadan zondlash (MZ) ma’lumotlari bilan to‘ldirilishi zarur.

Sentinel-2 multispektral ma’lumotlarining 10–20 m fazoviy aniqligi hamda Red Edge, NIR va SWIR diapazonlari qishloq xo‘jaligi ekinlarining vegetatsiya va namlik holatini differensial tahlil qilish imkonini beradi (Drusch et al., 2012). Bitta indeksga tayangan klassifikatsiyada spektral aralashuv yuz berishi mumkin. Shu bois spektral, morfometrik va irrigatsion belgilar yagona modelga birlashtiriladi.

Materiallar va tadqiqot usullari

Tadqiqot obyekti sifatida Toshkent viloyatining sug‘oriladigan qishloq xo‘jaligi yerlari qabul qilindi. Asosiy masofadan zondlash manbasi sifatida Sentinel-2 Level-2A tasvirlari, retrospektiv va qo‘shimcha nazorat uchun Landsat-8/9 ma’lumotlari, relef omillarini hisobga olish uchun esa raqamli balandlik modeli (DEM) nazarda tutiladi. Gidrografiya, magistral va xo‘jaliklararo kanallar, suv omborlari hamda mavjud kadastr konturlari yordamchi geofazoviy qatlam sifatida integratsiyalanadi.

Tasvirlar bulutlilik darajasiga ko‘ra tanlanadi, yagona koordinata tizimiga keltiriladi, tadqiqot hududi chegarasi bo‘yicha kesiladi va zarur kanallar bir xil fazoviy o‘lchamga resampling qilinadi. Klassifikatsiya uchun vegetatsiya, suv-namlik va tuproq foniga sezgir indekslar bilan birga DEMdan hosil qilingan balandlik va nishablik ko‘rsatkichlari qo‘llanadi. Bunday ko‘p belgili yondashuv piksellarning faqat rang-spektral xususiyatiga emas, balki ularning geomorfologik va irrigatsion kontekstiga ham tayangan holda qaror qabul qilish imkonini beradi.

1-jadval. Tadqiqotda foydalaniladigan asosiy geofazoviy ma’lumotlar

Ma’lumot	Fazoviy aniqlik	Asosiy vazifa	Modeldagi roli
Sentinel-2 MSI	10/20/60 m	Vegetatsiya, namlik, ekin konturlari	Asosiy manba
Landsat-8/9 OLI	30 m	Ko‘p yillik dinamika va verifikatsiya	Qo‘shimcha manba
DEM (SRTM/Copernicus)	taxm. 30 m	Balandlik, slope, oqim yo‘nalishi	Morfometrik belgilar
Irrigatsiya tarmog‘i	vektor	Kanallar, suv omborlari, gidrografiya	Kontekst va cheklovlar
Kadastr/dala nuqtalari	vektor	Etalon sinflar va aniqlik nazorati	Training/validation

Manba: Muallif tomonidan tadqiqot metodikasi asosida tuzilgan.

Klassifikatsiyaning bazaviy algoritmi sifatida Random Forest tanlanadi. Algoritm ko‘p sonli o‘zaro bog‘liq belgilar bilan ishlash, chiziqli bo‘lmagan ajratish chegaralarini ifodalash va o‘zgaruvchilar ahamiyatini baholash imkonini beradi (Breiman, 2001; Belgiu and Drăguţ, 2016). Training va validation namunalarining fazoviy mustaqilligini ta’minlash uchun nazorat nuqtalari turli tuman va landshaft sharoitlaridan shakllantiriladi

.

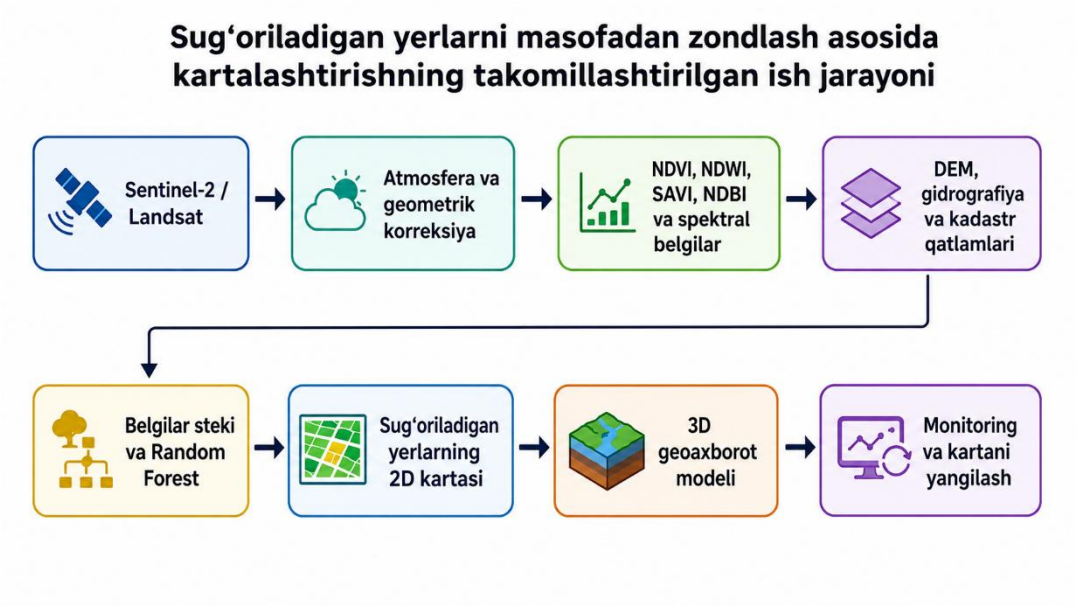
Spektral belgilar tizimi va takomillashtirilgan kartalashtirish modeli

Sug‘oriladigan yerlarni aniqlash uchun bitta indeksdan emas, balki turli biofizik xususiyatlarni ifodalovchi indekslar majmuasidan foydalanish maqsadga muvofiq. NDVI yashil biomassani, NDWI suv yuzasi va namlik komponentini, SAVI esa ochiq tuproq fonining ta’sirini kamaytirgan holda vegetatsiya signalini tavsiflaydi (Huete, 1988; McFeeters, 1996). Namlikka sezgir NDMI yoki SWIR asosidagi qo‘shimcha ko‘rsatkichlar vegetatsiya holati o‘xshash bo‘lgan sug‘oriladigan va lalmi maydonlarni ajratishni kuchaytirishi mumkin.

2-jadval. Sug‘oriladigan yerlarni kartalashtirish uchun tavsiya etilgan spektral indekslar

Indeks	**Formula**	**Axborot mazmuni**	**Kartalashtirishdagi roli**
NDVI	(NIR−Red)/(NIR+Red)	Vegetatsiya faolligi	Ekinlarning vegetativ holati
NDWI	(Green−NIR)/(Green+NIR)	Suv/namlik signali	Suv obyektlari va nam maydonlar
SAVI	((NIR−Red)/(NIR+Red+L))×(1+L)	Tuproq fonini pasaytirish	Siyrak vegetatsiyali maydonlar
NDMI	(NIR−SWIR)/(NIR+SWIR)	O‘simlik namligi	Sug‘orish ta’sirini bilvosita baholash

Manba: Huete (1988), McFeeters (1996) va Sentinel-2 spektral diapazonlari asosida muallif tomonidan umumlashtirilgan.

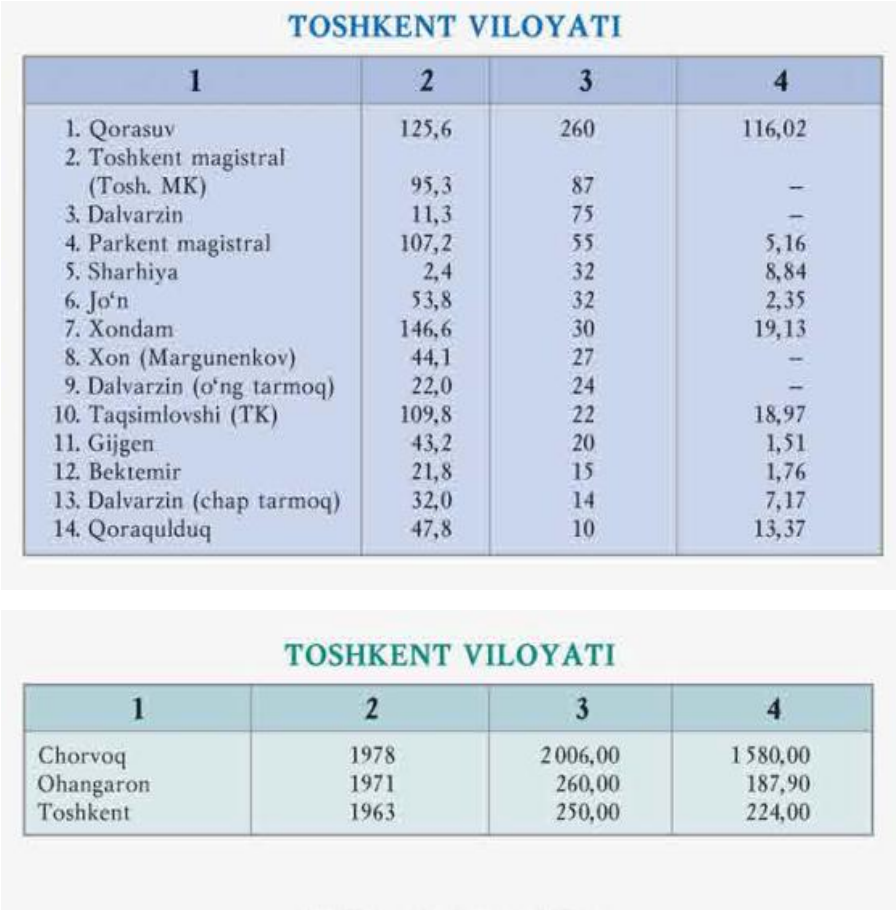


1-rasm. Sug‘oriladigan yerlarni masofadan zondlash asosida kartalashtirishning takomillashtirilgan metodologik sxemasi

Taklif etilayotgan sxemaning farqli jihati shundaki, klassifikatsiya oldidan spektral indekslar DEM va irrigatsiya tarmog‘i bilan bir belgilar stekiga birlashtiriladi. Natijada kanalga yaqinlik, relefning sug‘orishga mosligi va vegetatsiya-namlik signali bir vaqtning o‘zida hisobga olinadi. Bu yondashuv kartografik konturlarning mantiqiy yaxlitligini saqlash, suv bilan ta’minlanmagan yashil maydonlarni sug‘oriladigan sinfga noto‘g‘ri kiritish ehtimolini kamaytirish va keyingi 3D modellashtirishga tayyor geoma’lumotlar bazasini shakllantirishga xizmat qiladi.

Toshkent viloyati irrigatsiya infratuzilmasining kartografik tahlildagi o‘rni

Sug‘oriladigan yerlarni masofadan zondlash orqali ajratishda irrigatsiya tarmoqlarining fazoviy joylashuvi muhim kontekstual belgi hisoblanadi. Foydalanuvchi taqdim etgan irrigatsiya ma’lumotlarida Toshkent viloyati bo‘yicha Qorasuv, Toshkent magistral, Dalvarzin, Parkent magistral, Xondam, Taqsimlovchi va boshqa kanallar hamda Chorvoq, Ohangaron va Toshkent suv omborlari keltirilgan. Ushbu obyektlarni vektor qatlamga o‘tkazish va kosmik tasvirlar bilan birlashtirish sug‘orish tizimiga funksional bog‘langan qishloq xo‘jaligi konturlarini aniqlashda yordam beradi.



TOSHKENT VILOYATI

1	2	3	4
1. Qorasuv	125,6	260	116,02
2. Toshkent magistral (Tosh. MK)	95,3	87	–
3. Dalvarzin	11,3	75	–
4. Parkent magistral	107,2	55	5,16
5. Sharhiya	2,4	32	8,84
6. Jo'n	53,8	32	2,35
7. Xondam	146,6	30	19,13
8. Xon (Margunenkov)	44,1	27	–
9. Dalvarzin (o'ng tarmoq)	22,0	24	–
10. Taqsimlovshi (TK)	109,8	22	18,97
11. Gijgen	43,2	20	1,51
12. Bektemir	21,8	15	1,76
13. Dalvarzin (chap tarmoq)	32,0	14	7,17
14. Qoraqulduq	47,8	10	13,37

TOSHKENT VILOYATI

1	2	3	4
Chorvoq	1978	2006,00	1580,00
Ohangaron	1971	260,00	187,90
Toshkent	1963	250,00	224,00

2-rasm. Toshkent viloyatining asosiy irrigatsiya kanallari va suv omborlari haqidagi ma'lumotlar fragmenti

3-jadval. Toshkent viloyatidagi ayrim irrigatsiya kanallarining asosiy ko'rsatkichlari

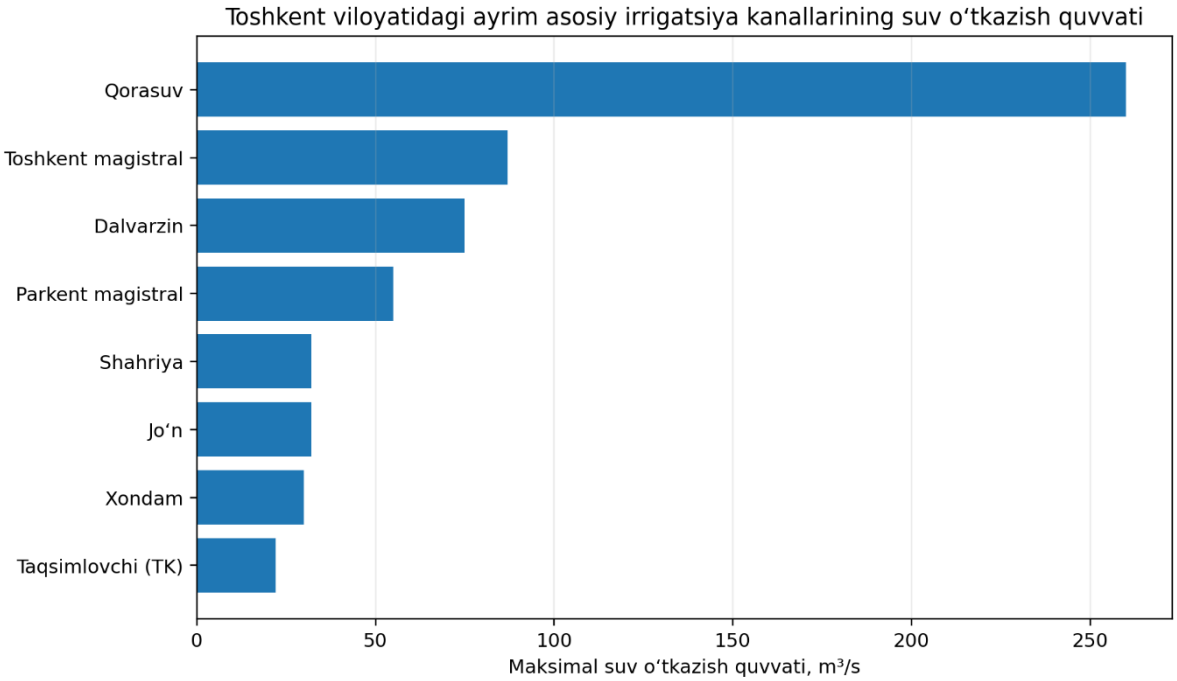
Kanal nomi	**Uzunligi, km**	**Maks. suv o'tkazish, m³/s**	**Sug'orma yer, ming ga**
Qorasuv	125,6	260	116,02
Toshkent magistral (Tosh. MK)	95,3	87	—
Dalvarzin	11,3	75	—
Parkent magistral	107,2	55	5,16
Shahriya	2,4	32	8,84
Jo'n	53,8	32	2,35
Xondam	146,6	30	19,13

Taqsimlovchi (TK)	109,8	22	18,97

Manba: Foydalanuvchi taqdim etgan irrigatsiya jadvali asosida saralangan.

Tahlil va natijalar

Takomillashtirilgan metodika bo‘yicha tahlilning birinchi natijasi – geofazoviy belgilarni funksional guruhlarga ajratish va ularni yagona klassifikatsion stekka birlashtirishdir. Spektral guruh vegetatsiya va namlik holatini, morfometrik guruh relyef sharoitini, irrigatsion guruh esa suv yetkazib berish infratuzilmasiga fazoviy bog‘liqlikni ifodalaydi. Kadastr va dala kuzatuvlari esa modelni o‘qitish va mustaqil tekshirish uchun etalon ma’lumot vazifasini bajaradi.



3-rasm. Toshkent viloyatidagi ayrim asosiy irrigatsiya kanallarining maksimal suv o‘tkazish quvvati

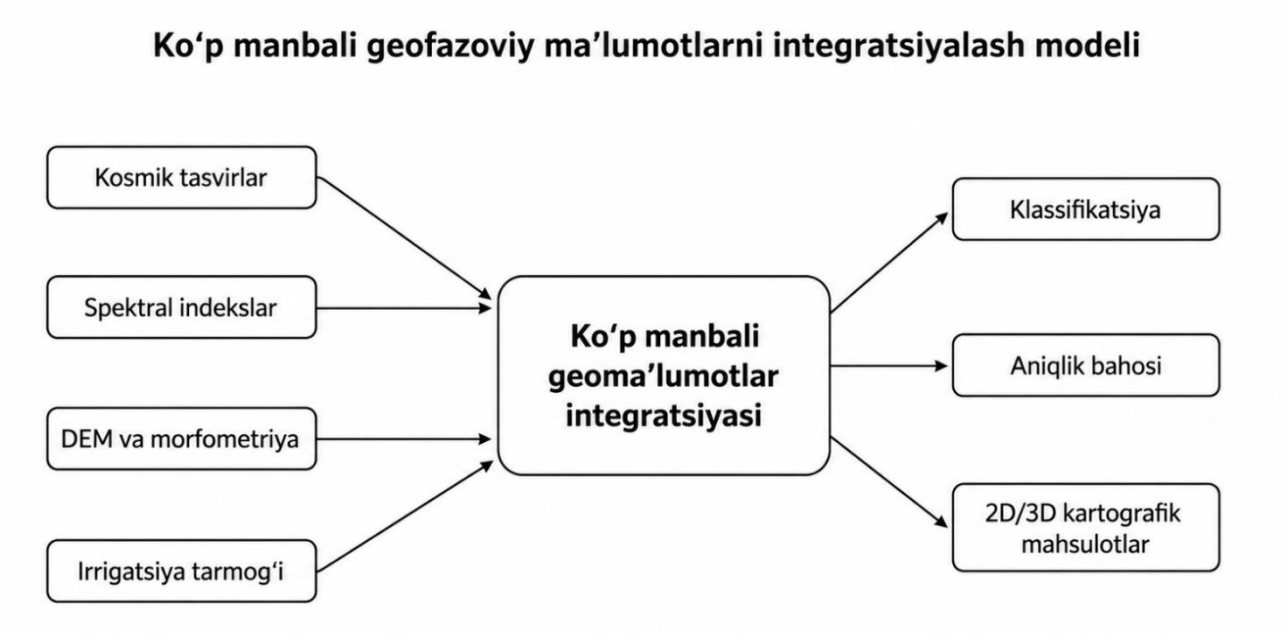
Manba: 2-rasmdagi irrigatsiya jadvali ma’lumotlari asosida muallif tomonidan tuzilgan.

Diagramma Qorasuv kanali tanlangan obyektlar ichida eng yuqori maksimal suv o‘tkazish quvvatiga egaligini, undan keyin Toshkent magistral, Dalvarzin va Parkent magistral kanallari turishini ko‘rsatadi. Mazkur ko‘rsatkichlar bevosita ekinlarning spektral holatini belgilamaydi, biroq irrigatsiya tarmog‘ining hududiy salohiyatini tavsiflovchi yordamchi qatlam sifatida masofadan zondlash natijalarini talqin qilishda muhimdir. Kanal tarmoqlaridan masofa (buffer yoki Euclidean distance) xaritalari yaratilib, klassifikatsiya modeliga qo‘shimcha prediktor sifatida kiritilishi mumkin.

Ikkinchi natija – kartografik mahsulotlarni ko‘p bosqichli shakllantirish tamoyilidir. Dastlab pikselli klassifikatsiya natijasi olinadi, keyin topologik va morfologik filtrlash orqali kichik shovqinli poligonlar bartaraf etiladi, mavjud kadastr chegaralari bilan moslik tekshiriladi va yakuniy sug‘oriladigan yerlar konturlari shakllantiriladi. Ushbu konturlar atributlar bazasi bilan bog‘lanib, maydon, tuman, sug‘orish manbai, dominant indeks qiymatlari va aniqlik sinfi kabi maydonlar bilan to‘ldiriladi.

Ko‘p manbali ma’lumotlar integratsiyasi va 3D geoaxborot modeli

Sug‘oriladigan yerlarni kartalashtirishning keyingi bosqichi 2D natijalarni relyef va irrigatsiya infratuzilmasi bilan uch o‘lchamli muhitda integratsiyalashdan iborat. 3D modelning maqsadi faqat vizual effekt yaratish emas, balki sug‘orish tarmoqlarining balandlik bo‘yicha joylashuvi, nishablik, suv oqimi yo‘nalishlari va qishloq xo‘jaligi konturlarining geomorfologik o‘zaro aloqasini tahlil qilishdir. ArcGIS Pro Local/Global Scene yoki QGIS 3D View muhitida DEM yuzasi ustiga klassifikatsiyalangan konturlar, kanallar va suv omborlari joylashtiriladi.



4-rasm. Ko‘p manbali geofazoviy ma’lumotlarni integratsiyalash va kartografik mahsulot yaratish modeli

3D geoaxborot modelida har bir sug‘oriladigan kontur obyekt sifatida qaralib, uning maydoni, o‘rtacha balandligi, nishabligi, asosiy kanalga masofasi, mavsumiy NDVI/NDWI dinamikasi va klassifikatsiya ishonchliligi atributlari saqlanadi. Shunday ma’lumot modeli kartani oddiy tasvir emas, balki tahliliy geoma’lumotlar tizimiga aylantiradi. Bu esa suv taqsimoti bilan bog‘liq hududiy nomutanosibliklarni ko‘rish,

monitoring uchun ustuvor zonalarni tanlash va yangi kosmik tasvir kelganda konturlarni yangilash jarayonini avtomatlashtirish imkonini beradi.

Aniqlikni baholash mezonlari

Klassifikatsiya ishonchliligi mustaqil validation namunasi va confusion matrix orqali baholanadi. Asosiy ko‘rsatkichlar sifatida Overall Accuracy, Producer’s Accuracy, User’s Accuracy va F1-score olinadi (Congalton, 1991; Olofsson et al., 2014). Haqiqiy sonli natijalar dala nazorati va yakuniy klassifikatsiya bajarilgandan so‘ng kiritilishi kerak.

Tadqiqot natijalarining muhokamasi

Taklif etilgan yondashuvning ilmiy-uslubiy ustunligi sug‘oriladigan yer tushunchasini faqat “yashil piksel” bilan tenglashtirmasdan, uni vegetatsiya, namlik, relef va irrigatsiya tarmog‘i bilan bog‘langan geofazoviy obyekt sifatida ko‘rishidadir. Sentinel-2 ning yuqori fazoviy va spektral imkoniyatlari kichik konturlarni ajratishda afzallik beradi, Landsat arxivi esa uzoq muddatli dinamikani baholash uchun foydalidir. DEM va kanal tarmog‘i esa spektral jihatdan o‘xshash sinflar orasidagi mantiqiy farqni kuchaytiradi.

Random Forest algoritmi turli o‘lchov birliklaridagi va nolinear bog‘lanishlarga ega prediktorlarni bir modelda birlashtirish uchun qulay. Shu bilan birga, natija training namunalarining sifatiga, tasvirlarning fenologik davriga va bulut-soya maskalarining to‘g‘ri shakllantirilishiga sezgir. Ayniqsa bog‘lar, daryo bo‘yi vegetatsiyasi va mavsumiy nam tuproqlar sug‘oriladigan maydonlar bilan aralashishi mumkin. Shu sababli vaqt qatori, irrigatsiya tarmog‘iga masofa va kadastr chegaralari bilan topologik tekshiruv modelning barqarorligini oshiradi.

4-jadval. An’anaviy va takomillashtirilgan kartalashtirish yondashuvlarining qiyosiy tavsifi

Mezon	An’anaviy yondashuv	Takomillashtirilgan yondashuv
Asosiy axborot	Bir davrli tasvir yoki dala hisobi	Ko‘p vaqtli MZ + DEM + irrigatsiya + kadastr
Belgilar	1–2 spektral indeks	Spektral + morfometrik + kontekstual belgilar
Klassifikatsiya	Qo‘lda/threshold	Random Forest va keyingi topologik filtrlash
Natija	2D statik karta	2D karta + atribut bazasi + 3D model
Yangilanish	Davriy qo‘lda	Yangi tasvirlar asosida yarim avtomatik monitoring
Aniqlik nazorati	Cheklangan	Mustaqil validation va confusion matrix

Manba: Muallif tomonidan uslubiy qiyoslash asosida tuzilgan.

Xulosa va takliflar

Toshkent viloyati sug‘oriladigan yerlarini kartalashtirish uchun Sentinel-2 va Landsat ma’lumotlarini DEM, irrigatsiya tarmog‘i va kadastr axboroti bilan integratsiyalashga asoslangan takomillashtirilgan metodologik yondashuv ishlab chiqildi. Yondashuvda NDVI, NDWI, SAVI va NDMI kabi indekslar birgalikda qo‘llanib, ularning natijalari Random Forest klassifikatsiyasi orqali umumlashtiriladi.

Kartografik natijani 2D konturlar bilan cheklamasdan, atributli geoma’lumotlar bazasi va 3D geoaxborot modeli shaklida tashkil etish taklif qilindi. Amaliy bosqichda dala va kadastr nazorati asosida haqiqiy aniqlik ko‘rsatkichlarini hisoblash, ko‘p vaqtli tasvirlardan fenologik belgilarni ajratish va kartalarni vegetatsiya mavsumi davomida muntazam yangilash maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar

Belgiu, M. and 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.

Breiman, L. (2001). Random forests. Machine Learning, 45, 5–32.

Congalton, R.G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment, 37(1), 35–46.

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.

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D. and Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment, 202, 18–27.

Huete, A.R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment, 25(3), 295–309.

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.

Olofsson, P., Foody, G.M., Herold, M., Stehman, S.V., Woodcock, C.E. and Wulder, M.A. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. Remote Sensing of Environment, 148, 42–57.

Tucker, C.J. (1979). Red and photographic infrared linear

combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment, 8(2), 127–150.

USGS (2024). Landsat 8–9 Collection 2 Level-2 Science Products. U.S. Geological Survey technical documentation.

European Space Agency (ESA) (2024). Sentinel-2 User Handbook and mission documentation. Copernicus Sentinel-2 mission.

O‘zbekiston milliy Atlas I-Tom Toshkent 2020-yil. Asosiy irrigatsiya kanallari va suv omborlari. (jadvallari) 230-bet.

UDK 528.94:631.6:504.06

SUG‘ORILADIGAN YERLARNING EKOLOGIK HOLATINI BAHOLASHNING UMUMIY METODOLOGIYASI VA KARTOGRAFIK TALQINI

Oymatov Rustam Kamariddinovich - *“TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti, DSc, dotsent.* **E-mail:** rustam.oymatov@gmail.com

Annotatsiya *Mazkur maqolada sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatini baholashning umumiy metodologiyasi, hududiy baholash birliklarini tanlash, mezon va ko‘rsatkichlarni asoslash, integral ko‘rsatkichlarni hisoblash hamda baholash natijalarini kartografik talqin qilish masalalari yoritilgan. Tadqiqotda baholash metodologiyasining yetti tayanch elementi va baholash ishlarini olib borishning o‘n ikki bosqichli algoritmi tizimlashtirildi. Balli baholash shkalasi, nol qiymatdan foydalanish, teng intervalli shkala va qo‘shish usuli asosidagi integral ko‘rsatkichlarni shakllantirishning afzalliklari ochib berildi. Shuningdek, ma’muriy-hududiy birliklar doirasida ma’lumotlarni yig‘ish, GAT texnologiyalari vositasida qayta ishlash hamda xarita-sxemalar, jadvallar va grafiklar orqali natijalarni ifodalashning ilmiy-amaliy ahamiyati asoslandi. Zarafshon vodiysi vohalaridagi sug‘oriladigan yerlarni o‘rganish tajribasi misolida ekologik holatni baholashning kartografik va geoma’lumotli yondashuvlari muhokama qilindi. Maqola natijalari sug‘oriladigan hududlarni monitoring qilish, rayonlashtirish va barqaror boshqarish bo‘yicha ilmiy-metodik asos vazifasini bajaradi.*

Kalit so‘zlar: *sug‘oriladigan yerlar, ekologik holat, baholash metodologiyasi, integral ko‘rsatkich, balli shkala, hududiy baholash birliklari, GAT, kartografik talqin, antropogen yuk, Zarafshon vodiysi.*

Abstract *This article presents the general methodology for assessing the ecological condition of irrigated lands, including the selection of territorial assessment units,*

justification of criteria and indicators, calculation of integral indices, and cartographic interpretation of the results. The study systematizes seven core elements of assessment methodology and a twelve-stage algorithm for conducting ecological assessment. The advantages of score-based scales, the use of zero values, equal-interval rating scales, and additive methods for integral estimation are substantiated. Particular attention is paid to data collection within administrative units, GIS-based processing, and the use of maps, tables, and graphs for presenting the results. Using the irrigated oases of the Zarafshan Valley as an example, the paper discusses cartographic and geoinformation approaches to ecological assessment. The proposed methodological framework can be used for monitoring, zoning, and sustainable management of irrigated territories.

Keywords: *irrigated lands, ecological condition, assessment methodology, integral index, score scale, territorial assessment units, GIS, cartographic interpretation, anthropogenic load, Zarafshan Valley.*

Kirish

Sug‘oriladigan yerlar qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishining asosiy fazoviy negizi hisoblanadi. Ularning ekologik holati oziq-ovqat xavfsizligi, suv resurslaridan foydalanish samaradorligi, agroekotizimlar barqarorligi hamda hududiy rivojlanish istiqbollari bilan chambarchas bog‘liq. Shu sababli sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatini ilmiy asosda baholash va xaritaga olish masalasi zamonaviy geoekologik tadqiqotlarning ustuvor yo‘nalishlaridan biriga aylangan.

Mazkur yo‘nalishda tadqiqot olib borishda faqat alohida ko‘rsatkichlarni yig‘ish yetarli emas. Aksincha, baholash obyekti, hududiy birliklar, mezonlar, ko‘rsatkichlar, integral baholash usuli, ma’lumotlar manbalari va natijalarni taqdim etish shakllari yagona metodologik tizimda ko‘rilishi lozim. Shuning uchun sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatini baholashning umumiy metodologiyasini ishlab chiqish va asoslash ilmiy-amaliy jihatdan muhim vazifa sanaladi.

Ushbu maqolaning maqsadi sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatini baholashning nazariy-uslubiy asoslarini tizimlashtirish, baholashning asosiy bosqichlarini aniqlash hamda natijalarni kartografik talqin qilishning ustuvor yondashuvlarini ko‘rsatib berishdan iborat.

Tadqiqot materiallari va metodlari

Tadqiqot nazariy-tahliliy xususiyatga ega bo‘lib, unda tizimli yondashuv, qiyosiy tahlil, umumlashtirish, kartografik talqin va geoaxborot integratsiyasi usullaridan foydalanildi. Asosiy material sifatida sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatini baholash metodologiyasiga oid ilmiy-nazariy qarashlar, hududiy baholash birliklari, mezon va ko‘rsatkichlar tizimi, balli shkalalar va integral ko‘rsatkichlarni

hisoblash bo‘yicha yondashuvlar olindi.

Tadqiqotda ma’muriy-hududiy birliklardan foydalanishning afzalliklari, baholash davrini tanlash, faktik materiallarni yig‘ish manbalari, ko‘rsatkichlarni qayta ishlash va GAT asosida xaritalash bosqichlari tahlil qilindi. Shuningdek, Zarafshon vodiysi vohalaridagi sug‘oriladigan yerlarni o‘rganishga doir ilmiy tajribalar metodologik jihatdan umumlashtirildi.

Natijalar va muhokama

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatini baholash metodologiyasini ishlab chiqishda kamida yettita tayanch elementga alohida e’tibor qaratish zarur. Bular: baholash ishining turi, baholash obyekti, hududiy baholash birliklari, tadqiqot tuzilmasi, mezon va ko‘rsatkichlar, integral ko‘rsatkichlarni hisoblash tizimi hamda natijalarni taqdim etish usullaridir. Mazkur elementlarning izchil asoslanishi tadqiqot natijalarining ishonchliligini oshiradi va boshqa hududlarga moslashtirish imkonini beradi.

1-jadval.

Sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatini baholash metodologiyasining tayanch elementlari

№	Element	Mazmuni
1	Baholash ishining turi	Baholashning nazariy, amaliy, komponentli yoki kompleks yo‘nalishini belgilaydi.
2	Baholash obyekti	Tadqiqot qamrab oladigan hudud, masalan, sug‘oriladigan voha, tuman yoki ma’muriy birlik.
3	Hududiy baholash birliklari	Ma’lumotlarni taqqoslash va umumlashtirish uchun operativ hududiy bo‘linmalarni tanlashni nazarda tutadi.
4	Tadqiqot tuzilmasi	Baholash bloklari, bosqichlari va ular o‘rtasidagi mantiqiy aloqani ifodalaydi.
5	Mezon va ko‘rsatkichlar	Tuproq, suv, sho‘rlanish, eroziya, meliorativ holat va antropogen yuk kabi parametrlarni o‘z ichiga oladi.
6	Integral ko‘rsatkichlar tizimi	Turli ko‘rsatkichlarni yagona shkalaga keltirib, yakuniy bahoni hisoblash usulidir.
7	Natijalarni taqdim etish	Xarita-sxema, jadval, diagramma va matnli tahlil orqali yakuniy baholarni ko‘rsatadi.

Ekologik tadqiqotlarda obyekt sifatida ko‘pincha ma’muriy-hududiy birliklardan foydalaniladi. Bunday yondashuv hudud chegaralarining aniq belgilanganligi, statistik va ma’lumotnoma materiallarining mavjudligi, ma’lumotlarni nazorat qilish qulayligi hamda boshqaruv qarorlarini hududiy darajada qabul

qilish imkoniyati bilan izohlanadi. Shu bilan birga, tadqiqot obyekti va tanlangan hududiy birliklar xususiyatiga qarab metodologiyani moslashtirish muhim ahamiyatga ega.

Baholash mezonlari va ko‘rsatkichlari ekologik holatning mazmunini ochib beruvchi eng muhim metodik bo‘g‘indir. Ular reprezentativ bo‘lishi, yetarli darajadagi batafsillikni ta’minlashi va barcha baholash birliklari bo‘yicha bir xil davr uchun mavjud bo‘lishi kerak. Sug‘oriladigan yerlar bo‘yicha bunday ko‘rsatkichlarga tuproq unumdorligi, sho‘rlanish darajasi, eroziya, meliorativ holat, sug‘orish rejimi, antropogen va texnogen ta’sirlar kiradi.

Integral baholashda turli ko‘rsatkichlarni umumiy birlikka keltirish zarur bo‘ladi. Amaliyotda natura ma’lumotlari, qiymat ko‘rsatkichlari, integral ko‘rsatkichlar va balli shkalalardan foydalaniladi. Nazariy jihatdan va amaliy qulaylik nuqtai nazaridan balli metodika eng maqbul usullardan biri hisoblanadi. U ko‘rsatkichlararo nomutanosiblikni kamaytiradi, xususiy ko‘rsatkichlarni 4–5 ballik shkalaga keltirish imkonini beradi va ahamiyat koeffitsientlari orqali vaznlashtirishga sharoit yaratadi.

Balli baholash tizimida qadamlar sonini tanlash, nol qiymatdan foydalanish, teng yoki teng bo‘lmagan intervalni belgilash hamda yakuniy matematik operatsiyani asoslash alohida metodik vazifadir. Murakkab ko‘p darajali baholashlarda nol qiymatdan foydalanish ayrim hodisalarning mutlaqo yo‘qligini ifodalashga xizmat qiladi va yakuniy ko‘rsatkichlarning sun’iy oshib ketishini oldini oladi. Integral ko‘rsatkichlarni hisoblashda esa qo‘shish usulidan foydalanish eng maqbul yechimlardan biri sifatida ko‘riladi.

Quyidagi ifoda integral ekologik bahoni hisoblashning umumiy ko‘rinishini ifodalaydi:

$$\mathbf{I = \Sigma\,(w_i \cdot b_i)}$$

bu yerda **I** – integral ekologik baho, $\mathbf{w_i}$ – ko‘rsatkich vazni, $\mathbf{b_i}$ – i-ko‘rsatkich bo‘yicha ball baho.

Baholash ishlarini olib borish algoritmi o‘n ikki asosiy bosqichdan iborat bo‘lib, u mavzuni tanlashdan boshlab natijalarni joriy etishgacha bo‘lgan jarayonni qamrab oladi. Mazkur bosqichlar bir tomondan ilmiy tadqiqotning ichki mantig‘ini, ikkinchi tomondan esa hududiy ekologik baholashning amaliy ketma-ketligini belgilab beradi.

2-jadval.

Sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatini baholashning asosiy bosqichlari

№	Bosqich	Qisqacha tavsif
1	Mavzuni tanlash	Dolzarblik, nazariy baza va ma’lumotlarning mavjudligi baholanadi.
2	Baholash hududini tanlash	Tadqiqot qamrovi va hududiy chegaralar asoslanadi.
3	Hududiy birliklarni tanlash	Operativ baholash uchun ma’muriy yoki boshqa birliklar belgilanadi.
4	Tuzilmani ishlab chiqish	Baholash bloklari va ularning mantiqiy ketma-ketligi aniqlanadi.
5	Mezonlarni tanlash	Ekologik holatni ifodalovchi ko‘rsatkichlar tizimi shakllantiriladi.
6	Hisoblash tizimini tanlash	Balli, natura yoki boshqa baholash yondashuvi belgilanadi.
7	Shkala xususiyatlarini ishlab chiqish	Qadamlar soni, nol qiymat va intervallar asoslanadi.
8	Baholash davrini tanlash	Tadqiqot uchun eng so‘nggi va mos davr ma’lumotlari olinadi.
9	Faktik materiallar yig‘ish	Statistik, kartografik, internet, arxiv va GAT manbalari jalb qilinadi.
10	Baholashni o‘tkazish	Ko‘rsatkichlar ballga o‘tkazilib, oraliq va yakuniy baholar hisoblanadi.
11	Natijalarni tahlil qilish	Fazoviy taqsimot, sabab va oqibatlar ilmiy talqin qilinadi.
12	Tavsiyalar ishlab chiqish	Monitoring, rejalashtirish va boshqaruv uchun amaliy takliflar beriladi.

Natijalarni taqdim etishning eng samarali shakli kartografik materiallar hisoblanadi. Xarita-sxemalar yordamida bir ko‘rsatkichning taqsimlanishi, yakuniy integral ko‘rsatkichning hududiy differensiyalanishi yoki bir nechta yakuniy ko‘rsatkichlarning o‘zaro nisbati namoyon etilishi mumkin. Diagrammalar, gistogrammalar va jadvallar xaritalarni to‘ldiruvchi vosita sifatida katta ahamiyatga ega bo‘lsa-da, fazoviy mazmunni to‘liq

yoritishda kartografik usul yetakchi o‘rin tutadi.

Faktik materiallarni yig‘ishda milliy statistika organlari, vazirlik va idoralar ma’lumotlari, ilmiy adabiyotlar, atlas va elektron xaritalar, internet manbalari, ochiq GAT loyihalari hamda arxiv materiallaridan foydalanish Zarafshon vodiysi vohalari misolida olib borilgan izlanishlar sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatini voha landshaftlari, meliorativ sharoitlar, antropogen yuk va sug‘orish rejimlari bilan birgalikda o‘rganish zarurligini ko‘rsatadi. Shu ma’noda, ekologik va meliorativ yondashuvlarni aralashtirib yubormasdan, ularning maqsadi, mezonlari, ko‘rsatkichlari va hududiy talqinini aniq farqlash muhimdir.

Umuman olganda, ekologik holatni baholash metodologiyasi nafaqat ilmiy tadqiqotlarni, balki monitoring, rejalashtirish, o‘quv jarayoni va axborot xizmatlarini ham qo‘llab-quvvatlaydi. Baholash jarayonida yaratilgan GAT loyihalari keyingi tadqiqotlar, ixtisoslashgan elektron xaritalar va foydalanuvchilarga mo‘ljallangan geoaxborot xizmatlari uchun mustahkam asos bo‘lib xizmat qiladi.

Xulosa

Sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatini baholashning umumiy metodologiyasi tadqiqot obyekti, hududiy birliklar, mezonlar, ko‘rsatkichlar, integral hisoblash tizimi va natijalarni kartografik ifodalash kabi o‘zaro bog‘liq maqsadga muvofiqdir. Ma’lumotlarni qayta ishlashning yakuniy maqsadi – hududiy baholash birliklari bo‘yicha birlamchi va ikkilamchi ko‘rsatkichlar jadvallarini yaratish, ularni geoma’lumotlar bazasiga joylashtirish va xaritalashga tayyor holatga keltirishdir.

elementlardan tashkil topgan yaxlit ilmiy tizimdir. Mazkur tizimni to‘g‘ri shakllantirish baholash natijalarining ishonchliligini, qiyoslanishini va amaliy ahamiyatini oshiradi.

Balli metodika, teng intervalli shkala, nol qiymat va qo‘shish usuli asosidagi integral ko‘rsatkichlar sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatini kompleks baholashda samarali vosita bo‘lib xizmat qiladi. Bunday yondashuv turli ko‘rsatkichlarni yagona baholash makoniga keltiradi hamda hududlarni ekologik holati bo‘yicha rayonlashtirish imkonini beradi.

GAT va kartografik talqin metodlari baholash natijalarini vizual ko‘rinishda ifodalash, monitoringni yo‘lga qo‘yish va boshqaruv qarorlarini ilmiy asoslash uchun alohida ahamiyatga ega. Shu sababli taklif etilgan metodologik yondashuv boshqa sug‘oriladigan hududlar uchun ham moslashtirilishi va amaliyotga joriy etilishi mumkin.

Adabiyotlar

1. Kochurov B.I. *Geografiya ekologicheskikh situatsiy (ekodiagnostika territorii)*. Moskva, 1997.

2. Isachenko A.G. *Metody prikladnykh landshaftnykh issledovaniy*. Leningrad: Nauka, 1980. 222 s.
3. Berlyant A.M. *Kartografiya*. Moskva: Aspekt Press, 2001.
4. Safarov E.Yu., Abdurakhimov X.A., Oymatov R.Q. *Geoinformatsion kartografiya*. Toshkent: Universitet, 2012.
5. Raxmatullaev A.R. *O‘rta va Quyi Zarafshon voha geosistemalarida ekologik vaziyatni optimallashtirishning geografik asoslari:* diss. ... g.f.d. Toshkent, 2016.
6. Oymatov R.K. Sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatini xaritaga olishda tizimli va kompleks yondashuv // *Geodeziya, kartografiya va geoinformatika*. 2025. №2. B. 140–147.
7. Oymatov R.K., Saksonov U.S., Mamatqulov R. Sug‘oriladigan qishloq xo‘jalik yerlarining agroekologik holatini baholash: Jizzax viloyati, Sharof Rashidov tumani misolida // *Geodeziya, kartografiya va geoinformatika*. 2025. №1. B. 183–188.
8. Oymatov R., Teshaev N., Makhsudov R., Safarov F. Analysis of soil salinity in irrigated agricultural land using remote sensing data: case study of Chinoz district in Uzbekistan // *E3S Web of Conferences*. 2023. Vol. 401. 02004.
9. Nagorniy V.A. *Oroshaemye zemli: ekologicheskoe sostoyanie i rezhimy orosheniya*. Moskva, 2004.
10. Safarov E.Yu. O‘zbekiston Respublikasi yerlarining ekologik-iqtisodiy bahosi xaritasi va uni tuzish tamoyillari // ilmiy-uslubiy materiallar. Toshkent, 2006.

UDK 528.94:631.6:504.06

SUG‘ORILADIGAN YERLARNING EKOLOGIK STATUSINI XARITAGA OLISHDA TIZIMLI VA KOMPLEKS YONDASHUV

Oymatov Rustam Kamariddinovich - *“TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti, DSc, dotsent*. **E-mail:** rustam.oymatov@gmail.com

Annotatsiya *Mazkur maqolada sug‘oriladigan yerlarning ekologik statusini baholash va xaritaga olishda tizimli hamda kompleks yondashuvning nazariy-uslubiy asoslari yoritilgan. Tadqiqotda ekologik holat, ekologik vaziyat, ekologik keskinlik, ekologik barqarorlik va antropogen yuk tushunchalarining o‘zaro bog‘liqligi tahlil qilinib, ularni integral ravishda ifodalovchi “ekologik status” tushunchasi ilmiy jihatdan asoslangan. Ekologik status sug‘oriladigan yerlarning tuproq, suv, biota, iqlim va inson faoliyati ta’siri ostidagi umumiy ekologik sifatini, tiklanish salohiyatini*

hamda ekotizim xizmatlarini saqlash imkoniyatini tavsiflovchi ko‘p komponentli kategoriya sifatida talqin etiladi. Maqolada kompleks yondashuvning tabiat-xo‘jalik tizimlarini yaxlit ko‘rishdagi ahamiyati, tizimli yondashuvning esa ekologik komponentlar, jarayonlar va ko‘rsatkichlarni o‘zaro bog‘liq holda modellashtirishdagi o‘rni ko‘rsatib berilgan. Shuningdek, ekologik statusni baholash va monitoring qilishda GAT, masofadan zondlash, geoma’lumotlar bazasi va ekologik-kartografik integratsiyaning amaliy imkoniyatlari asoslab berilgan. Tadqiqot natijalari sug‘oriladigan yerlarni ekologik baholash, rayonlashtirish, monitoring qilish va barqaror boshqarish uchun ilmiy-metodik asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: *sug‘oriladigan yerlar, ekologik status, ekologik holat, antropogen yuk, ekologik barqarorlik, kompleks yondashuv, tizimli yondashuv, GAT, masofadan zondlash, ekologik xaritalash.*

Аннотация *В статье раскрыты теоретико-методологические основы системного и комплексного подхода к оценке и картографированию экологического статуса орошаемых земель. Проанализирована взаимосвязь понятий экологическое состояние, экологическая ситуация, экологическая напряжённость, экологическая устойчивость и антропогенная нагрузка. Обосновано понятие экологического статуса как интегральной категории, отражающей общее экологическое качество орошаемых земель, их восстановительный потенциал и способность поддерживать экосистемные услуги. Показаны возможности использования ГИС,* дистанционного зондирования, геобаз данных и экологико-картографической интеграции для мониторинга и управления орошаемыми территориями.

Ключевые слова: орошаемые земли, экологический статус, антропогенная нагрузка, экологическая устойчивость, комплексный подход, системный подход, ГИС, дистанционное зондирование, экологическое картографирование.

Abstract *This article discusses the theoretical and methodological foundations of systemic and complex approaches to the assessment and mapping of the ecological status of irrigated lands. The interrelations among ecological condition, ecological situation, ecological tension, ecological stability, and anthropogenic load are analyzed, and the concept of ecological status is substantiated as an integral category. Ecological status is interpreted as a multi-component characteristic reflecting the overall ecological quality of irrigated lands, their recovery potential, and their capacity to maintain ecosystem services. The paper also highlights the role of GIS, remote*

sensing, geospatial databases, and ecological-cartographic integration in monitoring, zoning, and sustainable management of irrigated territories.

Keywords: *irrigated lands, ecological status, ecological stability, anthropogenic load, complex approach, systemic approach, GIS, remote sensing, ecological mapping*.

Kirish

Sug‘oriladigan yerlar qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishining tayanchi bo‘lib, oziq-ovqat xavfsizligi, hududiy rivojlanish va agroekotizimlarning barqaror ishlashida hal qiluvchi ahamiyatga ega. Biroq iqlim o‘zgarishi, suv tanqisligi, sho‘rlanish, agrotexnik bosim, kimyoviy yuklama va yerdan intensiv foydalanish sharoitida ularning ekologik sifatini kompleks baholash zarurati ortib bormoqda. Shu nuqtai nazardan sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatini faqat alohida ko‘rsatkichlar orqali emas, balki tabiiy va antropogen omillarni birlashtiruvchi integral ko‘rsatkichlar asosida tadqiq etish muhim ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi.

Mavjud ilmiy yondashuvlarda hududning ekologik holatini tavsiflash uchun ekologik vaziyat, ekologik keskinlik, ekologik barqarorlik, antropogen yuk va ekologik potensial kabi turli tushunchalar qo‘llanadi. Mazmunan yaqin bo‘lgan ushbu kategoriyalarni yagona tizimda uyg‘unlashtirish sug‘oriladigan yerlarni xaritaga olish va baholash metodologiyasini takomillashtirishga xizmat qiladi. Aynan shu ehtiyoj “ekologik status” tushunchasini integral baholash kategoriyasi sifatida asoslashni dolzarb etadi.

Tadqiqotning maqsadi va metodlari

Tadqiqotning maqsadi sug‘oriladigan yerlarning ekologik statusini xaritaga olishda tizimli va kompleks yondashuvning nazariy-uslubiy asoslarini ishlab chiqish hamda ekologik statusni integral ko‘rsatkich sifatida ilmiy jihatdan talqin qilishdan iborat. Tadqiqotda qiyosiy tahlil, tizimli yondashuv, tushunchaviy umumlashtirish, kartografik talqin va ekologik mezonlarni integratsiyalash usullaridan foydalanildi. Shuningdek, sug‘oriladigan yerlarni baholashda GAT va masofadan zondlash texnologiyalarining amaliy imkoniyatlari nazariy jihatdan tahlil qilindi.

Natijalar va muhokama

Tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, sug‘oriladigan yerlarning ekologik bahosini to‘liq ochib berish uchun ekologik holat, ekologik vaziyat, ekologik keskinlik, ekologik barqarorlik va antropogen yuk tushunchalarini alohida emas, balki o‘zaro bog‘liq tizim sifatida ko‘rib chiqish zarur. Ekologik holat tuproq, suv, biota va agrotizimlarning umumiy sifatini ifodalasa, ekologik vaziyat joriy muammolar va xavflarning namoyon bo‘lish darajasini tavsiflaydi. Ekologik keskinlik me’yoriy holatdan chetlanish va degradatsiya ko‘lamini, ekologik

barqarorlik esa tashqi ta’sirlarga qarshilik va tiklanish salohiyatini aks ettiradi. Antropogen yuk esa inson faoliyatining bevosita ekologik yuklamasini baholashga xizmat qiladi.

Mazkur kategoriyalarni integratsiyalash asosida “ekologik status” tushunchasini quyidagicha ta’riflash mumkin: u sug‘oriladigan yerlarning tuproq, suv, biota, iqlim va inson faoliyati ta’siri ostidagi umumiy ekologik sifatini, tiklanish salohiyatini hamda ekotizim xizmatlarini saqlash va taqdim etish imkoniyatini ifodalovchi ko‘p komponentli integral ko‘rsatkichdir. Ushbu yondashuv alohida ko‘rsatkichlar o‘rtasidagi mantiqiy bog‘liqlikni saqlagan holda yakuniy ekologik bahoni shakllantirish imkonini beradi.

1-jadval.

Ekologik status bilan bog‘liq asosiy tushunchalarning qisqacha tavsifi

Tushuncha	**Mazmuni**	**Ekologik bahodagi roli**
Ekologik holat	Tuproq, suv, biota va agrotizimlarning umumiy sifat holati.	Boshlang‘ich sifat ko‘rsatkichlarini belgilaydi.
Ekologik vaziyat	Hududda kuzatilayotgan muammo va xavflarning joriy ifodasi.	Muammo darajasini va amaliy xavfni ko‘rsatadi.
Ekologik keskinlik	Me’yoriy holatdan chetlanish hamda degradatsiya ko‘lami.	Ekologik xavf va buzilish darajasini baholaydi.
Ekologik barqarorlik	Tashqi ta’sirlarga qarshilik va tiklanish salohiyati.	Hududning chidamliligi va qayta tiklanishini aks ettiradi.
Antropogen yuk	Inson faoliyati natijasida yuzaga keladigan ekologik yuklama.	Ekologik o‘zgarishlarning bosh omillaridan birini ko‘rsatadi.
Ekologik status	Yuqoridagi barcha omillarni integratsiyalovchi yakuniy baho.	Kompleks va integral ekologik baholashni ta’minlaydi.

Kompleks yondashuv tamoyiliga ko‘ra, sug‘oriladigan yerlar tabiat, xo‘jalik va inson omillari o‘zaro ta’sir qiladigan tabiat-xo‘jalik majmuasi sifatida qaraladi. Bunday yondashuvda har bir komponent

alohida emas, balki boshqa komponentlar bilan aloqador holatda tahlil qilinadi. Shu bois ekologik xaritalarda tabiiy jarayonlar, meliorativ ko‘rsatkichlar, suv omillari, antropogen yuklama va ishlab chiqarish xususiyatlari o‘zaro muvofiqlashtirilgan holda aks ettirilishi lozim.

Tizimli yondashuv esa sug‘oriladigan yerlarning ekologik statusini baholashda ko‘p komponentlilik, ko‘p darajalilik, parametrlar harakatchanligi va dinamik o‘zgaruvchanlikni hisobga olishga imkon beradi. Mazkur yondashuv dastlabki axborotni tanlash, qayta ishlash, saqlash, vizuallashtirish va monitoring qilish bosqichlarini yagona texnologik zanjirga birlashtiradi. Natijada ekologik statusning fazoviy differensiyalanishini aniqlash, rayonlashtirish, komponentlar bo‘yicha xaritalash va sintetik baholash xaritalarini yaratish imkoniyati kengayadi.

Ekologik statusni amaliy baholashda quyidagi komponentlar ustuvor ahamiyatga ega: tuproq va uning meliorativ sifati, suv resurslari va ularning holati, biologik xilma-xillik, iqlim omillari, yerdan foydalanish intensivligi hamda antropogen yuklama. Ushbu indikatorlar asosida balli, shkalali yoki modellashtirilgan baholash tizimlarini ishlab chiqish, so‘ngra ularni GAT muhitida integratsiyalash maqsadga muvofiq hisoblanadi.

GAT va masofadan zondlash ma’lumotlari ekologik statusni baholashda muhim axborot manbai sifatida xizmat qiladi. Ular tuproq namligi, sho‘rlanish, o‘simlik qoplami holati, yer yuzasi harorati, suv ta’minoti, degradatsiya o‘choqlari va landshaftdagi vaqt bo‘yicha o‘zgarishlarni tezkor kuzatish imkonini beradi. Shuningdek, geoma’lumotlar bazasi, veb-xaritalar va onlayn platformalar ekologik-kartografik ma’lumotlarni integratsiyalash va qaror qabul qiluvchi subyektlarga yetkazishda yuqori samaradorlikni ta’minlaydi.

Kelgusida ekologik statusni baholashda tabiiy-iqlim sharoitlariga mos indikatorlar to‘plamini takomillashtirish, ekologik xizmatlar potensiali bilan bog‘liqligini tahlil qilish, antropogen yuklamalarning ta’sirini modellashtirish va ekostrategik klasterlash yondashuvlarini ishlab chiqish muhim ilmiy yo‘nalishlardan biri bo‘lib qoladi.

Xulosa

Sug‘oriladigan yerlarning ekologik statusini xaritaga olishda tizimli va kompleks yondashuv nazariy hamda amaliy jihatdan samarali metodologik asos bo‘lib xizmat qiladi. “Ekologik status” tushunchasi ekologik holat, vaziyat, keskinlik, barqarorlik va antropogen yuk kabi ko‘rsatkichlarni yagona integral bahoga birlashtirish imkonini beradi. Bu esa sug‘oriladigan yerlarning ekologik sifatini yanada aniqroq tavsiflash, monitoring qilish, rayonlashtirish va boshqaruv qarorlarini ilmiy asoslashga yordam beradi.

Shu bilan birga, ekologik statusni baholashda GAT, masofadan zondlash, geoma'lumotlar bazasi va ekologik-kartografik integratsiyadan foydalanish hududiy tahlil samaradorligini oshiradi. Natijada sug‘oriladigan yerlarni barqaror boshqarish, meliorativ chora-tadbirlarni rejalashtirish, agroekologik xavfsizlikni kuchaytirish va resurslardan oqilona foydalanish uchun ishonchli ilmiy asos yaratiladi.

Adabiyotlar

1. Oymatov R.K. Sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatini xaritaga olishda tizimli va kompleks yondashuv // Geodeziya, kartografiya va geoinformatika. 2025. № 2. B. 140–147.
2. Oymatov R.K. Iqlim o‘zgarishi sharoitida sug‘oriladigan qishloq xo‘jaligi yerlarining ekologik holatini xaritaga olishning nazariy va uslubiy asoslari // Tabiiy resurslardan samarali foydalanishda agroekotizimlar barqarorligining dolzarb muammolari. Buxoro davlat texnika universiteti, 2025. B. 128–131.
3. Oymatov R.K., Saksonov U.S., Mamatqulov R. Sug‘oriladigan qishloq xo‘jalik yerlarining agroekologik holatini baholash: Jizzax viloyati, Sharof Rashidov tumani misolida // Geodeziya, kartografiya va geoinformatika. 2025. № 1. B. 183–188.
4. Oymatov R., Teshaev N., Makhsudov R., Safarov F. Analysis of soil salinity in irrigated agricultural land using remote sensing data: case study of Chinoz district in Uzbekistan // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 401. 02004.
5. Isachenko A.G. Metody prikladnykh landshaftnykh issledovaniy. Leningrad: Nauka, 1980. 222 s.
6. Kochurov B.Ya. Geografiya ekologicheskikh situatsiy (ekodiagnostika territorii). Moskva, 1997.
7. Salishchev K.A. Kartovedenie. Moskva, 1982.
8. Berlyant A.M. Kartografiya: uchebnik dlya vuzov. Moskva, 2001.
9. Safarov E.Yu., Abdurakhimov X.A., Oymatov R.Q. Geoinformatsion kartografiya. Toshkent: Universitet, 2012.
10. Raxmatullaev A.R. O‘rta va Quyi Zarafshon voha geosistemalarida ekologik vaziyatni optimallashtirishning geografik asoslari: g.f.d. diss. Toshkent, 2016.
11. Izrael Yu.A. Ekologiya i kontrol sostoyaniya prirodnoy sredy. Moskva: Gidrometeoizdat, 1984.

UDK 528.2:519.65

Применение ряда Фурье при исследовании погрешностей геодезических измерений имеющих периодические систематические составляющие.

S.A.Tashpulatov – *TAQU professiri*
A.R.Valiyeva – *"TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti assistenti*
Н.Ж.Шавкатова– *TAQU assistenti*

Аннотация. *В статье рассматривается вопрос отделения периодической функции от случайной погрешности, представив результаты геодезических измерений в виде аддитивной функции.*

Ключевые слова: *диаметры лимба, полная погрешность, систематическая погрешность, случайная погрешности, аддитивная функция, эмпирическая дисперсия, доверительный интервал, полином, корреляционная функция, нулевая гипотеза.*

К таким погрешностям можно отнести ошибки диаметров лимба, коротко периодические ошибки деления лимба, результаты наблюдений колебаний телевизионных и радио мачт от температурных колебаний и т.д., которых можно представить в виде аддитивной функции

:

$$x(t)=y(t)+\xi(t)\,, \qquad (1)$$

где $x(t)$ - полная погрешность; $y(t)$ - систематическая погрешность; $\xi(t)$ - случайная погрешности; t - аргумент функции, т.е. отсчет по шкале.

Основной задачей является отыскание систематической погрешности. Зная функциональный вид $y(t)$ мы можем выявить случайные погрешности, случайная погрешность не имеет определенного закономерного изменения и поэтому её приходится определять косвенным путем по формуле

:

$$\xi(t) = x(t)-y(t)\,, \qquad (2)$$

Систематическую погрешность, имеющую периодический характер, можем представить в виде конечного ряда:

$$y_J(t_j) = \frac{A_0}{2} + \sum_{K=1}^{J} (A_K cos2Kt_j + \mathcal{B}_K sin2Kt_j), \qquad (3)$$

где A_0, A_K и $\mathcal{B}_K$ – коэффициенты Фурье; J – порядок (K=1,2,...,); $j = 1,2,...,T$;

$$t = \frac{\pi}{T}; \tag{4}$$

T – период аппроксимируемого процесса.

Задача сводится к выбору неизвестных параметров аппроксимации *x(t)* по методу аппроксимирующей функции *y(t)* наименьших квадратов, т.е. к условии минимального отклонения от полных погрешностей *x(t)* в заданном интервале.

$$f(A_K, B_K) = \int_0^{180} [x(t) - y(t)]^2 dt = \int_0^{180} \xi^2(t) dt = \min \tag{5}$$

Методом наименьших квадратов находим оценки параметров A_0, A_K и $\mathcal{B}_K$. Нормальные уравнения для их оценки A_0, A_K и $\mathcal{B}_K$ имеют вид [1].

$$\begin{vmatrix} N & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & N|2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & N|2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & N|2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_0 \\ A_{K_1} \\ B_{K_1} \\ \dots \\ B_{K_J} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \sum_{j=1}^{N} x(t_j) \\ \sum_{j=1}^{N} x(t_j)\, cos2K_1 t_j \\ \sum_{j=1}^{N} x(t_j)\, sin2K_1 t_j \\ \dots \\ \sum_{j=1}^{N} x(t_j)\, sin2K_J t_j \end{vmatrix}. \tag{6}$$

Решив нормальное уравнение (6), находим оценки параметров A_0, A_K и $\mathcal{B}_K$:

$$A_0 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{N} x(t_j); \tag{7}$$

$$A_K = \frac{2}{N} \sum_{j=1}^{N} x(t_j)\, cos2Kt_j; \tag{8}$$

$$\mathcal{B}_K = \frac{2}{N} \sum_{j=1}^{N} x(t_j)\, sin2Kt_j. \tag{9}$$

В результате получим полином

$$y(t_j) = \frac{A_0}{2} + \sum_{K=1}^{J} (A_K cos2Kt_j + \mathcal{B}_K sin2Kt_j). \quad (10)$$

После вычисления каждой пары коэффициентов выполняется контроль:

$$\sum_{j=1}^{N} [x(t_j) - y_0(t_j)]^2 = \sum_{j=1}^{N} \xi_J^2(t_j), \quad (11)$$

где также

$$\sum_{j=1}^{N} \xi_J^2(t_j) = \sum_{j=1}^{N} x^2(t_j) - NA_0^2 - \frac{N}{2} \sum_{K=1}^{N} (A_K^2 + B_K^2). \quad (12)$$

По формуле

$$m_J^2 = \frac{\sum_{j=1}^{N} [x(t_j) - y_0(t_j)]^2}{N - 2J - 1} = \frac{\sum_{j=1}^{N} \xi_J^2(t_j)}{N - 2J - 1} \quad (13)$$

определяем эмпирическую дисперсию, которая также равносильная. Формула оценки наименьших квадратов для дисперсии

$$S^2 = \frac{\sum_{j=1}^{N} x^2(t_j) - NA_0^2 - \frac{N}{2} \sum_{K=1}^{J} (A_K^2 + B_K^2)}{N - 2J - 1} \quad (14)$$

Если A_o=o, то можем написать

$$S^2 = \frac{\sum_{j=1}^{N} x^2(t_j) - \frac{N}{2} \sum_{K=1}^{J} (A_K^2 + B_K^2)}{N - 2J - 1} \quad (15)$$

Доверительный интервал для оценок коэффициентов A_K и B_K определяется неравенством из работ [2]

$$A_K - t_{\alpha,\nu} m \left(\frac{N}{2}\right)^{-\frac{1}{2}} < A_K < A_K + t_{\alpha,\nu} m \left(\frac{N}{2}\right)^{-\frac{1}{2}}; \quad (16)$$

$$B_K - t_{\alpha,\nu} m \left(\frac{N}{2}\right)^{-\frac{1}{2}} < B_K < B_K + t_{\alpha,\nu} m \left(\frac{N}{2}\right)^{-\frac{1}{2}}; \quad (17)$$

где $\boldsymbol{t_{\alpha,\nu}}$ находится по таблице закона распределения Стюдента [6] в зависимости от α - уровня значимости с $\boldsymbol{\nu = N - 2J - 1}$ степенями свободы.

Пользуясь неравенством

$$y_j(t_j) - t_{\propto,\nu} m_j \sqrt{\frac{2J+1}{N}} < y_j(t) < y_j\left(t_j\right) + t_{\propto,\nu} m_j \sqrt{\frac{2J+1}{N}}, \qquad (18)$$

определяем доверительный интервал для полинома, полученного в результате аппроксимации $x(t_j)$.

Таким образом, аппроксимация $x(t)$ с помощью ряда Фурье даёт возможность не только получить С помощью преобразования Фурье систематическую погрешность представим в виде конечного числа гармонии. Что касается аппроксимации полных погрешностей, то ее можно продолжить при условии (5).

В работе [3] указывается, что при вычислении коэффициентов периодического ряда можно не задаваться заранее числом членов в нем, а подсчитывать их постепенно, находя после вычисления каждой пары коэффициентов $A_к$ и $B_к$ величину $\sum[\xi_j(t)]^2$. Когда меньшие величины станет пренебрегаемо малым, следует прекратить дальнейшее вычисление коэффициентов, так как учет их не приведет к уточнению систематических погрешностей, даваемых периодическим рядом.

Стремление к тому, чтобы многочлен давал полное совпадение с экспериментальными точками, не оправдано, ибо результаты измерениям сопровождаются функциональный вид систематических погрешностей $y(t)$, но и построить доверительные интервалы коэффициентов A_K и B_K и самих полиномов.

погрешностями. Погрешности допускаются также как определении параметров полинома.

Полное совпадение можно считать даже нежелательным, ибо аппроксимирующий полином будет повторять все погрешности наблюдений [4].

Ставится задача найти полином некоторого определенного порядка, который имел бы ограниченное число членов, но достаточно близко подходил к измеренным значениям. Для этой цели воспользуемся определением основных гармоник, которые порождают основную часть дисперсии процесса. Ограничимся несколькими гармониками, а остальные отбросим. В этом случае y(t) будет представлена с точностью, зависящей от числа отброшенных членов тригонометрического полинома.

Тригонометрический полином (10) удобно представить в амплитудно-фазовом виде

$$y(t) = \frac{R_0}{2} + \sum_{k=1}^{j} R_k cos(2Kt + \varphi_k) \qquad (19)$$

где

$$R_k = \sqrt{A_k^2 + B_k^2}; \qquad (20)$$

$$\varphi_k = arctg\left(-\frac{B_k}{A_k}\right) \qquad (21)$$

$$A_k = R_k cos\varphi_k \qquad (22)$$

$$B_k = -R_k sin\varphi_k \qquad (23)$$

R_k- называется амплитудой и φ_k – фазой К-й гармоники относительно произвольного начала отсчета.

Когда полином записывается в виде (19), то знаки перед коэффициентами R_k определяются в зависимости от знака $A_к$ и $B_к$, исходя из таблицы 1.

Таблица 1.

$A_к$	$B_к$	$R_к$
-	+	-
-	-	-
+	-	+
+	+	+

При k=0 $B_0 = 0$, а $A_0 = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} x(t_j)$, если А, будет равно нулю, то $R_0 = 0$, тогда

$$\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} x^2(t_j) \approx \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{j} R_k^2 \qquad (24)$$

Левая часть (24) является статистической дисперсией σ_x^2 при $M[x(t)] = 0$, т.е.

$$\sigma_x^2 = \sigma_R^2 = \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{j} R_k^2 \qquad (25)$$

Формулу (25) можно получить применением корреляционной функции [5].

Представим, что полная погрешность $x(t)$ состоит из сумм некоррелированных функций $y(t)$ – систематической погрешности нестационарная эргодическая) и $\xi(t)$ – случайной погрешности, корреляция которой равна нулю, т.е.

На основе (19) формулу (1) можем написать в виде

$$x(t) = \frac{R_0}{2} + \sum_{k=1}^{j} R_k^2 \cos(2kt + \varphi_k) + \xi(t). \qquad (26)$$

Если корреляционная функция

$$К_x(\tau) = К_y(\tau) \qquad (27)$$

где $\tau = \tau_{j+1} - \tau_j$, найдем

$$К_x(\tau) = К_y(\tau) = \frac{R_0}{2} + \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{j} R_k^2 \cos 2k\tau \qquad (28)$$

Так как при $\tau = 0$ $K_x(\tau) = D_x = \sigma_x^2$, то формулу (28) можем написать в виде

$$\sigma_x^2 = \sigma_R^2 = \frac{R_0}{2} + \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{j} R_k^2 \qquad (29)$$

Если $R_0 = D$, то

$$\sigma_R^2 = \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{j} R_k^2 \qquad (30)$$

Выполним проверку нулевой гипотезы $\sigma_x^2 = \sigma_R^2$, где σ_R^2 – дисперсия, вычисленная на основе амплитуды процесса (30).

Предположим, что наблюдения $x(t_j)$ независимы и нормально распределены, тогда статистика $\sigma_к^2$ распределена как

$$\sigma^2 \chi^2{}_{(N-1)}/N - 1,$$

где $\chi^2{}_{(N-1)}$- случайная величина, распределенная по закону χ – квадрат $f_{(N-1)}$ степенями свободы, а $f\,\sigma_x^2/\sigma^2$ – как x(f). Это используем для построения доверительного интервала σ^2. Определим квантили $\chi_{p_1}^2(f)$ и $\chi_{p_2}^2(f)$, для которых

$$P\{\chi_{p_1}^2(f) < \chi^2(f) < \chi_{p_2}^2(f)\} = P_2 - P_1 \qquad (31)$$

P_1 и P_2 – вероятности такие что $0<P_1< P_2<1$. Представляя в (31) $x^2(f)$ вместо $f\,\sigma_x^2/\sigma^2$ и решая стоящее внутри фигурных скобок неравенство относительно σ^2, имеем

$$P\left\{\frac{\sigma_x^2}{\chi_{p_1}^2(f)} < \sigma^2 < \frac{\sigma_x^2}{\chi_{p_1}^2(f)}\right\} = P_2 - P_1 \qquad (32)$$

Так как σ_x^2 известно, то этим обстоятельством воспользуемся для проверки гипотезы H: $\sigma_x^2 = \sigma_R^2$ против альтернативы $\sigma_x^2 \neq \sigma_R^2$

Нулевая гипотеза будет принята, если выполнить неравенство

$$\frac{\sigma_R^2 \chi_{\alpha/2}^2(f)}{f} < \sigma_x^2 < \frac{\sigma_R^2 \chi_{1-\alpha/2}^2(f)}{f} \qquad (33)$$

Если нулевая гипотеза будет принята, то по формуле

$$\frac{R_k^2}{\sum_{k=1}^{j} R_k^2} \cdot 100 = V_k\% \qquad (34)$$

Определим вклад каждой гармоники в дисперсию σ_R^2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ташпулатов С.А. Применение теории случайнқх функций при исследовании полнқх погрешностей диаметров горизонтального круга теодолита. – Т., Ёш куч пресс матбуоти,2019,125б.
2. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. М., Мир, 1976.
3. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики, М., Наука, 1965.

UDK 911.3:614.215(045)

SANATORIYA-KURORT FAOLIYATNI TADQIQ QILISHNING IJTIMOIY-IQTISODIY GEOGRAFIK JIHATLARI

Jumayev Xayrulla Xayitovich - *Qarshi davlat universiteti dotsenti.*

Annotatsiya: *Ushbu maqolada sanatoriya-kurort faoliyatini tadqiq qilishning ijtimoiy-iqtisodiy va geografik jihatlari yoritilgan. Sanatoriy-kurort muassasalarining hududiy joylashuvi, tabiiy va iqtisodiy geografik omillardan foydalanish xususiyatlari, aholi salomatligi va mehnat resurslariga ta'siri, shuningdek, hududiy iqtisodiy rivojlanishdagi o'rni tahlil qilingan. Shu bilan birga maqolada sanatoriy-kurort tizimida olib borgan olimlarni ilmiy ishlari tahlili, sanatoriya-kurort xizmatlari tipologiyasi, turizm, xizmat ko'rsatish sohasi va mahalliy iqtisodiyot bilan o'zaro bog'liqligi hamda uni barqaror rivojlantirish omillari ko'rib chiqilgan. Tadqiqot natijalari sanatoriy-kurort faoliyatini hududiy tashkil etish va samaradorligini oshirishning ilmiy-amaliy asoslarini belgilashga xizmat qiladi.*

Kalit so'zlar: *sanatoriya, kurort, terapevtik, iqlimiy terapiya, balneologiya, peloiterapiya, shifobaxsh balchiqlar, klasterli yondashuv, termik buloqlar.*

Аннотация: *В данной статье рассматриваются социально-экономические и географические аспекты изучения санаторно-курортной деятельности. Анализируются территориальное расположение санаторно-курортных учреждений, особенности использования природно-экономических географических факторов, их влияние на здоровье населения и трудовые ресурсы, а также их роль в региональном экономическом развитии. Одновременно анализируется научная работа*

ученых, работающих в санаторно-курортной системе, типология санаторно-курортных услуг, их взаимосвязь с туризмом, сектором услуг и местной экономикой, а также факторы ее устойчивого развития. Результаты исследования служат для определения научно-практических основ территориальной организации и повышения эффективности санаторно-курортной деятельности.

Ключевые слова: *санаторий, курорт, лечебный, климатотерапия, бальнеология, пелотерапия, лечебные грязи, кластерный подход, термальные источники.*

Abstract: *This article examines the socioeconomic and geographic aspects of health resort research. It examines the territorial distribution of health resort facilities, the specific use of natural and economic geographic factors, their impact on public health and labor force, and their role in regional economic development. It also analyzes the research work of researchers working in the health resort system, the typology of health resort services, their relationship with tourism, the service sector, and the local economy, as well as factors contributing to its sustainable development. The research findings serve to define the scientific and practical foundations for territorial organization and improving the effectiveness of health resort activities.*

Keywords: *Sanatorium, resort, medical, climatotherapy, balneology, pelotherapy, therapeutic mud, cluster approach, thermal springs.*

Kirish. Sanatoriya va kurort xizmatlari tabiiy resurslardan (mineral suvlar, shifobaxsh balchiq va iqlim sharoiti) va tibbiy texnologiyalardan foydalanishga asoslangan terapevtik, profilaktika va sog‘lomlashtirish choralari majmuasidir. Ularning asosiy konsepsiyasi reabilitatsiya, kasalliklarning oldini olish va odamlar hayot sifatini yaxshilashga qaratilgan.

Sanatoriya va kurort maskanlarining ijtimoiy-iqtisodiy va geografik jihatlari ularning mintaqaviy iqtisodiyotdagi rolini, sog‘liqni saqlash va sog‘lomlashtirish resurslaridan foydalanishni hamda ularning aholi salomatligi va mehnat faoliyatiga ta’sirini baholashni o‘z ichiga oladi. Asosiy tadqiqotlar asosan sanatoriya va kurort majmualarining hududiy joylashuvi, infratuzilmasi, iqtisodiy samaradorlik va reabilitatsiyaning ijtimoiy ahamiyatini qamrab oladi.

Tadqiqotning asosiy jihatlari sanatoriya va kurort maskanlarining geografik joylashuvi va resurslar bazasi hisoblanadi: tabiiy shifobaxsh omillar (dengiz sohili iqlimi, o‘rmonlar, mineral suvlar, shifobaxsh balchiq va boshqalar) mavjudligiga qarab sanatoriya-kurort maskanlarining joylashuvini tahlil qilish, davolanuvchilarni

reabilitatsiya qilish, kasallanish darajasini pasaytirish, ishga qaytishni tezlashtirish (1,5-2,5 baravar tezroq), mintaqaviy iqtisodiy barqarorlikka, ish o‘rinlarini yaratishga va tegishli sohalarni rivojlantirishga qo‘shgan hissasi, muassasa turlari (sanatoriyalar, kurortlar, pansionatlar, klinikalar va boshqalar) va taklif qilinadigan xizmatlar (ovqatlanish, davolanish, turar joy) tahlil qilishdan iborat.

Bu tashkilotlar dam oluvchilarga xizmat ko‘rsatishning umumiy jihatlariga ega, ammo ularning faoliyati sezilarli darajada farq qiladi; ular turli boshqaruv tuzilmalari ostida ishlaydi va alohida statistik yozuvlarni yuritadi. Shuning uchun, sanatoriya-kurort majmuasi ma’lum bir hududlarda joylashgan va ushbu hududlarning tabiiy sog‘lomlashtirish resurslaridan o‘ziga xos ixtisoslashuvini saqlab qolgan holda foydalanadigan, kurort va dam olish xizmatlariga ixtisoslashgan turli tashkilotlarning fanlararo birlashmasi sifatida aniqlash mumkin.

Muhokama. Sanatoriya va kurort faoliyatida tabiiy omillardan foydalanib, organizmning hayotiy funksiyalarini rag‘batlantirish kurort sanoatida biologik jihatdan asosli sog‘liqni saqlash va terapevtik chora hisoblanadi. Dam oluvchilarning dam olish va sog‘lomlashtirish muhiti sharoitlariga bo‘lgan munosabatini kuzatish ushbu omillar ta’sirida o‘ziga xos bo‘lmagan komponent mavjudligini ko‘rsatadi, bu esa bir xil kurortda turli kasalliklarga - yurak-qon tomir, bronxopulmoner, asab va boshqa kasalliklarga chalingan bemorlarda ijobiy terapevtik ta’sirlar kuzatilishini tushuntirishi mumkin. Bu tabiiy omillarning inson tanasiga ta’sir qilishining umumiy mexanizmlari mavjudligini tan olish uchun asos yaratadi [15,7].

Hududlarda sanatoriya-kurort sohalarini geografik jihatidan tadqiq etishda quyidagi uchta asosiy omilga e’tibor qaratish va tahlil qilinishi lozim:

1. Tabiiy-geografik omillar (bu sanatoriya va kurortlarning asosiy poydevori). Sanatoriya-kurortlarning qayerda joylashishi (geogafik o‘rni) va ixtisoslashuvi bevosita tabiiy resurslarga bog‘liq:

Iqlimiy sharoitlar (iqlimiy terapiya): tog‘, tog‘oldi va cho‘l zonalari havosining tozaligi, quyosh radiatsiyasi darajasi (masalan, Karib dengizi havzasi, O‘rta Yer dengizi qirg‘oqlari Kosta-Brava, Kosta-Dourada, Kosta-del-Sol (Ispaniya), Gavayi (Vaykiki-Bich), Florida (Mayami-Bich) (AQSH), Hind okeani, Janubiy-Sharqiy Osiyo, Chimyon, Zomin, Shohimardon (O‘zbekiston) zonalari va boshqa.).

Mineral va termal suvlar (balneologiya): termal va shifobaxsh mineral buloqlarning geografik tarqalishi (masalan, Barjomi (Gruziya), Arzni (Armaniston), Kislovodsk, Jeleznovodsk, Pyatigorsk, Yessentuka (Rossiya), Obigarm (Tojikiston) dagi termal va mineral bo‘loqlari, Chortoq,

Omonxona, Xo‘jai Pok, Chinobod va boshqa.).

Shifobaxsh balqichlar (peloiterapiya): ko‘l va botqoqliklardan olinadigan organik balchiq zahiralari (masalan, Korlovi Vari, Marianske Lazni (Chexiya), Baden-Baden, Visbaden, Vishi (Germaniya), Abono Terme (Italiya) O‘lik dengizi (Isroil va Iordaniya), Balton ko‘li (Vengeriya), Naftalan (Ozarbayjon), Xo‘jai Pok va boshqa.).

O‘zbekistonning tog‘li, shifobaxsh balchiq qatlamlari bor hamda shifobaxsh suvlar qatoriga kiritilgan va sanitariya-sog‘lomlashtirish ahamiyatiga molik suv (termal suv) obyektlari mavjud bo‘lgan hududlarda sanatoriy-kurort zonalarini tashkil qilishga alohida e’tibor qaratilmoqda [1].

2. Iqtisodiy-geografik omillar (mehmonxonalar, transport, aeroportlar ovqatlanish obyektlari):

Infratuzilmaviy ta’minlanganlik: kurortlarning transport tarmoqlariga (yo‘llar, temir yo‘l, aeroportlar) yaqinligi, moliyaviy va raqamli infratuzilma (internet, bankomatlar).

Iqtisodiy samaradorlik va investitsiya: sanatoriya-kurortlarning mahalliy budjetga tushumlari, xususiy sektor va xorijiy investitsiyalarni jalb qilish salohiyati.

Klasterli yondashuv: sanatoriya va kurort xizmatlarining tibbiyot, turizm, sanoat, qishloq xo‘jaligi (ekologik toza oziq-ovqat yetkazib berish) va xizmat ko‘rsatish sohalari bilan integratsiyalash (kurort-turizm klasterlari va boshqa).

3. Ijtimoiy-demografik omillar:

Aholi salomatligi va mehnat resurslari: ishchi kuchining sog‘lig‘ini tiklash orqali jamiyatda mehnat unumdorligini oshirish.

Bandlik muammosini hal etish: sanatoriya va kurortlar joylashgan chekka tog‘li yoki qishloq hududlarida mahalliy aholini (ayniqsa xotin-qizlarni) ish bilan ta’minlash.

Ijtimoiy talabning geografik tuzilishi: qaysi hududlardan (shahar, qishloq, viloyat yoki chet davlatlardan) keluvchilar oqimi yuqoriligini aniqlash va demografik ehtiyojlarni (bolalar, keksalar, kasb kasalliklariga chalinganlar) o‘rganish.

Sanatoriya-kurort xizmatlari - bu dam oluvchilarning sanatoriya-kurort davolanishi va kurort dam olishiga bo‘lgan ehtiyojlarini qondirish maqsadida kurort hududlarida joylashgan turar joy muassasalari tomonidan ko‘rsatiladigan xizmatlar [8].

Sanatoriya-kurort faoliyati - bu tabiiy shifobaxsh resurslardan foydalanishga asoslangan kasalliklarning oldini olish, bemorlarni davolash va reabilitatsiya qilishni tashkil etish va amalga oshirish bo‘yicha barcha turdagi ilmiy va amaliy faoliyatlar majmui, ularning xususiyatlari va ta’sir mexanizmini o‘rganish, kurortlarni tashkil etish, qurish, boshqarish, kurortda fuqarolarga

davolash va madaniy-maishiy xizmatlar koʻrsatish, tabiiy shifobaxsh resurslardan foydalanish va ularni himoya qilish hamda kurortlarni sanitariya jihatdan himoya qilish boʻyicha chora-tadbirlar majmui [8]. Sanatoriya-kurort faoliyati - bu inson salomatligini tiklash, turli kasalliklarni profilaktika qilish va dam olishni tashkil etish bilan bogʻliq iqtisodiy, ijtimoiy va geografik jarayondir.

Sanatoriy (sanare, lotincha - sogʻaytirmoq, yaxshilamoq) - maxsus tashkil etilgan rejimda tabiiy terapevtik jismoniy omillarni sun'iy omillar bilan birgalikda qoʻllash, terapevtik jismoniy tarbiya, terapevtik ovqatlanish va boshqa usullardan foydalangan holda davolash, oldini olish va tibbiy reabilitatsiya qilish uchun moʻljallangan tibbiy-profilaktika muassasasi [8]. **Sanatoriya** - bu dam olishni davolash va sogʻlomlashtirish bilan birlashtirgan tibbiy va profilaktika muassasasi. Mehmonxonalardan farqli oʻlaroq, sanatoriyalar tabiiy omillardan (shifobaxsh balchiq, mineral suvlar, iqlim), fizioterapiya, parhez va surunkali kasalliklarni davolash, reabilitatsiya va profilaktika uchun tibbiy nazorat ostida, koʻpincha dori-darmonlardan foydalanmasdan foydalanadilar.

Kurort (nemischa: kurovt, kig - davolash va ort - joy soʻzlaridan) - bu tibbiy va profilaktika maqsadlarida ishlatiladigan tabiiy shifobaxsh resurslarga ega rivojlangan hudud [7]. Kurort - bu davolash, tibbiy reabilitatsiya, kasalliklarning oldini olish va dam olish uchun moʻljallangan tabiiy shifobaxsh resurslarga (iqlim, mineral suvlar, shifobaxsh balchiq va boshqalar) ega boʻlgan maxsus rivojlangan hudud boʻlib, u quyidagi infratuzilmani oʻz ichiga oladi: sanatoriyalar, kasalxonalar, mehmonxonalar va bogʻlar.

Tadqiqotchi R.SH.Zinnatovaning fikriga koʻra, sanatoriya-kurort xizmati ijtimoiy ahamiyatga ega foyda keltiradi, chunki u profilaktika, davolash, diagnostika va tiklovchi-реабилитация тадбирларини кўрсатувчи комплекс хизматлардир [10].

Bizning fikrimizcha, davolash-sogʻlomlashtirish tushunchasi ikki komponentni - davolash va tiklanishni oʻz ichiga olgan tushuncha boʻlib, uning turli shakllarini, jumladan, tibbiy, kurort-sanatoriya va sogʻlomlashtirish turizmini ham belgilaydi. Sanatoriya-kurort turizmi bu ikkala komponentni ham oʻz ichiga oladi. Turizmning bu turi balneologiya - tabiiy shifobaxsh omillar, ularning inson organizmiga ta'siri va ulardan davolash va profilaktika maqsadlarida foydalanish usullari haqidagi fanga asoslangan.

Tadqiqotchi A.A.SHerbakovaning fikricha, davolash-sogʻlomlashtirish tushunchasi ikki komponentni - davolash va tiklanishni oʻz ichiga olgan tushuncha boʻlib, uning turli shakllarini, jumladan, tibbiy, sanatoriya-kurort va sogʻlomlashtirish turizmini belgilaydi [14]. Sanatoriya-kurort turizmi bu ikkala komponentni ham

o‘z ichiga oladi. Turizmning bu turi kurortologiyaga - tabiiy davolavchi omillar, ularning organizmga ta’siri va ulardan davolash va profilaktika maqsadlarida foydalanish usullari haqidagi fanga asoslangan.

Sanatoriya va kurort xizmatlarining turi va geografik xususiyatlariga qarab bir-biridan farq qiladi (1-jadval).

1-jadval.

Sanatoriya-kurortlarning tipologiyasi

Turi	**Xususiyati**
Iqlimiy kurort	dengiz, tog‘,o‘rmon, cho‘l iqlimi
Balneologik kurort	mineral suvlar asosida
Shifobaxsh kurort	shifobaxsh balchiqlar
Aralash tur	bir nechta tabiiy omillar (dengiz, mineral va termik bo‘loqlar, shifobaxsh balchiqlar va boshqa.)

Jadval ilmiy ma’lumotlar asosiyda muallif tomonidan tuzilgan.

Bir qator olimlar sanatoriya-kurort majmuasini sanatoriya-kurort, shuningdek, dam olish va hordiq chiqarish xizmatlarini ko‘rsatishga ixtisoslashgan turli tashkilotlarning tarmoqlararo shakllanishi sifatida tushunishni taklif qilmoqdalar [9]. Ushbu tashkiliy tuzilmalar turli hududiy chegaralar va muayyan kurort hududlari doirasida birlashtirilgan. Ushbu tashkilotlar, shuningdek, o‘zlarining mustaqil funksiyalarini bajarish bilan birga, dam olish, davolash va sog‘liqni saqlash sohasidagi muhim masalalarni hal qilish hamda ta’sischilarining tijorat maqsadlariga erishishini ta’minlash bilan bir qatorda, bir-biri bilan chambarchas bog‘liq holda faoliyat yuritadilar [10,12,4]. Mualliflar kurort majmuasini keng ko‘lamli kurort va dam olish xizmatlarini ko‘rsatishga ixtisoslashgan tashkilotlarning fanlararo birlashmasi sifatida ta’riflashni taklif qilmoqdalar. Ushbu tashkilotlar turli kurort hududlarida faoliyat yuritib, o‘zlarining maxsus ixtisoslashuvlarini saqlab qolgan holda tabiiy sog‘lomlashtirish resurslaridan foydalanib, o‘z faoliyatini amalga oshiradilar [9].

Boshqa bir qator olimlar kurort majmuasini kengroq ma’noda ko‘rib chiqishni taklif qilishadi va kurort majmuasi nafaqat uning tarkibidagi korxonalar (sanatoriylar, pansionatlar, kurortlar), balki kurort majmuasining ishlashi uchun muhim bo‘lgan infratuzilma korxonalari majmuasi (masalan, transport, suv va energiya ta’minoti va boshqa korxonalar) tomonidan ham shakllantirilishini ta’kidlashadi [5, 2, 6].

Bundan tashqari, ba’zi ilmiy ishlarda sanatoriya-kurort majmuasi ma’lum xizmat ko‘rsatish faoliyati uchun fazoviy tashkilot shakli sifatida talqin qilinadi. Ushbu

faoliyatning asosi insonning davolash va sog‘lomlashtirish xizmatlariga bo‘lgan ehtiyojlaridir. Mualliflarning fikriga ko‘ra, bularning barchasi kurort majmuasi elementlari to‘plamini aniqlash va bu elementlar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni o‘rganish uchun fanlararo yondashuvni qo‘llash muhimligini ta’kidlaydi [2].

Bir qator ilmiy ishlar shuni ko‘rsatadiki, sanatoriya-kurort majmuasi tibbiy reabilitatsiya va profilaktika yordamining eng samarali elementi sifatida qaralishi kerak, shu bilan birga majmuani rivojlantirish millat salomatligini ta’minlashga resurslarni investitsiyalashning ijtimoiy-iqtisodiy nuqtai nazaridan zarurdir [11]. Asosan, sanatoriya-kurort maskani - bu ma’lum bir mintaqa yoki joylashuvga aloqadorligidan qat’i nazar, iste’molchilar uchun diqqatga sazovor joylar, infratuzilma va bir qator tegishli xizmatlarni o‘z ichiga olgan dam olish maskani mahsuloti hisoblanadi [13]. Dam olish maskanini geografik o‘rni, uni qanday iqlim mintaqasi va re’lef shaklida (tog‘, cho‘l, dengiz bo‘yi va boshqalar) joylashganligi uning diqqatga sazavorligini ham belgilab beradi, albatta infratuzilma rivojlangan bo‘lishi ham kerak.

Бугунги кунда санаторияларда даволаниш ва соғломлаштириш муолажаларини таъминлаш учун зарур шароитлар бўлиши керак, бу ерда дам олувчилар бальнеологик, иқлим ва шифобахш балчиқлар билан даволаш хизматларидан, шунингдек, қулай яшаш шароитларидан ҳам фойдаланадилар.

Соғломлаштириш туризми бирламчи (саёҳат учун даволаниш асосий туртки бўлганда) ёки иккиламчи (соғломлаштириш билан боғлиқ тадбирлар кенгроқ саёҳат йўналишининг бир қисми бўлганда) бўлиши мумкин [16].

Agasiyev M.G. o‘zi tadqiqot ishida sanatoriya-kurort majmuasi tibbiy, sog‘lomlashtirish, kosmetologiya, rekreatsiya va spa-xizmatlariga ixtisoslashgan turli tashkilotlarning hamkorligi, shuningdek, iqlim sharoitlaridan foydalanish bilan bog‘liq xizmatlar turli tashkilotlar o‘rtasidagi hamkorlik asosida, integratsiyalashgan tuzilma sifatida o‘z ta’rifini bergan [3]. Sanatoriya va kurort majmuasi turli xil hamkor tashkilotlarisiz faoliyat yuritishi qiyindir.

Fikrimizcha sanatoriy-kurort xizmatlari - bu shunchaki dam olish yoki sayyohat emas, balki inson organizmini tabiiy omillar (iqlim, mineral suvlar, termik buloqlar, shifobaxsh balchiqlar va boshqa hamkor tashkilotlar) yordamida qayta tiklash, kasalliklarning oldini olish va sog‘liqni mustahkamlashga qaratilgan majmuaviy tibbiy-profilaktika tizimidir.

Xulosa. Sanatoriy-kurort faoliyatini ijtimoiy-iqtisodiy geografik nuqtai nazardan tadqiq etish hududlarning tabiiy-rekreatsion salohiyatini baholash, aholiga sifatli sog‘lomlashtirish va dam olish xizmatlarini tashkil etish

hamda hududiy iqtisodiy rivojlanish jarayonlarini chuqur anglashda muhim ahamiyat kasb etadi. Sanatoriy-kurort muassasalarining shakllanishi va hududiy joylashuvi tabiiy resurslar, iqlimiy sharoit, mineral suvlar va shifobaxsh balchiqlar, transport infratuzilmasi, mehnat resurslari, aholi joylashuvi hamda iqtisodiy omillar bilan bevosita bog‘liq.

Sanatoriy-kurort tizimi nafaqat aholi salomatligini tiklash va profilaktik davolashga, balki hududlarning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishiga ham sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Ushbu sohaning rivojlanishi yangi ish o‘rinlarini yaratish, xizmat ko‘rsatish tarmoqlarini kengaytirish, mahalliy budjet daromadlarini oshirish, turizm va rekreatsiya sohalarini rivojlantirishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, sanatoriy-kurort muassasalarining faoliyati transport, savdo, umumiy ovqatlanish, madaniy-maishiy xizmatlar kabi turdosh tarmoqlarning rivojlanishiga ham ijobiy ta’sir ko‘rsatadi.

Umuman, sanatoriy-kurort faoliyatini kompleks ijtimoiy-iqtisodiy geografik jihatdan tadqiq etish hududlarning tabiiy va iqtisodiy imkoniyatlaridan oqilona foydalanish, aholi farovonligini oshirish va sanatoriy va kurort tizimini barqaror rivojlantirishning ilmiy asoslarini shakllantirish imkonini beradi. Shu sababli kelgusida sanatoriy-kurort hududlarini geografik jihatdan baholash, ularning raqobatbardoshligini oshirish va mavjud resurslardan samarali foydalanish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlarni kengaytirish muhim ahamiyatga ega.

Adabiyotlar:

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024 yil 23-sentabrdagi” O‘zbekiston Respublikasida tibbiy va va sog‘lomlashtirish turizmini yanada rivojlantirish bo‘yichva qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida“ PQ-335-son Qarori.

2. Асланов Д.И. Развитие теоретико-методологических основ трансформации санаторно-курортного комплекса региона: дис. ... доктора экономических наук: 08.00.05 / Ур. гос. эконом. ун-т. - Екатеринбург, 2013. - 311 с.

3. Агасиев М.Г. Повышение эффективности использования социально-экономического потенциала санаторно-курортного комплекса (на примере Ставропольского края). Диссер.на соиск. учен. степени к.э.н. Москва – 2024.с.40.

4. Бородин А.И. Состав и структура организационно-экономического механизма стратегического развития предприятия // Известия Томского политехнического университете. - 2003. -Т.306. - №4. - С.124-126.

5. Боков М.А., Ветитнев А.М., Попков В.П. Менеджмент в санаторнокурортных организациях: учебное пособие в 3ч.; под ред. М.А. Бокова. - СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2011.

6. Быкова О.Н. Формирование стратегии инновационного развития санаторно-курортного и туристского комплекса (на примере города Сочи): диссертация ... доктора экономических наук: / Российский государственный институт интеллектуальной собственности. - Москва, 2009. - 359 с.

7. Ветитнев, А.М. Курортное дело: учебное пособие / А.М. Ветитнев, Л.Б. Журавлева. – М.: КНОРУС, 2006. – 528 с.

8. Ветитнев А.М., Войнова Я.А. Организация санаторно-курортной деятельности: учебное пособие /. - М.: Федеральное агентство по туризму, 2014. - 7 с.

9. Ветитнев А.М. Организация санаторно-курортной деятельности: учебное пособие /А.М. Ветитнев, Я.А. Войнова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Федеральное агентство по туризму, 2017. - 292 с.

10. Зиннатова Р.Ш. Организационно-экономические условия развития санаторно-курортного комплекса региона. Автореферат диссер. на соискание ученой степени к.э.н. Москва-2009.с.11.

11. Коржачкина Н.Б. Современное состояние и пути дальнейшего развития санаторно-курортного лечения в Российской Федерации // Кремлевская медицина. Клинический вестник. - 2012. - № 4. – С. 63-69.

12. Лебедева Л.С. Формирование маркетинга взаимоотношений с потребителями санаторно-курортных услуг : автореферат дис. ... кандидата экономических наук/ Юж. федер. ун-т. - Ростов-на-Дону, 2008. – 30 с.

13. Сердюков С.Д. Информационное обеспечение и продвижение туристской дестинации в условиях цифровой трансформации монография / С.Д. Сердюков, Г.М. Романова, Н.К. Сердюкова; под ред. Г.М. Романовой. - Москва: Первое экономическое издательство, 2022. - 172 с. Кирьянова Л.Г. «Туристская дестинация» как комплексный концепт и ключевой элемент туристской системы //

Вестник КемГУ. - 2012. - №4(52). - Т.1. - С. 131-136.

14. Щербакова А.А. Индустрия лечебно-оздоровительного туризма и направления ее модернизации [Текст] / А.А.Щербакова, В.С.Орлова // Проблемы развития территории. 2014. №2 (70). - с.37-48.

15. Экологическая физиология человека и восстановительная медицина / В.А.Матюхин, А.Н. Разумов; под ред. И.Н. Денисова; Рос. науч. центр восстанов. медицины и курортологии. М-ва здравоохранения РФ [и др.]. – Москва: ГЭОТАР МЕДИЦИНА, 1999. – 335 с.

16. Dutt, B. (2022). Wellness tourism sector in India: A critical perspective. In N. Chowdhary, S. Billa, & P. Tiwari (Eds.), Indian Tourism (pp. 57–68). Emerald Publishing Limited. doi.org/10.1108/978-1-80262937-820221004.

UDK 911.3:502.131.1(575.172):528.9

SOCIO-GEOGRAPHICAL ASPECTS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN KARAKALPAKSTAN AND METHODS FOR THEIR MAPPING

Reymov Polat Rasbergenovich
Matjanova Shinar Kadirbaevna
Kannazarov Zafar Urazbaevich

Abstract. *The Republic of Karakalpakstan, an autonomous republic in the north-west of Uzbekistan, is one of the regions where the goals of sustainable development face the most acute challenges, owing primarily to the desiccation of the Aral Sea. This article examines the socio-geographic aspects of sustainable development in Karakalpakstan and substantiates ways of improving the methods for mapping its sustainable-development indicators. On the basis of statistical and cartographic analysis, a three-subsystem system of indicators (economic, social, and environmental) is proposed, and a methodological workflow for computing and visualizing an integral sustainable-development index (ISDI) by territorial units is developed. The spatial differentiation of development is illustrated by a schematic choropleth map. The study shows that modern geoinformation methods - multivariate, dynamic, and web-based mapping combined with remote sensing - substantially improve the monitoring of sustainable development and the identification of critical districts.*

Keywords: *sustainable development, Karakalpakstan, Aral Sea, socio-economic geography, sustainable-development indicators, thematic mapping,*

choropleth, integral index, GIS, geovisualization.

Introduction

Sustainable development is understood as development that meets the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet their own needs, on the basis of a balance among the economic, social, and environmental subsystems. With the adoption of the 2030 Agenda for Sustainable Development and its 17 Sustainable Development Goals (SDGs), this concept has become the central framework of national and regional policy [1]. An important feature of sustainable development is its pronounced spatial dimension: the level of development is distributed unevenly within a country, which makes geographic analysis and cartographic representation indispensable tools for its assessment and monitoring.

The localization of the SDGs at the sub-national level has become a distinct direction of contemporary research, in which socio-economic geography and cartography play a key role: they translate abstract goals into territorially explicit assessments and reveal where progress lags behind. A region's path toward sustainability cannot be understood without an analysis of its natural conditions, resource base, settlement pattern, and economic structure - that is, without a socio-geographic foundation - and without tools that represent these factors spatially.

The Republic of Karakalpakstan is one of the most illustrative regions in this respect. The desiccation of the Aral Sea - once the world's fourth-largest lake, which has lost about 90% of its area and given rise to the Aralkum desert - has turned the region into a zone of ecological catastrophe with far-reaching socio-economic consequences: salinization of land and water, frequent salt-and-dust storms, deterioration of drinking-water quality and public health, a high poverty level, and out-migration [2; 3]. Under these conditions, the question of achieving sustainable development acquires both theoretical and acute practical significance.

At the same time, sustainable-development indicators are multidimensional and strongly differentiated in space, so that their effective monitoring requires not only the computation of numerical values but also their adequate cartographic visualization. Traditional maps are frequently limited to a single static indicator and do not reveal the integral picture of development or its spatial structure. For this reason, improving the methods of mapping sustainable-development indicators is a relevant scientific task. The aim of this article is to examine the socio-geographic aspects of sustainable development in Karakalpakstan and to substantiate ways of improving the cartographic representation of its sustainable-development indicators. The following tasks were set: to characterize the socio-geographic

conditions of the region; to propose a system of sustainable-development indicators; to develop a methodology for mapping an integral index; and to illustrate the spatial differentiation of development.

Socio-geographic profile of the study area

The Republic of Karakalpakstan occupies the north-western part of Uzbekistan and covers about 166.6 thousand km2, which is more than one third of the country's territory; administratively it comprises sixteen districts and the city of Nukus, the capital, with a total population of around 1.9 million people of more than sixty nationalities [5]. The main features of the region's profile are summarized in Table 1.

Table 1.

General socio-geographic profile of the Republic of Karakalpakstan

Indicator	Value / characteristic
Status	Autonomous republic within the Republic of Uzbekistan
Capital	Nukus (about 330 thousand inhabitants)
Area	≈166.6 thousand km2 (over one third of Uzbekistan)
Administrative division	16 districts and the city of Nukus
Population	≈1.9 million; more than 60 ethnic groups
Dominant relief / landscapes	Ustyurt plateau, Kyzylkum desert, Amu Darya delta, Aralkum
Principal challenge	Desiccation of the Aral Sea (loss of ≈90% of its area)
Reported poverty level (Aral zone)	≈44%

In physical-geographic terms, the territory combines the Ustyurt plateau in the west, the Kyzylkum sands in the south-east, the delta of the Amu Darya - the only major river of the region - and, in the north, the remnant of the Aral Sea together with the expanding Aralkum desert formed on the dried sea bed.

The Aral Sea crisis is the decisive factor shaping sustainable development in the region. The drying of the sea has produced a vast source of toxic salt-and-dust that is carried over agricultural land and settlements, has degraded arable soils through salinization, and has worsened the health of the population; the poverty rate in the

affected communities has been reported at around 44% [12]. The regional economy, historically based on irrigated agriculture (cotton and rice), has been severely constrained by water scarcity and is now being diversified. In recent years, large-scale mitigation and green-development efforts have been undertaken: under the UNDP "Green Aral Sea" initiative, saxaul has been planted on the dried sea bed (about 80 thousand seedlings on 80 hectares in 2025), while the 2025 Samarkand Climate Forum and regional cooperation have strengthened the focus on a green transition and the SDGs [4].

The internal geography of the republic is highly contrasting and is itself a socio-geographic factor of sustainable development. Desert districts such as Taxtako'pir and Moynaq each extend over twenty to forty thousand square kilometres yet contain only thirty to forty thousand inhabitants, giving population densities below two persons per square kilometre, whereas compact oasis districts such as Xojeli concentrate more than one hundred and twenty thousand people on a few hundred square kilometres. This extreme unevenness in the distribution of population and economic activity, which is concentrated in the southern delta oases, means that any cartographic assessment must account for the fact that equal-area maps tend to overstate the weight of sparsely inhabited desert territory.

Materials and methods

The study is based on official statistical data of the State Committee on Statistics and the Statistics Department of the Republic of Karakalpakstan, on remote-sensing materials, and on the scholarly literature. Methodologically, the work combines the composite-indicator approach with thematic cartography. The construction of the integral index follows the generally accepted stages for composite indicators [10]: selection of indicators, normalization, weighting, aggregation, and classification; the cartographic stage relies on the principles of thematic cartography and geovisualization [7; 8]. The proposed workflow is shown in Figure 1.

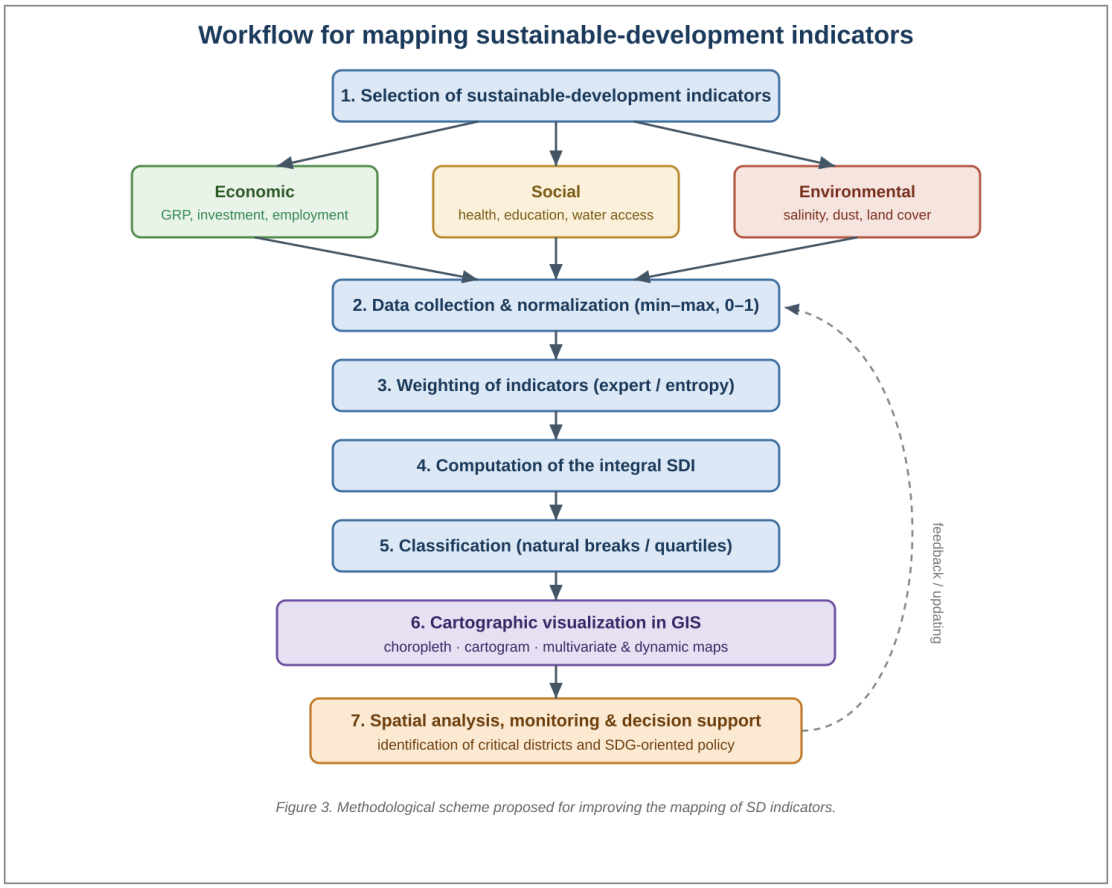


Figure 1. Methodological workflow for mapping sustainable-development indicators.

Individual indicators measured in different units are first brought to a comparable dimensionless scale by min-max normalization. For indicators with a positive effect on development the normalized value is computed as

$$I = (x - x_min) / (x_max - x_min),$$

and for indicators with a negative effect (for example soil salinity or dust-storm frequency) the formula is reversed. The integral sustainable-development index (ISDI) is then obtained as a weighted sum of the normalized indicators, $ISDI = \Sigma\, w_j \cdot I_j$, where the weights w_j are determined by an expert procedure (for instance, the analytic hierarchy process) or by the entropy method [9]. The resulting values are grouped into classes by natural breaks or quartiles and assigned to territorial units, after which they are visualized in a geoinformation system.

Results and discussion

A system of sustainable-development indicators

In accordance with the three pillars of sustainable development, a system of indicators grouped into economic, social, and environmental subsystems is proposed for Karakalpakstan; for each subsystem an appropriate cartographic form of representation is indicated (Table 2). The environmental subsystem is given

particular weight, since it is precisely the ecological factor - the Aral crisis - that is decisive for the region.

Table 2.

System of sustainable-development indicators and their cartographic representation

Subsystem	Example indicators	Mapping form
Economic	gross regional product per capita; investment per capita; employment rate; share of industry	graduated choropleth; cartodiagram
Social	life expectancy; access to safe drinking water; school enrolment; physicians per 10,000	choropleth; dot map
Environmental	soil salinity; dust-storm frequency; vegetation cover (NDVI); distance from the Aralkum	isoline / choropleth from remote sensing

Spatial differentiation and thematic mapping

Aggregating the subsystems into an integral index makes it possible to reveal the spatial structure of sustainable development across the republic. To demonstrate the method, the territory is generalized into four zones, for which conditional index values are presented in Table 3 and visualized as a choropleth map in Figure 2. It must be emphasized that these values are illustrative and serve only to demonstrate the cartographic method; they are not measured data

.

Table 3.

Conditional integral sustainable-development index by territorial zone (illustrative)

Zone	Leading districts	Conditional ISDI	Class
Aral (northern)	Muynak, Kungrad, Bozatau	0.31	Low (critical)

Zone	Leading districts	Conditional ISDI	Class
Ustyurt (western)	western Kungrad	0.42	Below average
Central / delta	Nukus, Chimbay, Kegeyli, Karauzyak	0.52	Average
Southern agro	Turtkul, Beruni, Ellikkala, Amu Darya	0.63	Above average

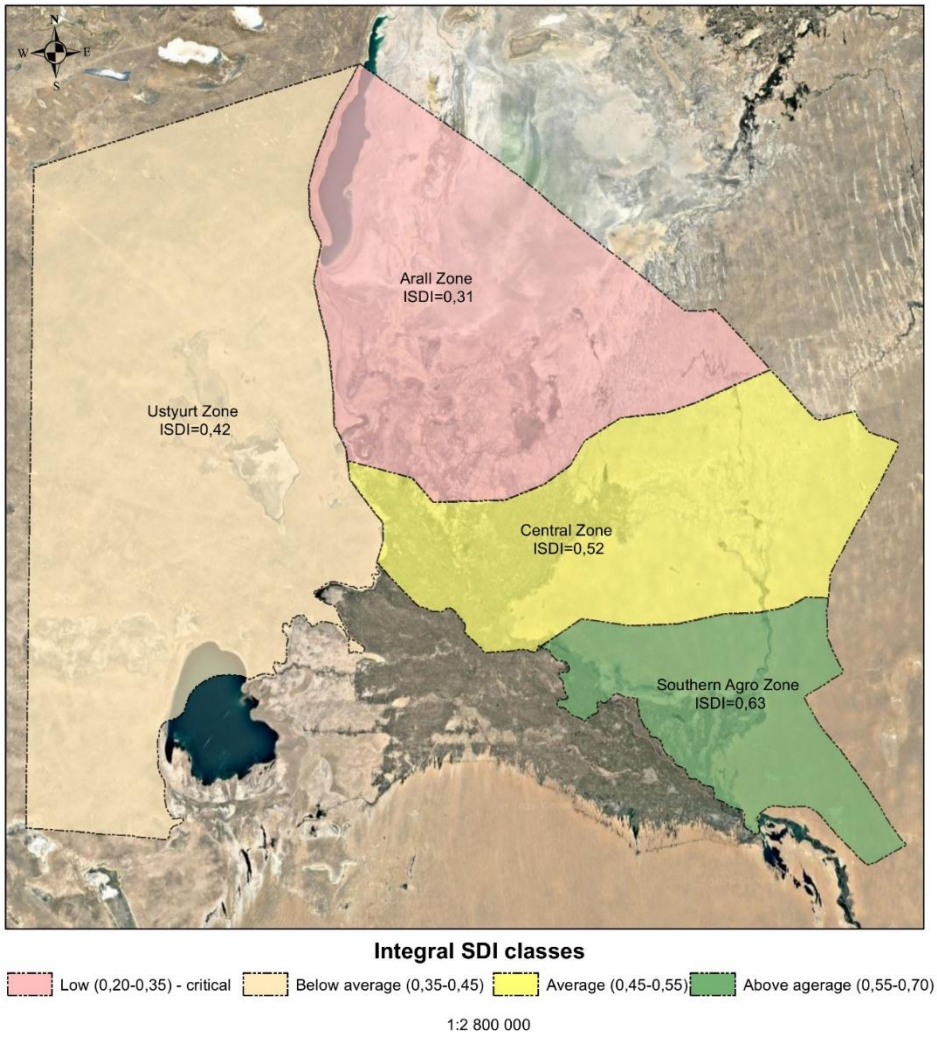


Figure 2. Schematic choropleth map of the integral sustainable-development index by zones.

The cartographic pattern reveals a clear north-south gradient. The northern, Aral-adjacent zone (Moynaq and the lower delta) forms a critical area with the lowest index, where ecological degradation, water scarcity, and out-migration coincide. The central, delta zone around Nukus occupies an intermediate position, while the southern agricultural zone along the Amu Darya, with comparatively better water supply and economic activity, shows the highest values. Such a map immediately communicates the location of the most vulnerable districts - information that a table of figures alone cannot convey as effectively - and thereby supports spatially targeted policy.

Directions for improving the cartographic methods

Improving the mapping of sustainable-development indicators in Karakalpakstan can proceed along several complementary lines. First, the transition from isolated static maps to multilayer geoinformation systems allows economic, social, and environmental layers to be stored, updated, and analyzed jointly. Second, multivariate cartographic techniques - bivariate choropleth maps and cartodiagrams - make it possible to display several indicators simultaneously and to reveal their interrelations, for instance the link between salinity and poverty. Third, dynamic and web-based mapping, including interactive dashboards and time-series animations of the shrinking Aral Sea and of vegetation indices, transforms the map from a static product into a monitoring instrument.

Fourth, the integration of remote sensing (Landsat and Sentinel imagery) provides regularly updated, objective layers - vegetation cover (NDVI), soil salinity, and dust-source areas - that are difficult to obtain by ground statistics alone and are especially valuable in a sparsely populated desert region. Fifth, area cartograms (anamorphic maps) weighted by population help to avoid the visual overstatement of large but sparsely inhabited desert districts. Finally, linking the integral index and its maps directly to the SDG indicator framework turns the cartographic product into a decision-support tool for monitoring progress toward the goals at the regional level.

Beyond these technical lines, the effectiveness of mapping depends on institutional and human-capacity factors: the availability of open, district-level statistical and environmental data, the standardization of indicators across agencies, and the training of specialists in GIS and geovisualization. The creation of a shared regional spatial-data infrastructure would allow indicators to be updated regularly and maps to be reproduced consistently over time, which is essential for genuine monitoring rather than a one-off assessment.

Limitations. The proposed integral index is inevitably sensitive to the choice of indicators, the method of normalization, and the

weighting scheme, and district-level data on environmental variables in Karakalpakstan remain incomplete. The conditional values used here for illustration should therefore be replaced by verified statistical and remote-sensing data in applied work.

Nonetheless, the methodological scheme itself is transferable and can be refined as the regional data infrastructure improves.

Conclusion

The Republic of Karakalpakstan is a region where sustainable development faces exceptionally acute challenges centered on the Aral Sea crisis, and where development is strongly differentiated in space: the northern, Aral-adjacent districts form a critical zone, whereas the southern, river-fed districts are comparatively better off. A system of indicators grouped into economic, social, and environmental subsystems, aggregated into an integral sustainable-development index and classified by territorial units, provides an adequate basis for assessing this differentiation. The decisive condition for the practical usefulness of such an assessment is the quality of its cartographic representation: the shift toward GIS-based, multivariate, dynamic, and remote-sensing-integrated mapping substantially improves the monitoring of sustainable development and the identification of the most vulnerable districts. It is therefore recommended that a unified geoinformation monitoring system - in effect, a regularly updated sustainable-development atlas of Karakalpakstan - be developed and linked to the SDG framework to support evidence-based regional policy.

References

1. United Nations. *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York: UN, 2015.

2. Micklin P. The Aral Sea Disaster // *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*. 2007. Vol. 35. P. 47-72.

3. Micklin P., Aladin N.V., Plotnikov I. (eds.) *The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great Lake*. Berlin: Springer, 2014.

4. UNDP. *Green Aral Sea Initiative* [Electronic resource]. Tashkent: UNDP Uzbekistan, 2025. URL: https://www.undp.org/uzbekistan/green-aral-sea (accessed: 8 June 2026).

5. Statistics Department of the Republic of Karakalpakstan [Electronic resource]. URL: https://qrstat.uz (accessed: 8 June 2026).

6. On the “Uzbekistan - 2030” Strategy: Decree of the President of the Republic of Uzbekistan, 11 September 2023 // Lex.uz - National Database of Legislation of the Republic of Uzbekistan.

7. Slocum T.A., McMaster R.B., Kessler F.C., Howard H.H. *Thematic Cartography and Geovisualization*. 3rd ed. Upper Saddle River: Pearson, 2009.

8. Robinson A.H., Morrison J.L., Muehrcke P.C., et al. *Elements of Cartography*. 6th ed. New York: Wiley, 1995.

9. Saaty T.L. *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill, 1980.

10. OECD, JRC. *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*. Paris: OECD Publishing, 2008.

11. Esty D.C., Levy M.A., et al. *Environmental Performance Index*. New Haven: Yale Center for Environmental Law & Policy, 2008.

12. United Nations Human Security Unit. *Building Resilience of Communities Affected by the Aral Sea Disaster*. New York: UN, 2018.

Reimov Polat Rasbergenovich - *Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Natural Resources, Berdak Karakalpak State University, Doctor of Geographical Sciences (DSc), Nukus city, tel: +998909024773*

Matjanova Shinar Kadirbaevna - *Berdak Karakalpak State University, basic doctoral student, Nukus city, tel: +998905911508.,* matjanova.shinar@gmail.com

Kannazarov Zafar Urazbaevich - *Berdak Karakalpak State University, doctoral student-trainee, Nukus city, tel: +998905959888.,* zafarannazarov2@gmail.com

UDK 528.9:502.1:551.583:631.6

IQLIM O‘ZGARISHI SHAROITIDA SUG‘ORILADIGAN YERLARNING EKOLOGIK HOLATINI TADQIQ QILISH VA KARTAGA OLISH: USULLAR, YONDASHUVLAR VA MATERIALLAR

Oymatov R.K., Safarov E.YU., Prenov SH.M. (“TIQXMMI” MTU, O‘zMU)

Annotatsiya. *Maqolada mualliflarning Zeravshan vodiysi sug‘oriladigan yerlarining ekologik holatini global iqlim o‘zgarishi sharoitida o‘zgarishini aniqlash bo‘yicha uzoq muddatli tadqiqotlari, dala va laboratoriya tahlillari natijalari keltirilgan. Mualliflar tomonidan sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatini aniqlash va ularning omillarini o‘rnatish, kartaga olish va geografik axborot tizimlaridan foydalanish haqida fikr-mulohazalari berilgan.*

Kalit so'zlar. *Sug'oriladigan yyerlar, ekologiya, iqlim o'zgarishi,*

tuproq sho'rlanishi, xaritaga olish, geografik axborot tizimlari.

Kirish. Global iqlim oʻzgarishi sugʻoriladigan yerlarning sifat va miqdor koʻrsatkichlariga sezilarli darajada ta'sir koʻrsatmoqda, ularning hududiy xususiyatlari va ekologik holatini tahlil qilish zaruratini talab etmoqda. Bunda sugʻoriladigan yerlarning ekologik holatini oʻrganishning ilmiy va metodologik asoslarini kartalarda tasvirlash muhim ahamiyatga ega. Ekologik holatni aniqlashda asosiy ekologik koʻrsatkichlar tizimini asoslash, atrof-muhitni muhofaza qilish va unga ta'sirni baholashda ham aktualdir. Ta'kidlash joizki, zamonaviy texnologiyalar asosida ekologik kartalar yaratish metodologiyasi va texnologiyasini takomillashtirishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlarni oʻtkazish ekologik indikatorlarni ancha keng miqyosda aniqlashga imkon beradi.

Maqola mavzusi boʻyicha koʻplab ilmiy tashkilotlar va tadqiqotchilar ish olib borganlar. Xususan, Xitoy Fanlar akademiyasi (Xitoy), Kaliforniya (AQSH), Yangi Janubiy Uels (Avstraliya), Bonn (Germaniya), Moskva davlat atrof-muhit muhandisligi (Rossiya), "TIQXMMI" Milliy tadqiqot va Oʻzbekiston Milliy universitetlari, "Oʻzdaverloyiha" davlat ilmiy-loyihalash instituti (Oʻzbekiston) va boshqalar.

Mavzu boʻyicha xorij olimlarlari Richard A. Houghton, Monica G. Turner, Allan Brimicombe, Michael Goodchild, Volker Radeloff, Jane Elith, Gilberto Câmara, Sue Oreszczyn, Rossiya va boshqa davlatlar olimlari — N.F.Glazovskaya, L.F.Yanvaryova, V.I.Sturman, B.I.Kochurov, A.Raxmatullaev, S.Avezbaev, R.Kurvantoev, R.A.Turaev, A.A.Rafikov, A.N.Nigmatov, V.A.Rafikov, E.YU.Safarov, P.R.Ryeymov, R.Q.Oymatov, SH.M.Prenov ishlarini keltirish mumkin. Tadqiqotchilar fikri boʻyicha, Oʻzbekiston tuproqlari boshqa xorijiy xududlar tuproqlariga qaraganda keng imkoniyatlarga ega boʻlib, oʻzining alohidagi xususiyatlari va ekologik holatiga egaligi bilan ajralib turishi ta'kidlangan.

Tadqiqot materiallari va metodlari

Nazariy jihatdan tuproqlarning ekologik funktsiyalari va yerlardan foydalanish bilan bogʻliq asosiy salbiy ekologik jarayonlari olimlar tomonidan asoslangan. Tuproqlar murakkab ekologik tizimning ajralmas qismi ekanligi va yaxlit asosiy kichik tizim sifatida faoliyat yuritishi aniqlangan. Makolada sugʻoriladigan yerlarning ekologik holatini baholashning umumiy metodologiyasi boʻyicha tadqiqotlar asosida tuproqlarning ekologik holatini baholash metodologiyasini ishlab chiqishning asosiy bosqichlari, sugʻoriladigan yerlarning ekologik holatini baholash usuli, Oʻzbekistonda va xorijda yerlarning ekologik holatini kartaga olish tajribasi, shuningdek, kartografik manbalarni toʻplash va ularni ma'lum bosqichlar boʻyicha taqsimlash tamoyillariga asoslangan ekologik holat baholash metodologiyasi va koʻrsatkichlari taklif qilingan.

Zarafshon vodiysining hozirgi tuproqlari tuzilishi boʻyicha xilma-xilligi bilan ajralib turadi. Masalan, Samarqand viloyatining oddiy kulrang tuproqlari Buxoro viloyatining och kulrang va Nevoiy viloyatining qumli tuproqlari bilan almashinib turadi. Zarafshon daryosi vodiyi boʻylab ham tuproqlar turlarining oʻzgarishlari kuzatiladi, masalan, Samarqand viloyatidagi oʻtloqi kulrang tuproqlar Buxoro viloyatidagi oʻtloqi qumli tuproqlargacha oʻzgaradi. Tuproqlar gumus gorizontining qalinligi boʻyicha ham farq qiladi, Samarqand viloyatining chekkasida (30-35 sm, 0,92-0,97%), Buxoro viloyatida esa (20-26 sm, 0,8-1,7%) kamayib boradi.

Zarafshon vodiysining yer usti suvlarining ifloslanishi tadqiqot doirasida suvlarning ifloslanish indekslari (SII) boʻyicha aniqlandi. Ravot-Xoʻja punktidan olingan 12 oylik koʻrsatkichlar va yillik oʻrtacha koʻrsatkich miqdoriga koʻra SSI darajasi II sinf, ya'ni toza suv (SII=0,50) tashkil qilgan hamda suv tarkibida misning miqdori ortishi kuzatilgan. Kattaqoʻrgʻon shahri quyi va Navoiy shahri yuqori post koʻrsatkichlariga koʻra suvning sifati toza boʻlib, SII koʻrsatkichi mos ravishda 0,83 va 0,86 ni tashkil qildi. Ammo suv tarkibidagi mis, sulfat va nitritli azotning ruxsat etilgan me'yoridan (REM) ortiqligi aniqlangan. Navoiy shahridan quyi postidan olingan koʻrsatkichlarga koʻra suv sifati III sinf, ya'ni oʻrtacha ifloslangan. Markaziy Buxoro kollektori (Buxoro shahridan yuqori va quyi) oʻrtacha ifloslanish miqdori oshganligini koʻrishimiz mumkin (SII 1,21; 1,24).

Yer usti suvlarining ifloslanishi tuproqlarning shurlanishiga ta'sir etishini A.Raxmatullaev tadqiqotlari ham isbotlagan, ya'ni Oʻrta va Quyi Zarafshon havzasida barcha sugʻoriladigan yerlarning 63,5% shoʻrlangan. SHoʻrlangan yerlar maydoni daryo havzasining yuqori qismidan pastki qismiga qadar koʻpayadi. Bu Samarqand vohasi landshaftida 41%, Kattaqoʻrgʻonda 62,0%, Karmanada 80,4%, Buxoro va Qorakoʻlda 89,5% koʻrsatkichini tashkil etadi.

Yer usti suvlari minerallashuvining oʻzgarishi yer osti suvlarida aniq koʻrinadi. U Zarafshon daryosining yuqori oqimidan quyi oqimigacha sezilarli darajada oshadi. Oʻrta Zarafshonning yuqori qismida, Tayloq va Jomboy tumanlarida yer osti suvlaridagi tuz miqdori 1000-1100 mg/l; Ishtixon tumanining oʻrta qismida 1850 mg/l; Oqtosh shahrida 2000 mg/l; Buxoro viloyatining Jandore tumanidagi Quyi Zarafshonda 2226 mg/l; Romitan tumanida 2916 mg/l; va Qorakoʻl tumanida 3128 mg/l ni tashkil qiladi.

Mineralizasiyaning oʻzgarishi bilan kaltsiy, magniy, natriy va kaliy kationlarining konsentratsiyasi ham oʻzgaradi. Kam minerallashgan suvlarda kaltsiy miqdori yuqori. Natriy ionlari eng koʻp uchraydigan kation hisoblanadi, chunki natriy tuzlari yaxshi eriydi va migrasiya ega. Magniy ionlari kaltsiyga qaraganda kamroq uchraydi. Kam minerallashgan suv odatda koʻp miqdorda kaltsiyni, yuqori

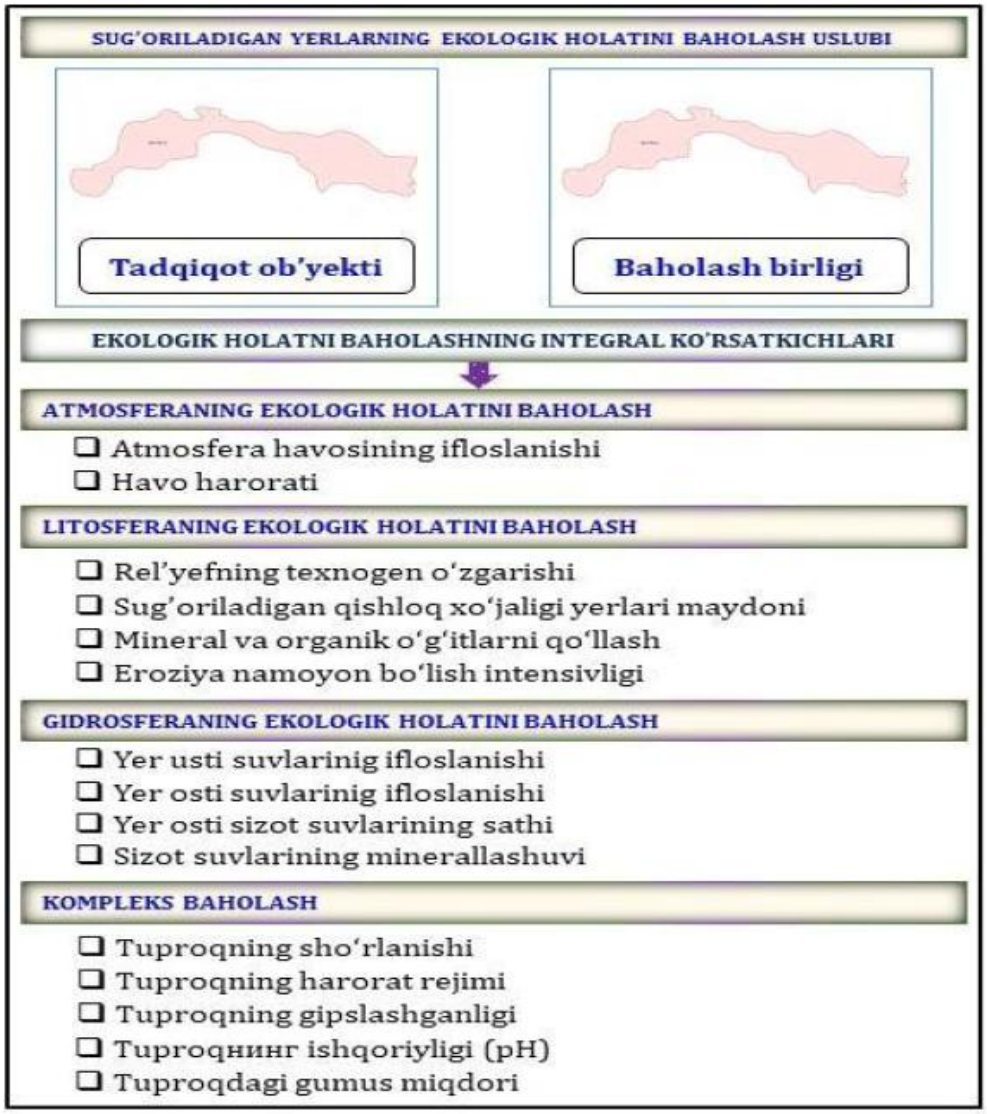
minerallashgan suv esa koʻproq natriyni oʻz ichiga oladi. Oddiy quduq suvidagi natriy va kaliy ionlarining konsentratsiyasi ruxsat etilgan maksimal konsentratsiyadan 1,5 baravardan 6 baravargacha oshadi. Masalan, Buxoro viloyatining Qorakoʻl tumanida bu ionlarning konsentratsiyasi 594 mg/l ga yetadi.

Olib borilgan suv ob'ektlari boʻyicha monitoring natijasiga koʻra (Magdiev X.) raqamli gidrologik kartalarni quyidagi guruhlarga birlashtirgan: 1) daryolarning gidrologik rejimi kartalari; 2) daryolarning gidrokimyoviy rejimi va suv sifati; 3) koʻllar va suv omborlarining gidrologik rejimi; 4) xavfli gidrologik hodisalar kartalari. Ushbu gidrologik kartalarni yaratishga asos boʻlgan ma'lumotlar bazasini GATda tayyorlashda 129 ta gidrologik postlar materiallaridan foydalanilgan (2-rasm).

Daryolar havzalari yuzalaridan tuproq-gruntlar yuvilishi jadalligi kartasi gidrotexnika inshootlarini loyihalash, qurish va ulardan foydalanish bilan bogʻliq masalalarni hal qilishda, eroziyaga qarshi chora-tadbirlarni rejalashtirishda muhim ahamiyatga ega. Uni tuzishda tuproq-gruntlar yuvilishi jadalligining balandlik zonalari boʻyicha oʻzgarishi xususiyatlari hisobga olingan.

Dala va shaxsiy tadqiqotlarda hamda kadastr materiallarida tuproqlar haqida ekologik ma'lumotlarning toʻplanishi, laboratoriya taxlili va ularning ilmiy taxlilining oʻtkazilishi sugʻoriladigan yerlarda muntazam kuzatuvlarni oʻtkazish, muhofaza ishlarini olib borishning ishonchli imkoniyatlari yaratilayotganidan darak beradi (A.Raxmatullaev, R.Oymatov, SH.Prenov, E.Safarov va boshqalar).

Zarafshon vodiysining sugʻoriladigan yerlarida (Samarqand, Navoiy va Buxoro viloyatlari) yer resurslari toifalari va ulardan foydalanish tahlili oʻtkazildi. Tahlil sugʻoriladigan tuproqlarning turlari va fizik xususiyatlari, uzoq muddatli oʻrtacha yogʻingarchilik, yer osti suvlari darajasi va minerallashuvi, tuproq loy miqdori, chirindi miqdori, yer osti suvlari va yer usti suvlarining, havoning, tuproqlarning kimyoviy va pestitsidlar bilan ifloslanishlari, sugʻoriladigan yerlarning sifati va shoʻrlanish darajasini qamrab oldi. Ushbu tahlillar ekologik holatning barcha asosiy komponentlarini iqlim oʻzgarishi sharoitida Zarafshon vodiysi sugʻoriladigan yerlarning ekologik holatini ob'ektiv baholash, ekologik muammolardagi hududiy farqlarni aniqlash va boshqalar uchun ilmiy va metodologik asos boʻlib xizmat qiladi.



1-rasm. Sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatini baholash uslubi

Ta'kidlash joizki, hozirda sug‘oriladigan yerlarda, ayniqsa aholi zich joylashgan Zarafshon vodiysida ekologik vaziyatni yaxshilashni yanada oshirish uchun vohalarni yaxlit paragenetik tizim sifatida tadqiq etish, geotizimlarning individual xususiyatlarini hisobga olish, inson ta'sirini “antropogen yuk” metodik yondashuvi yordamida hududiy – strukturaviy va dinamik tizim sifatida o‘rganish hamda kartografik va matematik modellashtirishdan foydalanish zaruriyati tug‘ilmoqda.

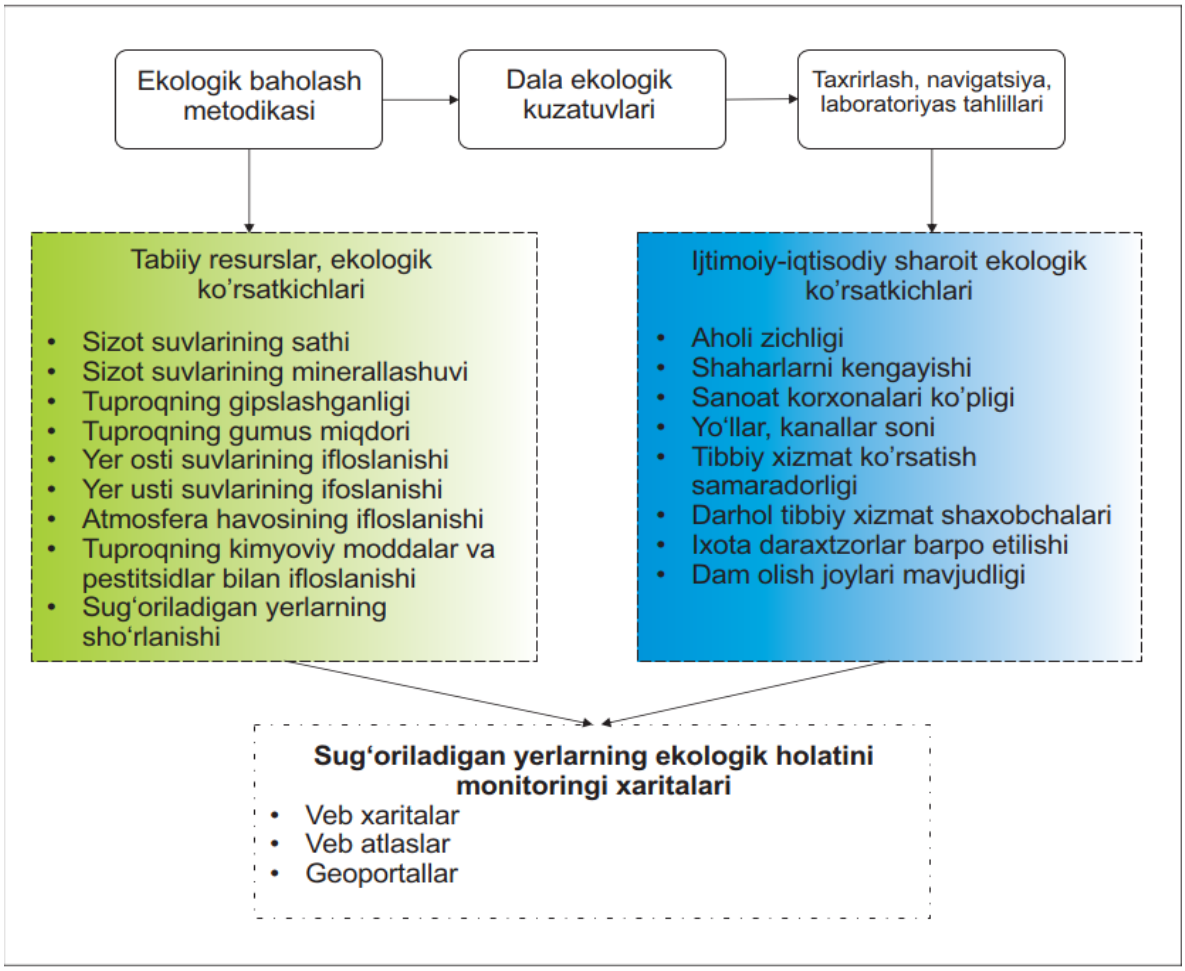
Zaravshon vodiysining ekologik holatini o‘rganish natijasida maqolada 2 ta mustaqil yo‘nalishli geoaxborot tizimlarida ma'lumotlar bazasini tashkil etish maqsadga muvofiqligi aniqlandi: 1) tabiiy resurslar holatiga bag‘ishlangan va 2) odamlar sog‘lig‘iga ta'sir etadigan ko‘rsatkichlar bazalari.

Ma'lumotlar bazasini yaratish va sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatini baholashda axborot tahlilini qo‘llash bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar asosida quyidagi asosiy maqsadlar aniqlandi: ekologik tadqiqotlarni

qo‘llab-quvvatlash uchun sug‘oriladigan yerlar bo‘yicha zarur ma'lumotlarni saqlash;

geoaxborot kartaga olish imkoniyatlarini joriy etish; va mavjud ma'lumotlar bazalarini yangi ko‘rsatkichlar bilan to‘ldirish.

Maqolani tayyorlash jarayonida, ishlab chiqilgan ma'lumotlar bazasi asosida ekologik holatni ifodalaydigan ko‘plab kartalar tuzildi: yer osti sizot suvlari sathi, sug‘oriladigan yerlarning shurlanish darajasi, sug‘oriladigan yerlar ekologik holati va boshqalar (2-rasm).



2-rasm. Ekologik ma’lumotlar bazasining asosiy bo‘limlari va tuzilishi

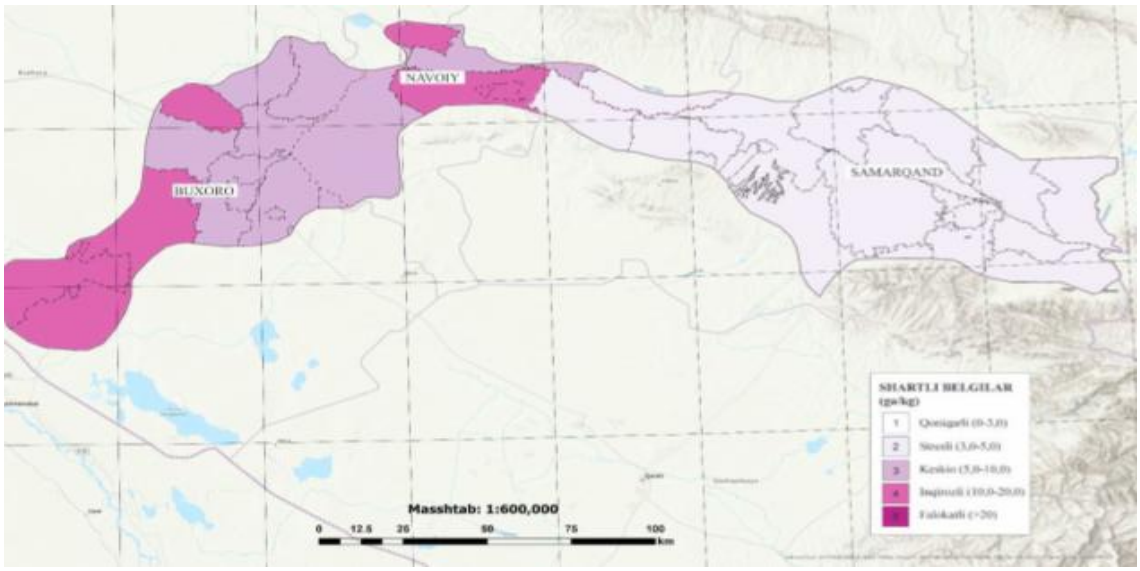
Ekologik kartalarni yaratish jarayonida kartografik tasvirlarning o‘zgaruvchanligini tavsiflash uchun axborot tahlili, uning hajmini baholash usullari, karta tuzish uchun tabiiy logarifmlar va entropiya funktsiyasidan foydalangan holda diskret taqsimotlar uchun axborot funktsiyalari qo‘llaniladi. Sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatini kartaga olishda qo‘llaniladigan metodologik va texnik yondashuvlar uchun tasniflash tizimiga asoslanib, atrof-muhitni baholash ko‘rsatkichlarining kartografik ma'lumotlar bazasining strukturaviy

diagrammasi ishlab chiqildi. Yangilangan ma'lumotlar bazasi (masalan, sun'iy yo‘ldosh ma'lumotlari, dron tasvirlari) davriy tahlil asosida ma'lumotlarni avtomatik qayta ishlash va hududning ekologik holati dinamikasini kuzatish imkonini beradi.

Atrof-muhit sharoitini kartaga olishning ilmiy tamoyillarini ishlab chiqish va kartalarda hodisalarni aks ettirish mazmuni, tuzilishi va usullari uchun yagona standart talablarni belgilash hozirgi kunda dolzarb ilmiy va amaliy vazifalardan biridir. Bunday integratsiyalashgan tizim tabiiy resurslardan oqilona foydalanishni osonlashtiradi, ekologik xavfsizlikni ta'minlaydi va ekologik monitoringni yangi bosqichga ko‘taradi. Ushbu dolzarb muammolarni hal qilish uchun mualliflar sug‘oriladigan yerlarning ekologik holati kartalarini tuzish metodologiyasi va texnologik tizimini ishlab chiqdilar (3-rasm).

Kartalarda sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatini aniq va samarali ifodalash uchun to‘g‘ri masshtabni tanlash va kartaga olish birliklarini belgilash zarur. Masshtab va ma'muriy tuzilma tahlilning aniqligini, vizualizatsiya sifatini va monitoring faoliyatini samarali tashkil etishni ta'minlaydi

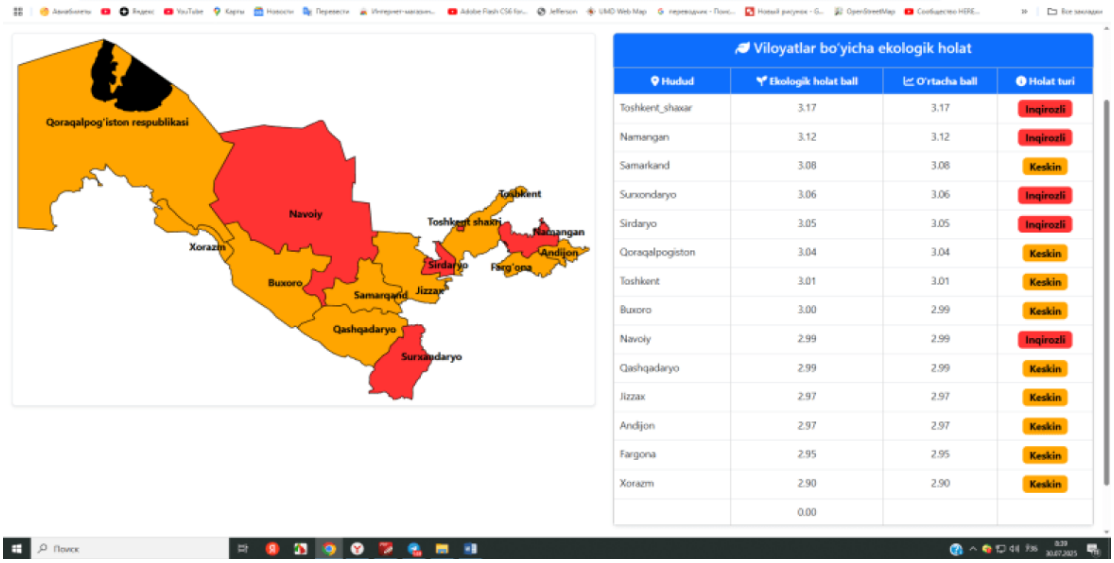
.



3-rasm. Zaravshon vodiysi tuproqlarning kimyoviy moddalar va pestisidlar bilan ifloslanishi xaritasi

Geodezik o‘lchovlar atrof-muhit ko‘rsatkichlari (yer osti suvlari sathi, minerallashuvi, gips miqdori, ishqoriyligi, gumus miqdori, sho‘rlanish va boshqalar) uchun namunalar olish joylarining fazoviy aniqligini ta'minlaydi; vaqt o‘tishi bilan ulardagi o‘zgarishlarning statik-dinamik monitoringi (Δh, ΔC, ΔYeC, ΔpH va boshqalar) amalga oshiriladi; har bir o‘lchov nuqtasining koordinatalari GNSS/RTK texnologiyalari, dron fotogrammetriyasi va differentsial topografik o‘lchovlar asosida aniqlanadi. Yuqoridagilarga asoslanib, sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatini aniqlash va ularni kartaga olish uchun besh bosqichli ilmiy va texnologik tizim ishlab chiqildi.

Kartaga olish jarayonida GAT texnologiyalari funktsiyalarini o‘rganish va metama'lumotlar bazasini yaratish algoritmlari asosida ekologik metabaza uchun kontseptual asos ishlab chiqildi. Ushbu asos ma'lumotlar manbalari, hajmi, vaqt omili, sifat ko‘rsatkichlari va cheklovlarni belgilaydi. Bu turli yillarda, hududlarda va har xil manbalardan olingan ekologik ma'lumotlarni yagona standart asosida integratsiyalash imkonini beradi. Natijada, sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatini baholash uchun mazmun va tuzilishga asoslangan uch bosqichli “Respublika ekologik ma'lumotlar platformasi” (4-rasm) GAT tashkiliy tizimi ishlab chiqildi.



4-rasm. Geoportalda ekologik ko‘rsatkichlar vizualizasiyasi

Xulosalar

O‘tkazilgan dala va laboratoriya tadqiqotlari yuzasidan quyidagi natijalar olindi va xulosalarga kelindi:

1. Ekologik ko‘rsatkichlarni 11 ta xavf mezonlari bo‘yicha guruhlash tuproqlarga bo‘lgan yukni maksimal ruxsat etilgan darajaga tushirish, atrof-muhit va tuproqni muhofaza qilish choralari to‘plamini loyihalashda bosqichma-bosqich yondashuv zarurligini ko‘rsatadi.

2. Zarafshon vodiysi sug‘oriladigan yerlarining ekologik tahlili shuni ko‘rsatadiki, umumiy sug‘oriladigan yer maydoni 714,200 gektardan 586,500 gektari (82%) stress holatida, qolgan 127,700 gektari (18%) esa qoniqarli holatda. Bu natijalar suv tanqisligi, tuproq sho‘rlanishi va drenaj tizimlarining yomonlashishi tufayli yer-suv balansidagi nomutanosiblikni ko‘rsatadi.

3. Ekologik kartalar mavzuli, murakkab va funktsional guruhlarga bo‘lingan. Ushbu kartalar uchun umumiy kontseptual tasniflash sxemasi ishlab chiqildi va 12 turdagi ekologik kartalar yaratildi.

Adabiyotlar

1. *Axmedov A.U.* i drugie. Pochvenno-meliorativnie usloviya basseyna reki Zarafshan. Nauchnoe obozrenie. Biologicheskie nauki. – 2018. – № 3 – S. 5-11.

2. *Bekanov Q.Q.* Orolbo‘yi murakkab ekologik sharoitidagi yerlardan foydalanishni optimallashtirishda geoinformatika metodlarini qo‘llash //Avtoref. diss. PhD. – Toshkent., 2021. – 48 b.

3. Geoinformatika //Pod red. V.S.Tikunova. - M.: Izd. sentr «Akademiya», 2005. - 480 s.

4. *Magdiev X.N.* O‘zbekiston yer usti suv resurslari monitoringida GAT texnologiyalarini qo‘llash //Avtoref. diss. PhD. – Toshkent., 2024. – 48 b.

5. *Mirjalalov N., Teshaev N., Safarov E., Jasmina G., Mominov A., Pardaboyev A.* Comparative analysis of Random Forest and Support Vector Machine for LULC classification in Tashkent Region using Landsat-8 imagery GIS support for sustainable development of regions and cities of Uzbekistan //InterCarto-InterGIS http://intercarto.msu.ru/jour/issue.php?issueId=28&lang=yen. PP. 519-532.

6. *Oymatov R.K., Faxriddinova T.H.* Sug‘orilidan yerlarining ekologik holatini kartaga olishda ilmiy va texnik usullar bo‘yicha manbalarni tasniflash // “Development of Specialized Higher Education and Sciencye in the Conditions of Globalization: Problems and Opportunities” International Scientific Conferencye, April 9–10, 2025, Tashkent, Uzbekistan. – B. 416-423.

7. *Oymatov R.K., Safarov E.YU.* Ekologik kartaga olishda geotizimlarning holatini baholash uslublari //Geodeziya, kartografiya va geoinformatika. – Toshkent, 2025. – № 1. – B. 143-147.

8. *Oymatov R.K., Teshaev N.N.* GAT va masofadan zondlash ma'lumotlari asosida Zarafshon vodiysida sug‘oriladigan yerlarning ekologik holatining tahlili //Geodeziya, kartografiya va geoinformatika. – Toshkent, 2025. – № 1. – B. 45-56.

9. *Raxmatullaev A.* O‘rta va quyi Zarafshon voha geosistemalarida ekologik vaziyatni geografik optimallashtirish // Avtoref. diss. DSc. – Toshkent., 2018. – 59 b.

10. *Safarov E.YU, Prenov SH.M, Yo‘ldoshev J.O.* Toshkent, Samarqand va Xiva shaharlaridagi madaniy meros zonalarida geoekologik vaziyatning qiyosiy geografik tahlili //Geodeziya, kartografiya va geoinformatika. Ilmiy-texnik jurnal. - Toshkent., 2026. Maxsus son. – B. 814- 818.

UDK 528.44:004.9:69.001.5

YER TUZISH LOYIHALARINI ISHLAB CHIQISHDA GAT VA BIM TEXNOLOGIYALARINI INTEGRATSIYALASHGAN HOLDA QO‘LLASH METODOLOGIYASI

Mavlonova Gulrux Baxtiyorovna *– tadqiqotchi,* ***E-mail:*** *gulruxmovlonova@gmail.com*

Annotatsiya *Mazkur maqolada yer tuzish loyihalarini ishlab chiqishda geografik axborot tizimlari (GAT) va Building*

Information Modeling (BIM) texnologiyalarini integratsiyalashgan holda qo‘llashning umumiy metodologiyasi yoritilgan. Tadqiqotda integratsiyalashgan yondashuvning yetti tayanch elementi – integratsiya obyekti, axborot modelining tuzilishi, format va standartlar muvofiqligi, koordinata tizimi, ma'lumotlar bazasi arxitekturasi, integratsiya darajasi hamda natijalarni vizuallashtirish tizimlashtirildi. Shuningdek, yer tuzish loyihalarini ishlab chiqishning o‘n ikki bosqichli algoritmi taklif etildi, unda mavzuni tanlashdan tortib loyihani amaliyotga joriy etish va monitoring qilishgacha bo‘lgan jarayon qamrab olingan. IFC, CityGML, GeoJSON va Shapefile kabi formatlar o‘rtasidagi o‘zaro almashinuv muammolari, shuningdek, GAT qatlamlari bilan BIM modelining makoniy va atributiv bog‘lanishi masalalari muhokama qilindi. Integratsiyalashgan modelning samaradorligini baholash uchun vaznli ko‘rsatkichlarga asoslangan umumiy ifoda taklif etildi. Taklif etilgan metodologiya yer tuzish loyihalarining sifatini, shaffofligini va boshqaruv qarorlarining ilmiy asoslanganligini oshirishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: *yer tuzish, geografik axborot tizimlari, GAT, BIM, integratsiya metodologiyasi, IFC, geoma'lumotlar bazasi, koordinata tizimi, makoniy tahlil, raqamli modellashtirish.*

Abstract *This article presents a general methodology for the integrated application of Geographic Information Systems (GIS) and Building Information Modeling (BIM) technologies in the development of land management projects. The study systematizes seven core elements of the integrated approach, including the integration object, the structure of the information model, format and standard compatibility, coordinate referencing, database architecture, the level of integration, and the visualization of results. A twelve-stage algorithm for developing land management projects is proposed, covering the process from topic selection to project implementation and monitoring. The paper discusses interoperability issues between formats such as IFC, CityGML, GeoJSON and Shapefile, as well as the spatial and attributive linkage between GIS layers and BIM models. A generalized weighted-indicator expression is proposed for assessing the efficiency of the integrated model. The proposed methodology contributes to improving the quality, transparency, and scientific validity of land management decision-making.*

Keywords: *land management, geographic information systems, GIS, BIM, integration methodology, IFC, geospatial database, coordinate system, spatial analysis, digital modeling.*

Kirish

Yer tuzish loyihalari hududlarni oqilona va barqaror foydalanish, yer resurslarini muhofaza qilish hamda infratuzilmani rivojlantirishning asosiy boshqaruv vositasi hisoblanadi. Zamonaviy sharoitda yer tuzish jarayonlari faqat makoniy (geodezik-kartografik) ma'lumotlarga emas, balki muhandislik-qurilish obyektlarining raqamli modellariga ham tayanadi. Shu bois geografik axborot tizimlari (GAT) va Building Information Modeling (BIM) texnologiyalarini bir butun metodologik tizimda qo‘llash zamonaviy geoaxborot va qurilish sohasidagi ustuvor yo‘nalishlardan biriga aylanmoqda.

GAT texnologiyalari keng hududiy qamrovdagi makoniy tahlil, kadastr hisobi va reyonlashtirish vazifalarini samarali hal etishga xizmat qilsa, BIM texnologiyalari alohida obyektlarning batafsil uch o‘lchamli, atributiv boy modelini yaratish imkonini beradi. Ammo amaliyotda bu ikki texnologiya ko‘pincha alohida-alohida, bir-biri bilan bog‘lanmagan holda qo‘llaniladi, natijada ma'lumotlar takrorlanishi, formatlar muvofiq kelmasligi va loyiha qarorlarining uzilishi kabi muammolar kelib chiqadi. Shuning uchun yer tuzish loyihalarini ishlab chiqishda GAT va BIM texnologiyalarini integratsiyalashgan holda qo‘llashning ilmiy asoslangan metodologiyasini ishlab chiqish dolzarb vazifa hisoblanadi.

Ushbu maqolaning maqsadi – yer tuzish loyihalarini ishlab chiqishda GAT va BIM texnologiyalarini integratsiyalashning nazariy-uslubiy asoslarini tizimlashtirish, integratsiyalashgan metodologiyaning tayanch elementlarini aniqlash hamda loyiha ishlarini olib borishning amaliy algoritmini taklif etishdan iborat.

Tadqiqot materiallari va metodlari

Tadqiqot nazariy-uslubiy xususiyatga ega bo‘lib, unda tizimli yondashuv, qiyosiy tahlil, umumlashtirish hamda geoaxborot-BIM integratsiyasi usullaridan foydalanildi. Asosiy material sifatida GAT va BIM texnologiyalarining o‘zaro integratsiyasi, IFC (Industry Foundation Classes), CityGML, GeoJSON, Shapefile va LandXML kabi formatlarning o‘zaro mosligi, shuningdek, yer tuzish loyihalarini raqamli modellashtirish bo‘yicha ilmiy-uslubiy manbalar o‘rganildi.

Tadqiqotda integratsiyalashgan axborot modelining tayanch elementlarini aniqlash, koordinata tizimlarini moslashtirish printsiplari, ma'lumotlar bazasi arxitekturasi hamda loyiha bosqichlarining mantiqiy ketma-ketligini asoslash vazifalari hal etildi. Ilmiy-uslubiy umumlashtirish jarayonida xorijiy va mahalliy tajriba, shu jumladan xalqaro ISO 19650 (BIM boshqaruvi) va ochiq geostandartlar (OGC) talablari inobatga olindi.

Natijalar va muhokama

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, yer tuzish loyihalarini ishlab chiqishda

GAT va BIM texnologiyalarini integratsiyalashgan holda qo‘llash metodologiyasini yaratishda kamida yettita tayanch elementga alohida e'tibor qaratish zarur. Ular quyidagi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Yer tuzish loyihalarida GAT va BIM texnologiyalarini integratsiyalash metodologiyasining tayanch elementlari

№	Element	Mazmuni
1	Integratsiya obyekti	Yer tuzish loyihasi doirasida baholanadigan hudud, uchastka yoki muhandislik-inshoot obyekti.
2	Axborot modelining tuzilishi	GAT (vektorli va rastrli qatlamlar) hamda BIM (3D obyekt-elementlar, atributlar) ma'lumotlarining yagona tizimga birlashtirilishi.
3	Format va standartlar muvofiqligi	IFC, CityGML, GeoJSON, Shapefile, LandXML kabi formatlar o‘rtasida o‘zaro almashinuvni ta'minlovchi standartlar majmui.
4	Koordinata va georeferensiya tizimi	GAT va BIM modellarini yagona koordinata tizimiga (masalan, WGS-84, mahalliy tizimlar) moslashtirish.
5	Ma'lumotlar bazasi arxitekturasi	Geoma'lumotlar va BIM atributlarini saqlash, bog‘lash va so‘rovlar berish imkonini beruvchi birlashgan baza tuzilmasi.
6	Integratsiya darajasi	Masofaviy (fayl almashinuvi), yarim integratsiyalashgan (API orqali) va to‘liq integratsiyalashgan (umumiy platforma) bosqichlari.
7	Natijalarni vizuallashtirish va boshqaruv	Xarita-sxema, 3D model, dashbord va hisobotlar orqali loyiha natijalarini taqdim etish va qaror qabul qilishni qo‘llab-quvvatlash.

Integratsiyaning markaziy vazifalaridan biri – turli manbalardan olingan makoniy va atributiv ma'lumotlarni yagona formatli va koordinatali tizimga keltirishdir. Amaliyotda BIM modellari asosan IFC formatida, GAT ma'lumotlari esa Shapefile, GeoJSON yoki geoma'lumotlar bazasi ko‘rinishida saqlanadi. Bu formatlar o‘rtasidagi semantik va geometrik nomuvofiqliklarni bartaraf etish uchun o‘tkazish (konvertatsiya) va bog‘lash (linking)

mexanizmlaridan foydalanish talab etiladi, bunda CityGML kabi oraliq formatlar koʻpincha koʻprik vazifasini bajaradi.

Koordinata va georeferensiya tizimlarining mosligi integratsiyaning texnik asosini tashkil etadi. BIM modellari, odatda, mahalliy (loyiha) koordinata tizimida yaratilsa, GAT ma'lumotlari global yoki milliy geodezik tizimlarda (masalan, WGS-84 yoki mahalliy proyeksiya tizimlari) ifodalanadi. Shu sababli integratsiyalashgan metodologiyada georeferensiyalash bosqichi alohida ahamiyatga ega boʻlib, u BIM obyektlarining haqiqiy makoniy joylashuvini GAT muhitida toʻgʻri aks ettirishni ta'minlaydi.

Integratsiya darajasiga koʻra uch asosiy yondashuvni ajratish mumkin: masofaviy integratsiya (fayl almashinuvi orqali), yarim integratsiyalashgan yondashuv (dasturiy interfeyslar – API orqali ma'lumotlar almashinuvi) va toʻliq integratsiyalashgan yondashuv (umumiy geoaxborot-BIM platformasida ishlash). Yer tuzish loyihalari uchun, loyihaning murakkabligi va masshtabiga qarab, yarim yoki toʻliq integratsiyalashgan yondashuvlar eng maqbul hisoblanadi, chunki ular ma'lumotlarning oʻzaro mosligini va yangilanish tezligini ta'minlaydi.

Integratsiyalashgan modelning samaradorligini baholash uchun quyidagi umumlashtirilgan ifodadan foydalanish mumkin:

$$\mathbf{Ypr = \Sigma\,(k_i \cdot d_i)}$$

bu yerda Ypr – integratsiyalashgan loyihaning umumiy samaradorlik koʻrsatkichi, k_i – i-parametrning ahamiyat koeffitsienti (masalan, format muvofiqligi, koordinata aniqligi, ma'lumotlar toʻliqligi), d_i – i-parametr boʻyicha GAT va BIM ma'lumotlarining oʻzaro moslik darajasi.

Yer tuzish loyihalarini ishlab chiqishda GAT va BIM texnologiyalarini integratsiyalashgan holda qoʻllashning amaliy algoritmi oʻn ikki bosqichdan iborat boʻlib, u mavzuni tanlashdan boshlab loyihani amaliyotga joriy etish va monitoring qilishgacha boʻlgan jarayonni qamrab oladi (2-jadval).

Taklif etilgan algoritmning dastlabki bosqichlari (1–5) loyihaning kontseptual va texnik asosini – maqsad, obyekt, mavjud ma'lumotlar hamda koordinata tizimlarining mosligini – shakllantirishga qaratilgan. Keyingi bosqichlar (6–9) bevosita ma'lumotlar bazasini yaratish, GAT qatlamlari bilan BIM modelini bogʻlash va atributiv ma'lumotlarni integratsiyalashni oʻz ichiga oladi.

2-jadval.

Yer tuzish loyihalarini integratsiyalashgan metodologiya asosida ishlab chiqishning asosiy bosqichlari

№	Bosqich	Qisqacha tavsif
1	Loyihalash maqsadini aniqlash	Yer tuzish loyihasining vazifasi, miqyosi va kutilayotgan natijalari belgilanadi.
2	Hudud va obyektni tanlash	Tadqiqot qamraydigan yer uchastkasi yoki ma'muriy-hududiy birlik aniqlanadi.
3	Mavjud GAT va BIM ma'lumotlarini yig‘ish	Kadastr, topografiya, loyiha hujjatlari va mavjud raqamli modellar to‘planadi.
4	Format muvofiqligini tekshirish	Yig‘ilgan ma'lumotlar IFC, GIS va boshqa formatlar o‘rtasidagi mosligiga ko‘ra tahlil qilinadi.
5	Koordinata tizimlarini moslashtirish	GAT va BIM modellari yagona geodezik asosga keltiriladi.
6	Ma'lumotlar bazasini shakllantirish	Geoma'lumotlar va BIM atributlari birlashgan bazaga joylashtiriladi.
7	GAT qatlamlari bilan BIM modelini bog‘lash	3D obyektlar makoniy qatlamlar (yer egalik, infratuzilma, cheklovlar) bilan o‘zaro bog‘lanadi.
8	Atribut ma'lumotlarni integratsiyalash	Yer uchastkasining huquqiy, iqtisodiy va ekologik ko‘rsatkichlari modelga kiritiladi.
9	Tahlil va simulyatsiya o‘tkazish	Turli loyiha stsenariylari bo‘yicha makoniy-injenerlik tahlili amalga oshiriladi.
10	Natijalarni tekshirish va validatsiya	Olingan natijalar me'yoriy hujjatlar va dalolatli ma'lumotlar bilan solishtiriladi.
11	Vizuallashtirish va hisobot tayyorlash	Xarita-sxemalar, 3D ko‘rinishlar va jadvallar asosida yakuniy hujjatlar shakllantiriladi.
12	Loyihani amaliyotga joriy etish va monitoring	Tasdiqlangan loyiha asosida yer tuzish ishlari amalga oshiriladi va natijalar kuzatiladi.

Yakuniy bosqichlar (10–12) esa natijalarni tekshirish, vizuallashtirish va loyihani amaliyotga joriy etish vazifalarini bajaradi.

Amaliy jihatdan, shahar atrofidagi qishloq xo‘jaligi yerlarini rekreatsiya yoki muhandislik-kommunikatsiya loyihalashtirilayotgan inshootlarning uch o‘lchamli modeli, hajmiy-rejali ko‘rsatkichlari va qurilish jarayoni simulyatsiya qilinadi. Ikki modelning birlashuvi loyiha qarorlarini bir-biriga zid kelmaydigan, o‘zaro asoslangan holda qabul qilish imkonini beradi.

Shu bilan birga, integratsiyalashgan metodologiyani qo‘llashda bir qator cheklovlar ham mavjud: dasturiy ta'minot va mutaxassislar tayyorgarligiga bo‘lgan talab, formatlar o‘rtasidagi to‘liq semantik moslik muammosi, shuningdek, katta hajmdagi ma'lumotlarni birga saqlash va yangilashning tashkiliy-texnik masalalari. Shu sababli metodologiyani amaliyotga joriy etishda bosqichma-bosqich, dastlab pilot loyihalar asosida sinab ko‘rish tavsiya etiladi.

Xulosa

Yer tuzish loyihalarini ishlab chiqishda GAT va BIM texnologiyalarini integratsiyalashgan holda qo‘llash metodologiyasi integratsiya obyekti, axborot modelining tuzilishi, formatlar muvofiqligi, koordinata tizimi, ma'lumotlar bazasi arxitekturasi, integratsiya darajasi va natijalarni vizuallashtirish kabi o‘zaro bog‘liq elementlardan tashkil topgan yaxlit ilmiy tizimdir. Mazkur zonasiga o‘tkazish kabi yer tuzish loyihalarida integratsiyalashgan GAT-BIM yondashuvi ayniqsa samarali natija beradi. Bunday loyihalarda GAT orqali hududning kadastr chegaralari, tuproq-meliorativ holati va infratuzilma qatlamlari tahlil qilinsa, BIM orqali tizimning to‘g‘ri shakllantirilishi loyiha natijalarining ishonchliligini, qiyoslanishini va boshqaruv qarorlarining ilmiy asoslanganligini oshiradi.

Taklif etilgan o‘n ikki bosqichli algoritm va vaznli ko‘rsatkichlarga asoslangan samaradorlik ifodasi yer tuzish loyihalarini kompleks baholashda amaliy vosita bo‘lib xizmat qiladi. Bunday yondashuv GAT va BIM texnologiyalarini bir-birini to‘ldiruvchi, o‘zaro bog‘liq tizim sifatida qo‘llash orqali yer resurslarini boshqarishning sifat darajasini oshiradi hamda raqamli yer tuzish amaliyotini rivojlantirishga xizmat qiladi.

Shu sababli taklif etilgan integratsiyalashgan metodologik yondashuv boshqa mintaqalardagi yer tuzish loyihalari uchun ham moslashtirilishi va amaliyotga keng joriy etilishi mumkin.

Adabiyotlar

1. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling. – 2nd ed. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2011.

2. ISO 19650-1:2018. Organization and digitization

of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling. – Part 1: Concepts and principles.

3. Zlatanova S., Rahman A.A., Pilouk M. Trends in 3D GIS Development // Journal of Geospatial Engineering. 2002. Vol. 4, № 2. P. 71–80.

4. Kang T.W., Hong C.H. A study on software architecture for effective BIM/GIS-based facility management data integration // Automation in Construction. 2015. Vol. 54. P. 25–38.

5. Берлянт А.М. Картография. – М.: Аспект Пресс, 2001.

6. Safarov E.Yu., Abdurakhimov X.A., Oymatov R.Q. Geoinformatsion kartografiya. – Toshkent: Universitet, 2012.

7. Open Geospatial Consortium (OGC). CityGML Encoding Standard. – Wayland: OGC, 2012.

8. buildingSMART International. Industry Foundation Classes (IFC) – Data Model Specification. – buildingSMART, 2023.

9. Raxmatov Sh.Y. Yer kadastri va yer tuzish asoslari: darslik. – Toshkent: TIQXMMI, 2020.

10. Volk R., Stengel J., Schultmann F. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – Literature review and future needs // Automation in Construction. 2014. Vol. 38. P. 109–127.

UDK 004.8:332.33:528.9:631.1

YER RESURSLARIDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGINI BAHOLASHDA SUN’IY INTELLEKT VA KATTA MA’LUMOTLAR (BIG DATA) TEXNOLOGIYALARINI QO‘LLASH

Mavlonova Gulrux Baxtiyorovna – *tadqiqotchi,*
E-mail: gulruxmovlonova@gmail.com

Annotatsiya *Mazkur maqolada yer resurslaridan foydalanish samaradorligini baholashda sun’iy intellekt va katta ma’lumotlar (Big Data) texnologiyalarini qo‘llashning nazariy-uslubiy asoslari yoritilgan. Tadqiqotda an’anaviy statistik va kartografik baholash usullarining zamonaviy sharoitda – kosmik monitoring, geoinformatsion tizimlar, kadastr ma’lumotlar bazalari va sensor tarmoqlaridan keladigan katta hajmdagi geofazoviy ma’lumotlar sharoitida – cheklanganligi asoslab berilgan. Mashinali va chuqur o‘rganish algoritmlari, katta ma’lumotlar platformalari,*

Internet buyumlari (IoT) hamda bashoratli tahlil vositalarining yer resurslaridan foydalanish samaradorligini baholash, yer unumdorligini prognozlash, degradatsiya va noqonuniy foydalanish holatlarini aniqlash imkoniyatlari tahlil qilingan. Sun'iy intellekt va katta ma'lumotlar texnologiyalarini geoinformatsion tizimlar bilan integratsiyalashning kontseptual modeli taklif etilgan. Tadqiqot natijalari raqamli kadastr va yer monitoringi tizimlarini takomillashtirish, shuningdek, boshqaruv qarorlarini ilmiy asoslash uchun metodik asos bo'lib xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: *yer resurslari, yerdan foydalanish samaradorligi, sun'iy intellekt, katta ma'lumotlar, mashinali o'rganish, geoinformatsion tizimlar, masofadan zondlash, raqamli kadastr, bashoratli tahlil, qaror qabul qilish tizimlari.*

Аннотация *В статье раскрыты теоретико-методологические основы применения технологий искусственного интеллекта и больших данных (Big Data) в оценке эффективности использования земельных ресурсов. Обоснована ограниченность традиционных статистических и картографических методов в условиях роста объёмов геопространственных данных, поступающих из систем космического мониторинга, геоинформационных систем, кадастровых баз данных и сенсорных сетей. Проанализированы возможности алгоритмов машинного и глубокого обучения, платформ больших данных, интернета вещей (IoT) и инструментов предиктивной аналитики для оценки эффективности землепользования, прогнозирования плодородия земель, выявления деградации и фактов незаконного использования. Предложена концептуальная модель интеграции технологий искусственного интеллекта и больших данных с геоинформационными системами.*

Ключевые слова: *земельные ресурсы, эффективность землепользования, искусственный интеллект, большие данные, машинное обучение, геоинформационные системы, дистанционное зондирование, цифровой кадастр, предиктивная аналитика.*

Abstract *This article discusses the theoretical and methodological foundations of applying artificial intelligence and Big Data technologies to assess the efficiency of land resource use. The limitations of traditional statistical and cartographic assessment methods are substantiated in the context of growing volumes of geospatial data generated by space monitoring, geographic information systems, cadastral databases, and sensor networks. The capabilities of*

machine learning and deep learning algorithms, Big Data platforms, the Internet of Things (IoT), and predictive analytics tools are analyzed for evaluating land use efficiency, forecasting soil fertility, and detecting land degradation and illegal land use. A conceptual model for integrating artificial intelligence and Big Data technologies with geographic information systems is proposed.

Keywords: *land resources, land use efficiency, artificial intelligence, big data, machine learning, geographic information systems, remote sensing, digital cadastre, predictive analytics*

Kirish Yer resurslari mamlakat iqtisodiy va oziq-ovqat xavfsizligining asosiy tayanchi bo‘lib, undan foydalanish samaradorligini oshirish barqaror rivojlanishning muhim shartlaridan biridir. Ayni paytda Yer resurslaridan foydalanishni baholash sohasida axborot hajmi keskin ortib bormoqda: kosmik suratlar, aerofotosuratlar, geodezik o‘lchovlar, raqamli kadastr ma’lumotlar bazalari, meteorologik va sensor tarmoqlari, shuningdek statistik hamda ijtimoiy-iqtisodik ko‘rsatkichlar yagona tahliliy makonni tashkil etadi. An’anaviy statistik va kartografik baholash usullari bunday hajmdagi, tezkor yangilanadigan va turli manbalardan keladigan geofazoviy ma’lumotlarni to‘liq va operativ qayta ishlashga ojizlik qiladi.

Ushbu sharoitda sun’iy intellekt (SI) va katta ma’lumotlar (Big Data) texnologiyalari yer resurslaridan foydalanish samaradorligini baholashning yangi, sifat jihatidan yuqori bosqichini ta’minlaydigan vosita sifatida namoyon bo‘lmoqda. Ular yordamida katta hajmdagi geofazoviy va statistik ma’lumotlarni avtomatik qayta ishlash, yashirin qonuniyatlarni aniqlash, kelajakdagi holatni bashorat qilish hamda boshqaruv qarorlarini ilmiy asoslash imkoniyati yaratiladi. O‘zbekistonda amalga oshirilayotgan raqamli kadastr (UZKAD) va yer monitoringi (“E-yer nazorat”) tizimlarini takomillashtirish bo‘yicha davlat siyosati ushbu yo‘nalishdagi tadqiqotlarning dolzarbligini yanada oshiradi.

Tadqiqotning maqsadi va metodlari

Tadqiqotning maqsadi yer resurslaridan foydalanish samaradorligini baholashda sun’iy intellekt va katta ma’lumotlar texnologiyalarini qo‘llashning nazariy-uslubiy asoslarini ishlab chiqish, shuningdek ushbu texnologiyalarni geoinformatsion tizimlar bilan integratsiyalashning kontseptual modelini asoslashdan iborat.

Tadqiqotda qiyosiy tahlil, tizimli yondashuv, tushunchaviy umumlashtirish hamda ilmiy adabiyotlarni kontent-tahlil qilish usullaridan foydalanildi. Shuningdek, mashinali va chuqur o‘rganish algoritmlarining (regressiya, tasniflash, klasterlash, konvolyutsion neyron tarmoqlar), katta ma’lumotlar platformalarining (Hadoop, Apache Spark, bulutli hisoblash xizmatlari) hamda

bashoratli tahlil vositalarining yer resurslarini baholashdagi amaliy imkoniyatlari nazariy jihatdan tahlil qilindi.

Natijalar va muhokama

Tahlil natijalari shuni koʻrsatdiki, yer resurslaridan foydalanish samaradorligini zamonaviy baholash tizimi toʻrt bosqichli texnologik zanjir asosida qurilishi maqsadga muvofiq: ma'lumotlarni yig'ish, saqlash va dastlabki qayta ishlash, tahliliy modellashtirish (sun'iy intellekt algoritmlari yordamida) hamda natijalarni vizuallashtirish va qaror qabul qilishni qoʻllab-quvvatlash.

Birinchi bosqichda kosmik va aerofotosuratlar, raqamli kadastr ma'lumotlar bazalari, meteorologik va tuproq sensorlaridan olingan ma'lumotlar, statistik hamda ijtimoiy-iqtisodiy koʻrsatkichlar katta ma'lumotlar platformalari yordamida yagona axborot makoniga integratsiyalanadi. Bunday platformalar turli formatdagi, tez oʻzgaruvchan va katta hajmdagi ma'lumotlarni (ya'ni Big Data ning uchta asosiy xususiyati – hajm, tezlik va xilma-xillik) samarali saqlash va qayta ishlash imkonini beradi.

Ikkinchi bosqichda mashinali va chuqur oʻrganish algoritmlari qoʻllaniladi. Xususan, konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) kosmik tasvirlar asosida yer qoplami turlarini avtomatik tasniflash, shoʻrlangan va degradatsiyaga uchragan maydonlarni aniqlash, shuningdek oʻzboshimchalik bilan egallangan yoki maqsadsiz foydalanilayotgan yer uchastkalarini vaqt boʻyicha taqqoslash orqali aniqlashda yuqori aniqlik koʻrsatadi. Regressiya va klasterlash algoritmlari esa tuproq unumdorligi, hosildorlik va meliorativ holat oʻrtasidagi bog'liqliklarni aniqlash, shu asosda yer uchastkalarini samaradorlik darajasi boʻyicha guruhlashda qoʻllaniladi.

Uchinchi yoʻnalish sifatida bashoratli tahlil (predictive analytics) alohida ahamiyat kasb etadi. Tarixiy va joriy ma'lumotlar asosida shakllantirilgan modellar yordamida yer resurslaridan foydalanishning kelgusi 3–5 yillik dinamikasini, degradatsiya va choʻllanish xavfini, shuningdek iqlim oʻzgarishining hosildorlikka ta'sirini oldindan baholash mumkin boʻladi. Bu esa ehtiyotkorlik chora-tadbirlarini oldindan rejalashtirish imkonini beradi.

Ushbu yoʻnalishdagi asosiy texnologiya va yondashuvlarning umumlashtirilgan tavsifi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Yer resurslaridan foydalanish samaradorligini baholashda qo‘llaniladigan sun’iy intellekt va katta ma’lumotlar texnologiyalari

Texnologiya / yondashuv	**Mazmuni va vazifasi**	**Yer resurslaridan foydalanish samaradorligini baholashdagi qo‘llanilish sohasi**
Mashinali o‘rganish (Machine Learning)	Statistik va geofazoviy ma’lumotlar asosida qonuniyatlarni aniqlovchi algoritmlar (regressiya, tasniflash, klasterlash).	Yer unumdorligini, hosildorlikni va foydalanish intensivligini bashorat qilish, yer toifalarini tasniflash.
Chuqur o‘rganish (Deep Learning, CNN)	Ko‘p qatlamli neyron tarmoqlar orqali tasvirlarni avtomatik tahlil qilish.	Kosmik va aerofotosuratlarda yer qoplamini aniqlash, o‘zboshimchalik bilan egallangan yoki noqonuniy qurilishlarni topish.
Katta ma’lumotlar platformalari (Hadoop, Spark, bulutli xizmatlar)	Katta hajmdagi, tez o‘zgaruvchan va turli manbalardan keladigan ma’lumotlarni saqlash va qayta ishlash infratuzilmasi.	Kadastr, statistika, kosmik monitoring va IoT ma’lumotlarini yagona tizimga integratsiyalash.
Internet buyumlari (IoT) va sensor tarmoqlari	Tuproq namligi, harorat, sho‘rlanish kabi ko‘rsatkichlarni real vaqt rejimida o‘lchovchi qurilmalar.	Suғoriladigan yerlar holatini uzluksiz kuzatish va operativ boshqaruv qarorlarini qabul qilish.
Bashoratli tahlil (Predictive Analytics)	Tarixiy va joriy ma’lumotlar asosida kelajakdagi holatni modellashtirish.	Yer degradatsiyasi, cho‘llanish va hosildorlik pasayishi xavfini oldindan aniqlash.
Qaror qabul qilishni qo‘llab-quvvatlash tizimlari (DSS)	Tahlil natijalarini vizuallashtirib, boshqaruv qarorlari uchun tavsiyalar shakllantiruvchi dasturiy vositalar.	Yer tuzish, ijara va soliqqa tortish bo‘yicha asoslangan boshqaruv qarorlarini qabul qilish.

Tahlil shuni ko‘rsatadiki, sun’iy intellekt va katta ma’lumotlar texnologiyalarini geoinformatsion tizimlar bilan integratsiyalash yer resurslaridan foydalanish samaradorligini baholashda bir qator afzalliklarni ta’minlaydi: baholash jarayonining tezligi va

obyektivligini oshirish, inson omili va korrupsiyaviy xavflarni kamaytirish, katta hududlarni bir vaqtning o‘zida qamrab olish, shuningdek dinamik monitoring va erta ogohlantirish tizimlarini yaratish imkoniyati. Ayni paytda ushbu texnologiyalarni amaliyotga joriy etishda bir qator muammolar ham mavjud: ma’lumotlar sifati va ularning standartlashtirilmaganligi, zarur raqamli infratuzilma va malakali kadrlar yetishmasligi, shuningdek, turli idoralar tomonidan yuritiladigan ma’lumotlar bazalarining o‘zaro moslashtirilmaganligi. Shu sababli sun’iy intellekt va katta ma’lumotlar texnologiyalarini yer resurslarini boshqarish tizimiga joriy etish bosqichma-bosqich, yagona metodologik va me'yoriy-huquqiy asosda amalga oshirilishi lozim.

Xulosa

O‘tkazilgan tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, sun’iy intellekt va katta ma’lumotlar texnologiyalari yer resurslaridan foydalanish samaradorligini baholashning sifat jihatidan yangi bosqichini ta’minlashga qodir. Mashinali va chuqur o‘rganish algoritmlari, katta ma’lumotlar platformalari, Internet buyumlari (IoT) hamda bashoratli tahlil vositalarining geoinformatsion tizimlar bilan integratsiyalashuvi yer unumdorligini, foydalanish intensivligini va degradatsiya xavfini obyektiv hamda operativ baholash imkonini beradi.

Taklif etilgan kontseptual model raqamli kadastr va yer monitoringi tizimlarini takomillashtirish, boshqaruv qarorlarini ilmiy asoslash, shuningdek yer uchastkalaridan noqonuniy va maqsadsiz foydalanish holatlarini aniqlash samaradorligini oshirish uchun metodik asos bo‘lib xizmat qiladi. Kelgusida tadqiqotlarni yer resurslarini baholashning yagona integral indeksini ishlab chiqish, milliy raqamli kadastr tizimlariga sun’iy intellekt modullarini joriy etish hamda ma’lumotlar sifatini nazorat qilish mexanizmlarini takomillashtirish yo‘nalishlarida davom ettirish maqsadga muvofiqdir.

Adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 7-sentyabrdagi PF-6061-sonli "Yer hisobi va davlat kadastrlarini yuritish tizimini tubdan takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g'risida"gi Farmoni.

2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 23-noyabrdagi qarori. Kosmik monitoring ishlarini amalga oshirish va davlat boshqaruvi organlarini kosmik suratlar bilan ta’minlash to‘g'risida.

3. Oymatov R.K. Sug'oriladigan yerlarning ekologik holatini xaritaga olishda tizimli va kompleks yondashuv // Geodeziya, kartografiya va geoinformatika. 2025. № 2. B. 140–147.

4. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning.

Cambridge, MA: MIT Press, 2016.

5. Chen M., Mao S., Liu Y. Big Data: A Survey // Mobile Networks and Applications. 2014. Vol. 19. P. 171–209.

6. Zhang C., Kovacs J.M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review // Precision Agriculture. 2012. Vol. 13. P. 693–712.

7. Lokers R., Knapen R., Janssen S., van Randen Y., Jansen J. Analysis of Big Data technologies for use in agro-environmental science // Environmental Modelling & Software. 2016. Vol. 84. P. 494–504.

8. Safarov E.Yu., Abdurakhimov X.A., Oymatov R.Q. Geoinformatsion kartografiya. Toshkent: Universitet, 2012.

9. Kamilova N.K., Yusupov Sh.A. Raqamli kadastr tizimlarini yuritishda geoinformatsion texnologiyalarning o‘rni // O‘zbekiston qishloq va suv xo‘jaligi jurnali. 2024. № 5. B. 22–26.

10. Weiss M., Jacob F., Duveiller G. Remote sensing for agricultural applications: A meta-review // Remote Sensing of Environment. 2020. Vol. 236. 111402.

11. Mamadaliyev D.T. Yer resurslarini boshqarishda geoaxborot tizimlarining tutgan o‘rni // Geodeziya, kartografiya va geoinformatika. 2024. № 3. B. 95–101.

UO‘K: 528.8:004.032.26

Tarixiy obidalar zonalarida yer yuzasi deformatsiyalarini radar interferometriyasi va rekurrent neyron tarmoqlar asosida bashoratlash

Yo‘ldoshev Jahongir Odilbek o‘g‘li-*Alfraganus universiteti Turizm fakulteti Umumkasbiy fanlar kafedrasi katta o‘qituvchisi*

E-mail: yuldoshevjahongir7777777@gmail.com; Tel.: +998 90 433 39 97

ORCID: 0009-0002-2245-6212

Annotatsiya. *Tadqiqot maqsadi — obidalar zonalaridagi deformatsiyalarni yuqori aniqlikda aniqlash va bashoratlash metodikasini yaratish. Usullar: Sentinel-1 radar interferometriyasi vaqt qatorlari va ikki yo‘nalishli rekurrent neyron tarmoq integratsiyasi. Natijalar: to‘qqizta obyektda vertikal siljish ±1,8–2,6 mm aniqlikda aniqlangan, 12 oylik bashorat xatosi 3,5 mm. Xulosa: metodika profilaktik muhofaza qarorlarini asoslash uchun yaroqli.*

Kalit so‘zlar: *radar interferometriya; barqaror sochuvchilar; kichik bazislar usuli;*

vaqt qatorlari; rekurrent neyron tarmoq; deformatsiya monitoringi; madaniy meros; geoekologik barqarorlik; bashoratlash; geodezik kalibrlash.

Аннотация. Цель исследования — разработка методики высокоточного выявления и прогнозирования деформаций в зонах памятников. Методы: интеграция временных рядов радарной интерферометрии Sentinel-1 и двунаправленной рекуррентной нейронной сети. Результаты: на девяти объектах вертикальные смещения определены с точностью ±1,8–2,6 мм, ошибка 12-месячного прогноза 3,5 мм. Вывод: методика пригодна для обоснования превентивных охранных решений.

Ключевые слова: *радарная интерферометрия; постоянные рассеиватели; метод малых базовых линий; временные ряды; рекуррентная нейронная сеть; мониторинг деформаций; культурное наследие; геоэкологическая устойчивость; прогнозирование; геодезическая калибровка.*

Abstract. *The aim of the study is to develop a methodology for high-precision detection and forecasting of deformations in heritage zones. Methods: integration of Sentinel-1 radar interferometry time series with a bidirectional recurrent neural network. Results: at nine sites vertical displacements were determined with ±1.8–2.6 mm accuracy; the 12-month forecast error was 3.5 mm. Conclusion: the methodology is suitable for substantiating preventive conservation decisions.*

Keywords: *radar interferometry; persistent scatterers; small baseline subset; time series; recurrent neural network; deformation monitoring; cultural heritage; geoecological stability; forecasting; geodetic calibration.*

Kirish

Toshkent, Samarqand va Xiva shaharlaridagi me’moriy obidalar asosan lyoss va lyossimon qumoqlarda joylashgan bo‘lib, namlanish rejimi o‘zgarganda ular o‘ziga xos cho‘kish (prosadka) xususiyatini namoyon etadi. Poydevor ostidagi millimetr darajasidagi differensial cho‘kishlar devor konstruksiyalarida tortishish kuchlanishlarini vujudga keltiradi va uzoq muddatda g‘ishtli hamda paxsa devorlarda yoriqlar tizimining shakllanishiga olib keladi. Shu bois obida hududining deformatsion holatini nafaqat qayd etish, balki uning kelgusi rivojlanishini oldindan bashoratlash zamonaviy geodezik monitoringning dolzarb ilmiy-amaliy vazifasiga aylanmoqda.

An’anaviy geodezik usullar — II sinf takroriy nivelirlash, GNSS-statik kuzatuvlar va taxeometrik o‘lchovlar — alohida reperlarda 0,5–2,0 mm aniqlikni ta’minlaydi, biroq ularning fazoviy zichligi past, o‘lchov sikllari orasidagi oraliq esa 6–12 oyni tashkil etadi. A. Ferretti va hammualliflari barqaror sochuvchilar interferometriyasini [5], P. Berardino va hammualliflari

esa kichik bazislar to‘plami usulini asoslaganlar [1]; A. Hooper va hammualliflari ikkala yondashuvni birlashtiruvchi ko‘p vaqtli algoritmni taklif etganlar [11], M. Crosetto va hammualliflari sharhida esa usulning aniqligi 1,0–1,5 mm/yil darajasida baholangan [2]. Copernicus dasturining Sentinel-1A/B yo‘ldoshlari ochiq SLC arxivini shakllantirib [14], uzluksiz vaqt qatorlarini qurish imkonini beradi. D. Tapete va F. Cigna ushbu texnologiyani YUNESKO obyektlariga tatbiq etish holatini umumlashtirganlar [13]. Ikkinchi yo‘nalishda uzoq-qisqa muddatli xotira arxitekturasi [10], unutish darvozasi [6] va ikki yo‘nalishli kengaytma [8] asoslangan.

Adabiyotlar tahlili ikkita bo‘shliqni ko‘rsatadi. Birinchidan, radar interferometriyasi mohiyatan retrospektiv: u faqat sodir bo‘lgan siljishni qayd etadi, restavratsiya tadbirlarini rejalashtirish uchun esa 3–12 oylik bashorat talab etiladi; mavjud ishlarda interferometrik qatorlarni bashoratlash moduli bilan bog‘lash masalasi ochiq qolgan. Ikkinchidan, interferometrik va sun’iy intellekt usullari alohida-alohida yaxshi o‘rganilgan bo‘lsa-da, ularning obida bufer zonalari kesimida integratsiyalangan, milliy geodezik asos (SKS-95 koordinatalar va Baltika balandliklar tizimi) bilan bog‘langan yagona metodik sxemasi shakllantirilmagan.

Shundan kelib chiqib, tadqiqotning maqsadi — interferometrik vaqt qatorlari va ikki yo‘nalishli rekurrent neyron tarmoq integratsiyasiga asoslangan gibrid metodikani ishlab chiqish va uni uch shaharda approbatsiyadan o‘tkazishdan iborat. Vazifalar: (a) ikki interferometrik usul natijalarini obida bufer zonalari kesimida birlashtirish sxemasini asoslash; (b) vaqt qatorlarini neyron tarmoq uchun tayyorlash metodikasini ishlab chiqish; (c) fizik cheklovli yo‘qotish funksiyasiga ega tarmoq arxitekturasini taklif etish; (d) natijalarni takroriy nivelirlash bilan kalibrlab, metrologik baholash.[2]

Qisqartmalar: InSAR — radar interferometriyasi; PS-InSAR — barqaror sochuvchilar interferometriyasi; SBAS — kichik bazislar to‘plami usuli; SLC — bir marta ko‘rilgan kompleks tasvir; IW — interferometrik keng qamrov rejimi; LOS — radar ko‘rish nuri; LSTM — uzoq-qisqa muddatli xotira; Bi-LSTM — ikki yo‘nalishli LSTM; STL — mavsumiy-trend dekompozitsiyasi; APS — atmosfera fazaviy ekrani; RMSE — o‘rtacha kvadratik xato.

Materiallar va usullar

Tajribaning umumiy dizayni besh bosqichli, qayta aloqa halqasi bilan to‘ldirilgan yopiq sxema ko‘rinishida tashkil etilgan (1-rasm): beshinchi bosqichdagi kalibrlash natijalari to‘rtinchi bosqichga qaytariladi va model har olti oyda qayta o‘qitiladi, bu «eskirish» (concept drift) ni

[2]Ushbu tadqiqotning dastlabki natijalari muallifning [16, 17, 18] nashrlarida qisman e'lon qilingan.

oldini oladi. Bosqichlar quyida xronologik tartibda bayon etiladi.



1-rasm. Gibrid «PS-InSAR/SBAS + Bi-LSTM» monitoring va bashoratlash metodikasining blok-sxemasi[3]

Dastlabki ma’lumotlar va interferometrik qayta ishlash. Sentinel-1A/B ning SLC (IW rejimi, VV polyarizatsiya) tasvirlari bitta trek doirasida, ko‘tariluvchi va tushuvchi orbitalar bo‘yicha birgalikda qayta ishlangan (1-jadval); relyef modeli sifatida Copernicus GLO-30 (±4 m), qayta ishlash muhiti sifatida SNAP, StaMPS va MintPy dasturiy paketlari qo‘llanilgan. Koregistratsiya DEM va kengaytirilgan spektral xilma-xillik (ESD) usulida bajariladi; azimut bo‘yicha xatolik 0,001 pikseldan oshmasligi shart. Interferometrik faza fizik komponentlarning superpozitsiyasidan iborat [9]:

$$\Delta\varphi_{int} = \varphi_{def} + \varphi_{topo} + \varphi_{atm} + \varphi_{orb} + \varphi_{noise} + 2\pi k \quad (1)$$

bu yerda φ_{def} — LOS yo‘nalishidagi siljish fazasi; φ_{topo}, φ_{atm}, φ_{orb} va φ_{noise} — mos ravishda relyef, atmosfera, orbita va shovqin komponentlari; $2\pi k$ — faza noaniqligi. Topografik faza GLO-30 modeli bilan, APS esa GACOS global modeli hamda fazoviy past chastotali (oyna 1 200 m) va vaqtiy yuqori chastotali (kesish davri 120 kun) kaskadli filtr orqali kompensatsiyalanadi [19]; faza MCF va SNAPHU algoritmlari bilan yechiladi, undan oldin interferogrammalar Goldstein–Werner filtri bilan silliqlanadi, $\alpha = 0{,}5$ [7]. Qoldiq deformatsion faza siljishga o‘tkaziladi va vertikal komponentga proyeksiyalanadi:

$$d_{LOS} = -(\lambda / 4\pi) \cdot \varphi_{def}; \quad d_v = d_{LOS} / \cos\theta \quad (2)$$

bu yerda $\lambda = 5{,}55$ sm — to‘lqin uzunligi; $\theta = 29°–46°$ — tushish burchagi. Barqaror sochuvchi nomzodlar amplituda dispersiyasi indeksi ($D_A = \sigma_A / m_A \le 0{,}25$) bo‘yicha

[3]Manba: muallif tomonidan ishlab chiqilgan.

tanlanib, ansambl koherentligi bo‘yicha filtrlanadi [11]:

$$\gamma_x = (1/N) \cdot \left| \sum_{i=1}^{N} \exp\left(j \cdot (\psi_{x,i} - \tilde{\psi}_{x,i} - \Delta\varphi\hat{}_{\theta,x,i}) \right) \right| \quad (3)$$

$\gamma_x \geq 0{,}75$ shartini qanoatlantiruvchi nuqtalar yakuniy PS to‘plamiga kiritiladi; SBAS tarmog‘ida juftliklar $B_\perp \leq 150$ m va $B_t \leq 60$ kun cheklovlari asosida tanlanib, tizim singulyar qiymatlarga yoyish (SVD) orqali yechiladi. Tayanch nuqta sifatida II sinf nivelirlash reperi bilan bog‘langan va $\gamma > 0{,}90$ koherentlikka ega nuqta olinadi, shu tariqa barcha natijalar SKS-95 va Baltika balandliklar tizimiga keltiriladi.

Vaqt qatorlarini tayyorlash. Xom InSAR qatori rekurrent tarmoqqa bevosita uzatilmaydi, shu bois olti bosqichli tayyorgarlik qo‘llaniladi: (a) anomal qiymatlar mediana asosidagi Hampel filtri bilan bartaraf etiladi ($k = 3$, qatorning 1,8–3,4 % i); (b) qator 12 kunlik bir jinsli to‘rga PCHIP interpolyatsiyasi orqali keltiriladi; (c) STL dekompozitsiyasi bajariladi:

$$d(t) = T(t) + S(t) + R(t) \quad (4)$$

Trend T(t), mavsumiy S(t) va qoldiq R(t) komponentlarini alohida kanal sifatida uzatish modelning qaytmas cho‘kishni qaytar tebranishdan ajratishini ta’minlaydi; (d) qoldiq komponent veyvlet (Daubechies db4, $L = 4$) yumshoq chegaralash bilan shovqinsizlantiriladi; (e) nuqtalar DBSCAN bilan klasterlanadi ($\varepsilon = 45$ m, $\text{minPts} = 6$), har bir obida uchun 0–50, 50–150 va 150–500 m bufer zonalari ajratilib, fon zonasining o‘rtacha tezligi poydevor zonasidan ayiriladi; (f) min-maks normallashtirishdan so‘ng ma’lumot $X \in \mathbb{R}^{(N \times 24 \times 9)}$ tenzoriga aylantiriladi. Belgilar: kumulyativ vertikal siljish, trend va mavsumiy komponentlar, siljish tezligi, koherentlik, grunt suvlari sathi, yog‘in, harorat va obidagacha masofa. Ajratish xronologik tartibda: 2017–2022 — o‘quv (70 %), 2023 — validatsiya (15 %), 2024–2025 — test (15 %).

Bashoratlash moduli. LSTM xotira yacheykasi darvozali boshqaruv mexanizmi orqali uzoq muddatli bog‘liqliklarni saqlaydi; t vaqt qadamida hisoblashlar quyidagicha bajariladi:

$$f_t = \sigma(W_f[h_{t-1}, x_t] + b_f);\ \ i_t = \sigma(W_i[h_{t-1}, x_t] + b_i);\ \ \tilde{C}_t = \tanh(W_C[h_{t-1}, x_t] + b_C); \quad (5)$$

$$C_t = f_t \odot C_{t-1} + i_t \odot \tilde{C}_t;\ \ o_t = \sigma(W_o[h_{t-1}, x_t] + b_o);\ \ h_t = o_t \odot \tanh(C_t) \quad (6)$$

bu yerda $\sigma(\cdot)$ — sigmoid funksiya, $\odot$ — Adamar ko‘paytmasi. Birinchi rekurrent qatlam ikki yo‘nalishli ko‘rinishda quriladi va unga additiv diqqat qatlami ulanadi [8]:

$$h_t = [\vec{h}_t \oplus \overleftarrow{h}_t];\ \ \alpha_t = \exp(e_t) / \sum_{k=1}^{T} \exp(e_k);\ \ c = \sum_{t=1}^{T} \alpha_t h_t \quad (7)$$

Ikki yo‘nalishli qatlam faqat retrospektiv oyna ($T = 24$ qadam) doirasida qo‘llaniladi va bashorat oralig‘iga tegmaydi, ya’ni look-

ahead bias istisno etiladi. Arxitektura: Bi-LSTM(128) → Dropout(0,20) → LSTM(64) → Attention → Dense(32, ReLU) → Dense(H); jami 230 124 ta o‘qitiladigan parametr; paket hajmi 256, epoxalar 200, EarlyStopping (patience = 20), optimizator — Adam, $\eta = 10^{-3}$ [12]. Yo‘qotish funksiyasi kompozit ko‘rinishda taklif etiladi:

$$L = (1/n)\sum(y_i - \hat{y}_i)^2 + \lambda_1 \sum_{h=2}^{H-1} (\hat{y}_{h+1} - 2\hat{y}_h + \hat{y}_{h-1})^2 + \lambda_2 ||W||^2 \quad (8)$$

bu yerda ikkinchi had — bashorat traektoriyasining ikkinchi tartibli chekli ayirmasi bo‘yicha silliqlik jarimasi, ya’ni grunt deformatsiyasining inersion tabiatini aks ettiruvchi fizik cheklov ($\lambda_1 = 0{,}05$); uchinchi had — L2-regulyarizatsiya ($\lambda_2 = 10^{-4}$).

Kalibrlash va sifat mezonlari. Har bir poligonda II sinf nivelirlash reperlari atrofidagi 50 m radiusdagi PS nuqtalarining og‘irlikli o‘rtacha qiymati hisoblanib, tizimli siljish b hamda RMSE bo‘yicha taqqoslanadi; |b| > 1,5 mm bo‘lganda tayanch nuqta qayta tanlanadi. Model sifati RMSE, MAE va R^2 bo‘yicha baholanadi; taqqoslash uchun ARIMA (2,1,1), Random Forest, bir yo‘nalishli LSTM va oddiy Bi-LSTM modellari bir xil to‘plamlarda o‘qitilgan.

Natijalar

1-jadvalda qayta ishlashga jalb etilgan Sentinel-1 ma’lumotlari to‘plamining parametrlari keltirilgan.

1-jadval

Qayta ishlashga jalb etilgan Sentinel-1 ma’lumotlari to‘plamining parametrlari[4]

Poligon	Orbita / trek	Tasvirlar soni	Kuzatuv davri	B⊥, m	Interfero-grammalar
Toshkent	Asc. 5 / Desc. 168	212 / 198	2017.01–2025.06	68	1 040
Samarqand	Asc. 78 / Desc. 41	205 / 191	2017.01–2025.06	74	982
Xiva	Asc. 5 / Desc. 76	198 / 187	2017.03–2025.06	81	916

[4]Manba: Copernicus Open Access Hub (ESA) arxivi asosida muallif tomonidan tuzilgan.

Har bir poligon uchun 385–410 ta SLC tasvir qayta ishlangan. PS va SBAS natijalarini birlashtirish nuqtalar zichligini 1 800–4 200 nuqta/km² ga yetkazdi; bu PS-InSAR ning yakka o‘zidagi ko‘rsatkichdan 20–35 % yuqori .

Vertikal tezlikni aniqlashning o‘rtacha kvadratik xatosi ±0,9–1,4 mm/yil ni tashkil etdi. 2-jadvalda to‘qqizta obyekt bo‘yicha aniqlangan deformatsiya ko‘rsatkichlari va ularning takroriy nivelirlash bilan kalibrlanish natijalari sarhisob etilgan.

2-jadval

Deformatsiya ko‘rsatkichlari va InSAR ma’lumotlarining takroriy nivelirlash bilan kalibrlanishi[5]

Poligon va obyekt	**PS zichligi, nuqta/km²**	**O‘rtacha v_{vert}, mm/yil**	**Maksimal v_{vert}, mm/yil**	**Bias b, mm**	**RMSE, mm**	**R^2**
Toshkent, Xastimom majmuasi	3 180	−3,2	−7,4	+0,6	1,9	0,93
Toshkent, Ko‘kaldosh madrasasi	2 940	−2,7	−6,1	−0,4	2,1	0,91
Toshkent, Shayxontohur majmuasi	2 610	−2,1	−5,3	+0,8	2,3	0,89
Samarqand, Registon majmuasi	4 020	−4,6	−11,2	−0,7	2,0	0,94
Samarqand, Bibixonim masjidi	3 570	−5,1	−12,8	+1,1	2,4	0,90
Samarqand, Shohi Zinda ansambli	3 240	−3,8	−9,0	+0,5	2,2	0,92
Xiva, Ichan Qal'a devorlari	2 180	−2,9	−6,8	−0,9	2,6	0,88

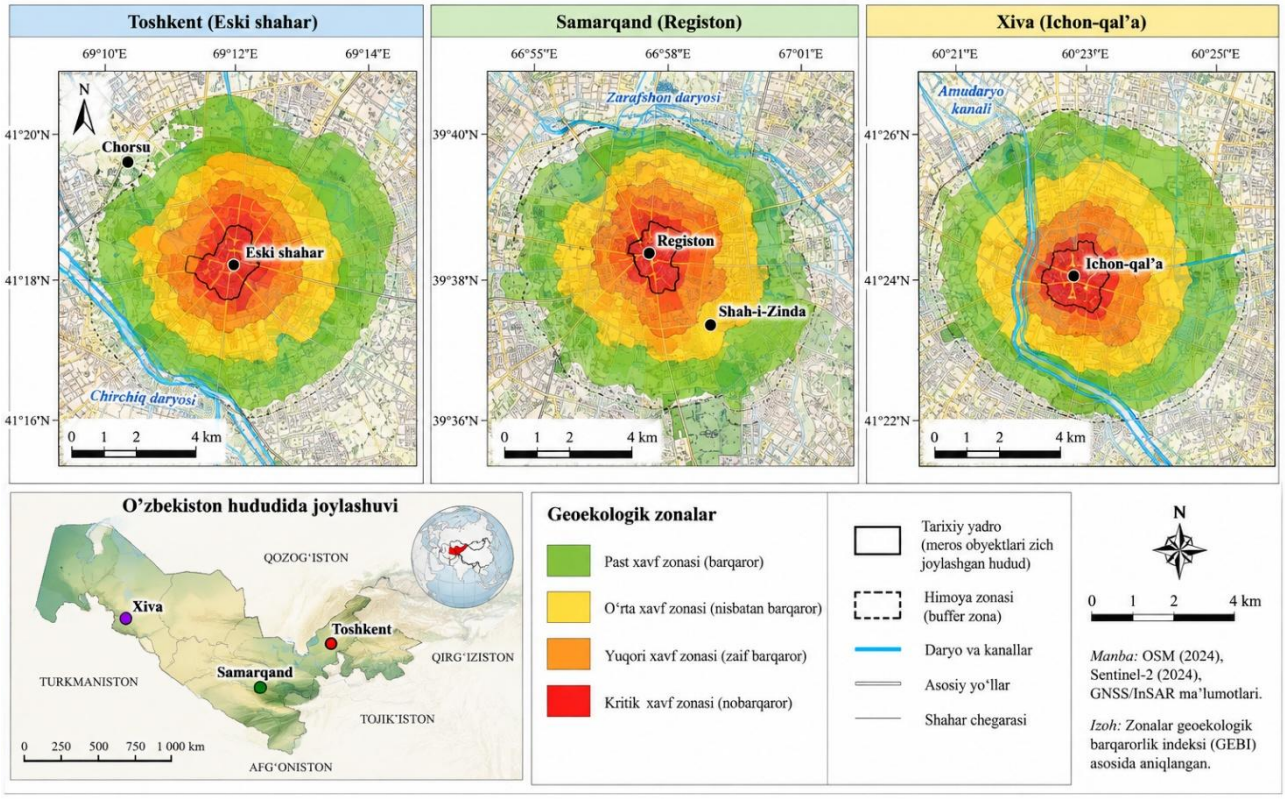
[5]Manba: muallif tomonidan olib borilgan hisob-kitoblar va dala geodezik o'lchovlari natijalari.

Poligon va obyekt	PS zichligi, nuqta/km²	O‘rtacha v_{vert}, mm/yil	Maksimal v_{vert}, mm/yil	Bias b, mm	RMSE, mm	R^2
Xiva, Juma masjidi	1 960	−2,4	−5,6	+0,7	2,5	0,89
Xiva, Islom Xo‘ja minorasi	2 350	−3,6	−8,1	−1,0	2,3	0,91

Tizimli siljish barcha obyektlarda |b| ≤ 1,1 mm doirasida, kalibrlash RMSE si 1,9–2,6 mm, determinatsiya koeffitsienti R^2 = 0,88–0,94 ni tashkil etdi. Eng katta o‘rtacha cho‘kish tezligi Samarqandda (−5,1 mm/yil), eng kichigi Toshkentda (−2,1 mm/yil) qayd etildi; maksimal qiymat −12,8 mm/yil ni tashkil etdi. STL dekompozitsiyasi Samarqand poligonida amplitudasi 3–4 mm bo‘lgan yillik mavsumiy komponentni ajratdi va uning maksimumi sizot suvlari sathi maksimumidan 5–7 hafta kechikishi aniqlandi. Toshkent poligonida bitta obyekt doirasidagi differensial cho‘kish gradienti 2,8 mm/yil ga yetdi. Xiva poligonida PS zichligi eng past qiymatlarni (1 960–2 350 nuqta/km²) ko‘rsatdi

.

1-xarita. Toshkent, Samarqand va Xiva tarixiy hududlarining geoekologik zonalanishi



2-rasm. Toshkent, Samarqand va Xiva tarixiy hududlarining geoekologik zonalanishi

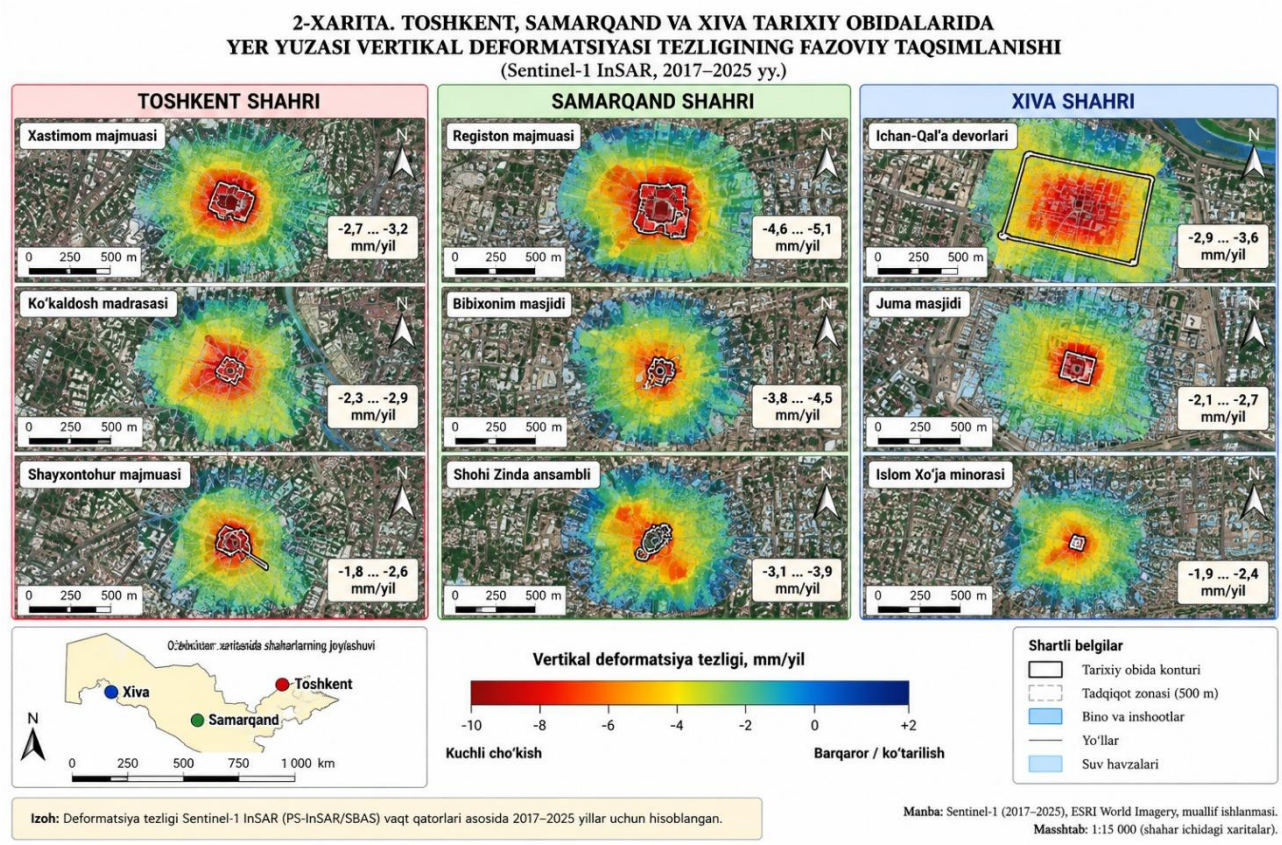
3-jadvalda bashorat ufqi bo‘yicha modellar aniqligining qiyosiy dinamikasi keltirilgan.

3-jadval

Bashorat ufqi bo‘yicha modellar aniqligining qiyosiy dinamikasi, RMSE (mm)[6]

Model	**H = 3 oy**	**H = 6 oy**	**H = 9 oy**	**H = 12 oy**	**Aniqlikning pasayishi, %**
ARIMA (2,1,1)	4,8	6,7	8,9	11,4	137
Random Forest	3,9	5,4	7,1	9,3	138
LSTM (bir yo‘nalishli)	3,1	3,9	5,0	6,4	106
Bi-LSTM	2,4	3,0	3,8	4,7	96
Bi-LSTM + Attention (taklif etilgan)	1,9	2,3	2,9	3,5	84

[6]Manba: muallif tomonidan olib borilgan hisoblash tajribalari natijalari.



3-rasm. Toshkent, Samarqand va Xiva tarixiy obidalarida yer yuzasi vertikal deformatsiyasi tezligining fazoviy taqsimlanishi (Sentinel-1 InSAR, 2017-2025 yy.)

Taklif etilgan model barcha ufqlarda eng kichik xatoni berdi: H = 3 oyda RMSE = 1,9 mm, H = 12 oyda 3,5 mm. Ufq uch marta kengayganda xatoning o‘sishi 84 % ni, ARIMA modelida esa 137 % ni tashkil etdi.

Munozara

Tadqiqotning maqsadi interferometrik vaqt qatorlari va rekurrent neyron tarmoq integratsiyasiga asoslangan gibrid metodikani ishlab chiqishdan iborat edi; olingan natijalar Kirish qismida qo‘yilgan to‘rtala vazifaning ham bajarilganini ko‘rsatadi. Erishilgan vertikal tezlik aniqligi (±0,9–1,4 mm/yil) M. Crosetto va hammualliflari PSI texnologiyasi uchun keltirgan 1,0–1,5 mm/yil chegarasining quyi qismiga mos keladi [2], ya’ni obida bufer zonalari kesimida koherentlikka mutanosib og‘irlashtirish nuqtalar zichligini oshirish bilan birga aniqlikni ham yaxshilaydi. Kalibrlash ko‘rsatkichlari (R^2 = 0,88–0,94) interferometrik natijalarning mustaqil geodezik o‘lchovlar bilan yuqori muvofiqligini tasdiqlaydi. D. Tapete va F. Cigna InSAR ning YUNESKO obyektlaridagi asosiy cheklovi sifatida uning retrospektiv xarakterini ta’kidlagan edilar [13]; mazkur ishda bu cheklov bashoratlash moduli hisobiga bartaraf etildi.

Poligonlar bo‘yicha aniqlangan farqlarni quyidagicha izohlash mumkin. Samarqandda mavsumiy maksimumning sizot suvlari sathi maksimumidan 5–7 hafta kechikishi

grunt massivining inersion javob reaksiyasini aks ettiradi — aynan shunday lagli bog‘liqlik klassik ekstrapolyatsiya modellari uchun qiyin, LSTM ning darvozali xotirasi uchun esa tabiiy vazifadir; bu Bi-LSTM ning ARIMA dan 2,5–3,3 baravar ustunligini izohlaydi. Toshkentda mutlaq cho‘kish kichik bo‘lsa-da, differensial gradientning 2,8 mm/yil ga yetishi konstruksiyalar uchun mutlaq cho‘kishdan xavfliroq, chunki aynan notekis cho‘kish tortishish kuchlanishlarini keltirib chiqaradi. Xivada PS zichligining pastligi paxsa (loy) devorlarning radar to‘lqinlarini zaif aks ettirishi bilan izohlanadi; bu yerda gibrid sxemadagi SBAS komponentining hissasi hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi va PS-InSAR ni yakka qo‘llash yetarli natija bermasligini ko‘rsatadi.

Tadqiqot davomida quyidagi cheklovlar aniqlandi: Bi-LSTM modulining barqaror ishlashi uchun o‘quv qatori kamida besh yilni tashkil etishi shart, bu yangi poligonlarda metodikani darhol qo‘llash imkonini cheklaydi; GACOS modeli qo‘llanilganidan keyin ham qoldiq atmosfera ta’siri saqlanib qoladi, shu bois bir-ikki sikldan iborat qisqa muddatli tebranishlarni talqin qilishda ehtiyotkorlik talab etiladi; paxsa devorli obyektlarda natija ko‘proq SBAS komponentiga tayanadi. Amaliy jihatdan metodika 6 oygacha bo‘lgan ufqda muhandislik qarorlari uchun, 9–12 oylik ufqda esa monitoring rejasini tuzish uchun yaroqli. Natijalar muallifning oldingi ishlari bilan bog‘lanadi: geoekologik vaziyat tahlili [18] deformatsion ko‘rsatkichlar bilan to‘ldirildi, neyron tarmoqlarni adaptiv boshqaruvda qo‘llash [17] bashoratlash moduli uchun asos bo‘ldi, masofadan zondlashni geoaxborot tahliliga jalb etish tajribasi ilgari sinovdan o‘tkazilgan [3, 4, 15, 20], geoportalga integratsiya esa [16] da taklif etilgan yondashuvni davom ettiradi. Keyingi tadqiqotlar C- va X-diapazon ma’lumotlarini birgalikda qayta ishlash hamda bashoratni konstruksiyalarning kuchlanish-deformatsion holati modellari bilan bog‘lash yo‘nalishida davom ettiriladi.

Xulosa va takliflar

1. Ikki interferometrik usul natijalarini obida bufer zonalari kesimida koherentlikka mutanosib og‘irliklar bilan birlashtirish nuqtalar zichligini 20–35 % ga oshirish va vertikal siljishni ±1,8–2,6 mm aniqlikda aniqlash imkonini berdi.

2. Vaqt qatorlarini neyron tarmoq uchun tayyorlashning olti bosqichli metodikasi taklif etildi; trend, mavsumiy va qoldiq komponentlarni alohida kanallar sifatida uzatish modelning qaytmas cho‘kishni qaytar tebranishdan ajratish qobiliyatini ta’minladi.

3. Diqqat mexanizmi bilan to‘ldirilgan Bi-LSTM arxitekturasi va fizik cheklovli kompozit yo‘qotish funksiyasi (8) ishlab chiqildi; silliqlik jarimasi bashorat traektoriyasining nomaqbul sakrashlarini bartaraf etdi.

4. Metodika to‘qqizta obyektda sinovdan o‘tkazilib, takroriy

nivelirlash bilan kalibrlash |b| ≤ 1,1 mm, RMSE = 1,9–2,6 mm va R^2 = 0,88–0,94 koʻrsatkichlarini berdi; model bashorat aniqligi boʻyicha ARIMA dan 2,5–3,3 baravar, bir yoʻnalishli LSTM dan 1,6–1,8 baravar ustun.

Takliflar: interferometrik monitoringni madaniy meros muhofazasi boʻyicha yillik reglament tadbiri sifatida joriy etish; har bir obida atrofida kamida uchta II sinf nivelirlash reperidan iborat mahalliy tarmoqni saqlab qolish; deformatsiya tezliklari va bashorat qiymatlarini WebGIS geoportalining tematik qatlamlari sifatida rasmiylashtirish.

Foydalanilgan adabiyotlar roʻyxati

1. Berardino, P., Fornaro, G., Lanari, R., Sansosti, E. (2002) A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 40, No. 11, pp. 2375–2383.

2. Crosetto, M., Monserrat, O., Cuevas-González, M., Devanthéry, N., Crippa, B. (2016) Persistent Scatterer Interferometry: A review, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 115, pp. 78–89.

3. Egamberdiev, A., Abdumoʻminov, B., Umirbayeva, A., Yoʻldoshev, J.O. (2025) Yer yuzasi haroratining oʻzgarish dinamikasi, Geodeziya, kartografiya va geoinformatika, №4.

4. Egamberdiev, A., Teshaev, N., Abdimuminov, B., Ruzikulova, O., Yuldoshev, J., Karshibaeva, L. (2025) Monitoring Climate Dynamics and Cryospheric Changes in Ugam Chatkal National Park, Uzbekistan: A Remote Sensing and GIS-Based Analysis, InterCarto. InterGIS, Vol. 31, Part 1, pp. 550–560.

5. Ferretti, A., Prati, C., Rocca, F. (2001) Permanent scatterers in SAR interferometry, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 39, No. 1, pp. 8–20.

6. Gers, F.A., Schmidhuber, J., Cummins, F. (2000) Learning to forget: Continual prediction with LSTM, Neural Computation, Vol. 12, No. 10, pp. 2451–2471.

7. Goldstein, R.M., Werner, C.L. (1998) Radar interferogram filtering for geophysical applications, Geophysical Research Letters, Vol. 25, No. 21, pp. 4035–4038.

8. Graves, A., Schmidhuber, J. (2005) Framewise phoneme classification with bidirectional LSTM and other neural network architectures, Neural Networks, Vol. 18, No. 5–6, pp. 602–610.

9. Hanssen, R.F. (2001) Radar Interferometry: Data

Interpretation and Error Analysis, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

10. Hochreiter, S., Schmidhuber, J. (1997) Long Short-Term Memory, Neural Computation, Vol. 9, No. 8, pp. 1735–1780.

11. Hooper, A., Zebker, H., Segall, P., Kampes, B. (2004) A new method for measuring deformation on volcanoes and other natural terrains using InSAR persistent scatterers, Geophysical Research Letters, Vol. 31, No. 23, L23611.

12. Kingma, D.P., Ba, J. (2015) Adam: A method for stochastic optimization, Proceedings of the 3rd International Conference on Learning Representations (ICLR), San Diego.

13. Tapete, D., Cigna, F. (2017) InSAR data for geohazard assessment in UNESCO World Heritage sites: state-of-the-art and perspectives in the Copernicus era, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol. 63, pp. 24–32.

14. Torres, R., Snoeij, P., Geudtner, D. va boshq. (2012) GMES Sentinel-1 mission, Remote Sensing of Environment, Vol. 120, pp. 9–24.

15. Yo‘ldoshev, J. (2024) Research of irrigated lands of Khorezm region using modern GAT technology, Materialshunoslik yo‘nalishi muammolari va innovatsion yechimlari: xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari, Toshkent, B. 19–26.

16. Yo‘ldoshev, J. (2026) Milliy geoportalni sun’iy intellekt texnologiyalari yordamida takomillashtirish va optimallashtirish (O‘zbekiston misolida), Natsciences.uz – Topical Issues of Natural and Applied Sciences, Vol. 2, №1, pp. 19–24.

17. Yo‘ldoshev, J., Safarov, E.Y., Prenov, Sh.M. (2026) Adaptiv boshqaruv tizimlarida sun’iy intellekt va neyron tarmoqlarini qo‘llashning funksional-texnik imkoniyatlari, Geodeziya, kartografiya va geoinformatika, №1 (maxsus son), B. 631–634.

18. Yo‘ldoshev, J., Safarov, E.Y., Prenov, Sh.M. (2026) Toshkent, Samarqand va Xiva shaharlaridagi madaniy meros zonalarida geo-ekologik vaziyatning qiyosiy geografik tahlili, Geodeziya, kartografiya va geoinformatika, №1 (maxsus son), B. 814–818.

19. Yu, C., Li, Z., Penna, N.T., Crippa, P. (2018) Generic atmospheric correction model for interferometric synthetic aperture radar observations, Journal of Geophysical

Research: Solid Earth, Vol. 123, No. 10, pp. 9202–9222.

20. Yuldoshev, J. (2025) Roller of unmanned aerial vehicles in agricultural crop vegetation, Экономика и социум, №2-1 (129), pp. 715–725.

UO‘K: 528.02:626.8

SUV OMBORI TO‘G‘ONLARINI SUV-NIQOBSIZ SBAS-InSAR USULIDA MONITORING QILISH METODIKASI

Abdukarimov Maxsud Miraz o‘g‘li-*Alfraganus universiteti, Turizm fakulteti, Umumkasbiy fanlar kafedrasi*
E-mail: *makhsudabdukarimov774@gmail.com*

Annotatsiya. *Suv ombori to‘g‘onlarini sun’iy yo‘ldosh radar interferometriyasi (InSAR) yordamida kuzatishda muhim metodik muammo — standart interferometrik mahsulotlardagi suv niqobining to‘g‘on tanasini monitoringdan chetlashtirishi hisoblanadi. Ushbu maqolada bu muammoni bartaraf etuvchi suv-niqobsiz, ikki orbital geometriyali va yuqori fazoviy detalli SBAS-InSAR ishlov berish metodikasi taklif etilgan. Metodika To‘polon suv ombori to‘g‘oni misolida sinovdan o‘tkazilib, to‘g‘on tanasi to‘liq o‘lchov ostiga olindi va uning vertikal hamda gorizontal siljish tezliklari aniqlandi.*

Kalit so‘zlar: *to‘g‘on, InSAR, SBAS, suv niqobi, deformatsiya monitoringi, dekompozitsiya, Sentinel-1.*

Аннотация. *Важной методической проблемой при мониторинге плотин водохранилищ методом спутниковой радарной интерферометрии (InSAR) является то, что водная маска в стандартных интерферометрических продуктах исключает тело плотины из мониторинга. В статье предложена методика обработки SBAS-InSAR без водной маски, с двумя орбитальными геометриями и высокой пространственной детализацией. Методика апробирована на примере плотины Тупалангского водохранилища.*

Ключевые слова: *плотина, InSAR, SBAS, водная маска, мониторинг деформаций, декомпозиция, Sentinel-1.*

Abstract. *An important methodological problem in monitoring reservoir dams by satellite radar interferometry (InSAR) is that the water mask in standard interferometric products excludes the dam body from monitoring. This article proposes a water-mask-free SBAS-InSAR processing methodology with two orbital geometries and high spatial resolution. The methodology was tested on the To‘polon reservoir dam.*

Keywords : *dam, InSAR, SBAS, water mask, deformation monitoring, decomposition, Sentinel-1.*

Kirish

Sun’iy yo‘ldosh radar interferometriyasi (InSAR) so‘nggi o‘n yilliklarda yer sirti siljishlarini millimetr aniqlikda va keng hududda kuzatishning kuchli vositasiga aylandi. Gidrotexnika inshootlari, jumladan suv ombori to‘g‘onlari deformatsiyasini masofadan turib nazorat qilishda bu texnologiya alohida ahamiyat kasb etadi, chunki u dala o‘lchovlarisiz, uzluksiz va hududiy qamrovda ma’lumot beradi. Biroq suv ombori to‘g‘onlarida InSAR ni qo‘llashda o‘ziga xos, kam yoritilgan bir cheklov mavjud bo‘lib, u to‘g‘on tanasining suv akvatoriyasiga bevosita tutashligi bilan bog‘liqdir.

Ko‘pchilik interferometrik ishlov berish oqimlarida suv yuzasi kogerentligi past bo‘lgani sababli, u maxsus niqob (suv niqobi) yordamida tahlildan chiqarib tashlanadi. Ammo suv ombori to‘g‘oni suv bilan bevosita tutash bo‘lgani uchun, bu niqob ko‘pincha to‘g‘on korpusining bir qismini ham qamrab oladi va natijada gidrotexnik jihatdan eng muhim obyekt kuzatuvdan tashqarida qoladi [8]. Mazkur maqolada aynan shu muammoni hal etishga qaratilgan metodik yondashuv bayon etiladi [2, 5].

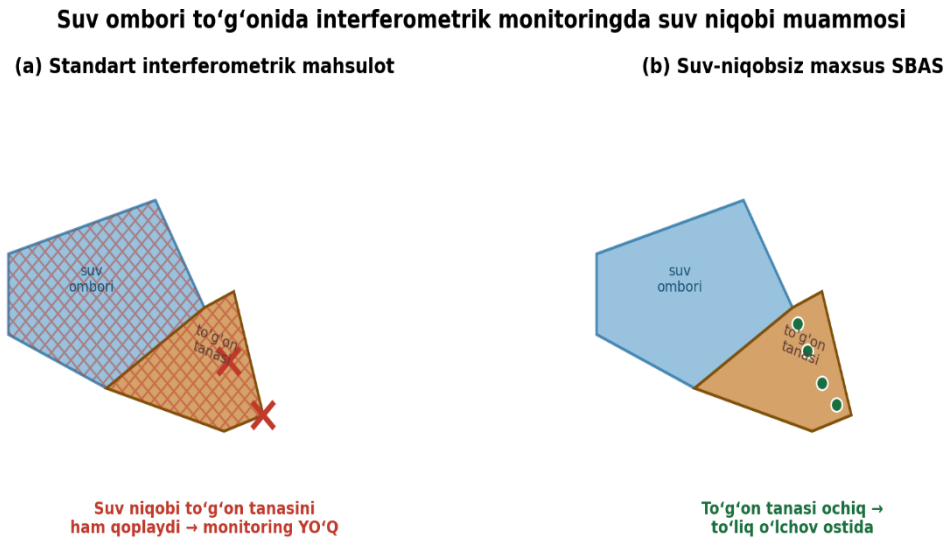
Ma’lumki, interferometrik ishlov berishda suv yuzasining kogerentligi juda past bo‘ladi, chunki suv sathi shamol va oqim ta’sirida doimiy o‘zgarib turadi va radar signalini barqaror қaytармайди. Shu sababli xalqaro ishlov berish tizimlarida, jumladan ochiq manbali platformalarda suv niqobi avtomatik qo‘llaniladi. Ammo bu niqoblar global suv qatlami ma’lumotlariga asoslangani bois, ular suv ombori to‘g‘onining suvga tutash yuqori qismini ham xatolik bilan suv deb belgilashi va monitoringdan chiqarib tashlashi mumkin. Bu holat ayniqsa suv sathi yuqori bo‘lgan davrlarda yaqqol namoyon bo‘ladi [4, 7].

Tadqiqotning maqsadi va vazifalari

Tadqiqotning maqsadi suv ombori to‘g‘onlarida standart interferometrik mahsulotlardagi suv niqobi muammosini bartaraf etuvchi maxsus SBAS-InSAR ishlov berish metodikasini ishlab chiqish va uni real obyekt misolida sinovdan o‘tkazishdan iborat. Buning uchun quyidagi vazifalar belgilandi: suv niqobining to‘g‘on tanasiga ta’sirini aniqlash; suv-niqobsiz ishlov berish oqimini shakllantirish; ikki orbital geometriya ma’lumotlarini birlashtirib, siljishni fizik tashkil etuvchilarga ajratish.

Metodika

Taklif etilayotgan metodika uch asosiy jihat bilan tavsiflanadi. Birinchidan, ishlov berish oqimida suv niqobi qo‘llanilmaydi; buning o‘rniga kogerentlik ostonasi va nuqtalarni tanlash mezonlari to‘g‘on korpusini saqlab qoladigan tarzda sozlanadi. Bu to‘g‘on tanasining suvga tutash chegarasidagi qismini ham o‘lchov ostiga olish imkonini beradi (1-rasm).



1-rasm. Standart mahsulotda suv niqobi to‘g‘on tanasini qoplashi (a) va suv-niqobsiz yondashuvda to‘g‘on tanasining ochiqligi (b).

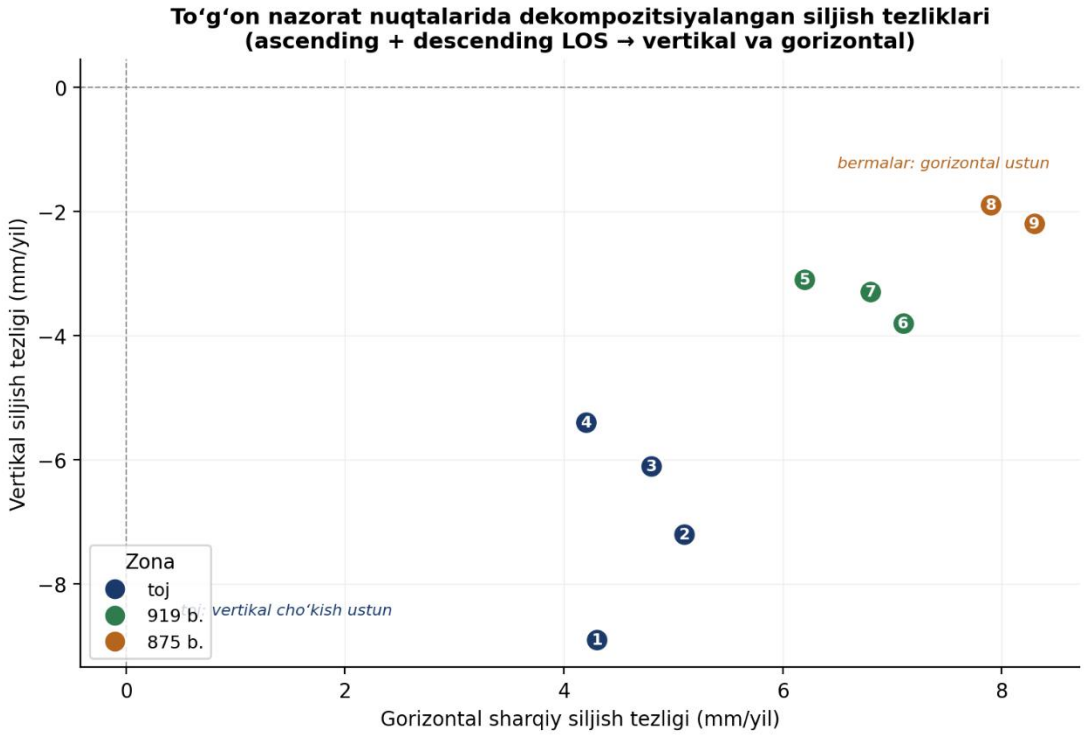
Ikkinchidan, tahlil ikki orbital geometriya — ko‘tariluvchi (ascending) va tushuvchi (descending) kuzatuvlar asosida amalga oshiriladi. Bu ikki qarash burchagidan olingan nishon chizig‘i (LOS) bo‘yicha siljishlarni birlashtirish orqali harakatni vertikal va gorizontal sharqiy tashkil etuvchilarga ajratish mumkin bo‘ladi. Uchinchidan, ishlov berish yuqori fazoviy detallikda bajarilib, tor to‘g‘on toji ham yetarli sonli o‘lchov nuqtalari bilan qamrab olinadi. Kichik bazali interferometrik to‘plamlar (SBAS) usulidan foydalanilib, vaqt qatori tahlili orqali barqaror siljish tezliklari hisoblab chiqiladi [1, 9].

Kichik bazali interferometrik to‘plamlar (SBAS) usuli qisqa fazoviy va vaqtiy bazaga ega interferogrammalar to‘plamidan foydalanadi, bu esa dekorrelyatsiya ta’sirini kamaytiradi va uzoq muddatli barqaror deformatsiya signalini ajratib olish imkonini beradi. Usulda har bir nazorat nuqtasi uchun vaqt qatori tuzilib, unga chiziqli va nochiziqli tashkil etuvchilar moslashtiriladi. Atmosfera fazasi ta’sirini kamaytirish maqsadida fazoviy va vaqtiy filtrlash qo‘llaniladi. Yakuniy natijada har bir nuqta uchun o‘rtacha yillik siljish tezligi va kumulyativ siljish qatori olinadi [6, 9].

Natijalar va ularning muhokamasi

Taklif etilgan metodika To‘polon suv ombori to‘g‘oni misolida qo‘llanildi. Suv niqobisiz ishlov berish natijasida to‘g‘on tanasi to‘liq o‘lchov ostiga olindi — standart yondashuvda kuzatuvdan tushib qoladigan suvga tutash qism ham qamrab olindi. Ikki orbital geometriya ma’lumotlarini dekompozitsiya qilish orqali har bir nazorat nuqtasi uchun vertikal va

gorizontal siljish tezliklari ajratildi (2-rasm).



2-rasm. To‘g‘on nazorat nuqtalarining vertikal va gorizontal siljish tezliklari (dekompozitsiya natijasi).

Natijalar to‘g‘on tanasi turli zonalarida siljish xarakterining farqlanishini ko‘rsatdi. To‘g‘on toji nuqtalarida vertikal tashkil etuvchi (konsolidatsion cho‘kish) ustunlik qildi va toj markazida eng katta qiymatga yetdi. Bermalar zonasida esa gorizontal sharqiy tashkil etuvchi (yonbag‘ir yoyilishi) ustun bo‘ldi. Bunday taqsimot tosh-tuproqli to‘g‘on tanasining deformatsion mexanizmiga fizik jihatdan mos keladi va suv-niqobsiz metodika bu manzarani to‘liq aks ettira olishini tasdiqlaydi.

Olingan natijalarni yer usti geodezik kuzatuvlari bilan qiyoslash shuni ko‘rsatdiki, suv-niqobsiz InSAR metodikasi bilan aniqlangan cho‘kish taqsimoti an’anaviy nivelirlash natijalari bilan yuqori darajada mos keladi [10]. Bu esa taklif etilgan metodikaning ishonchliligini tasdiqlaydi. Shuni ta’kidlash lozimki, radar pikselining fazoviy o‘lchami tor to‘g‘on toji kengligiga nisbatan yiriklashishi natijalarda ma’lum darajada silliqlashtirish effektini keltirib chiqaradi; bu holat metodikani qo‘llashda hisobga olinishi zarur [3].

Taklif etilgan yondashuvning asosiy afzalligi shundaki, u suv ombori to‘g‘onlari uchun xos bo‘lgan suv niqobi cheklovini bartaraf etadi va to‘g‘on korpusini butunligicha monitoring qilish imkonini beradi. Bu esa gidrotexnika inshootlari xavfsizligini masofadan turib baholashda muhim amaliy ahamiyatga ega [5].

Xulosa

Suv ombori to‘g‘onlarini InSAR yordamida kuzatishda suv niqobi to‘g‘on tanasini monitoringdan chetlashtiruvchi jiddiy metodik cheklov ekani aniqlandi. Ushbu maqolada taklif etilgan suv-niqobsiz, ikki orbital geometriyali va yuqori detalli SBAS-InSAR metodikasi bu cheklovni bartaraf etib, to‘g‘on tanasini to‘liq o‘lchov ostiga olish hamda uning siljishlarini fizik tashkil etuvchilarga ajratish imkonini berdi. Metodika To‘polon suv ombori to‘g‘oni misolida muvaffaqiyatli sinovdan o‘tkazildi va boshqa suv ombori to‘g‘onlari monitoringiga ham tatbiq etilishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Berardino P., Fornaro G., Lanari R., Sansosti E. A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 2002. – Vol. 40, № 11. – P. 2375–2383.

2. Ferretti A., Prati C., Rocca F. Permanent scatterers in SAR interferometry // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 2001. – Vol. 39, № 1. – P. 8–20.

3. Hu J., Li Z.W., Ding X.L., Zhu J.J., Zhang L., Sun Q. Resolving three-dimensional surface displacements from InSAR measurements: A review // Earth-Science Reviews. – 2014. – Vol. 133. – P. 1–17.

4. Marr P., Jiménez Donato Y.A., Carraro E., Kanta R., Glade T. The application of InSAR for monitoring deformation of earthfill embankment dams // Remote Sensing. – 2024. – Vol. 16, № 9. – Art. 1564.

5. Milillo P., Perissin D., Salzer J.T., Lundgren P., Lacava G., Milillo G., Serio C. Monitoring dam structural health from space: Insights from novel InSAR techniques and multi-parametric modeling applied to the Pertusillo dam Basilicata, Italy // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. – 2016. – Vol. 52. – P. 221–229.

6. Pang Z., Jin Q., Fan P., Jiang W., Lv J., Zhang P., Cui X., Zhao C., Zhang Z. Deformation monitoring and analysis of reservoir dams based on SBAS-InSAR technology – Banqiao Reservoir // Remote Sensing. – 2023. – Vol. 15, № 12. – Art. 3062.

7. Rana N.M., Delaney K.B., Evans S.G., Deane E., Small A., Adria D.A.M., McDougall S., Ghahramani N., Take W.A. Application of Sentinel-1 InSAR to monitor tailings dams and predict geotechnical instability // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. – 2024. – Vol. 83. – Art. 234.

8. Xiao R., Yu C., Li Z., He X. New insights into the 2020 Sardoba dam failure in Uzbekistan from Earth observation // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. – 2022. – Vol. 107. – Art. 102705.

9. Yunjun Z., Fattahi H., Amelung F. Small baseline InSAR time series analysis: Unwrapping error correction and noise reduction // Computers & Geosciences. – 2019. – Vol. 133. – Art. 104331.

10. Абдукаримов М.М. Применение интерферометрии SAR для мониторинга деформаций водохранилищ и плотин // Геодезия, картография и геоинформатика. – 2025. – № 3. – С. 251–260.

UDK 551.58:504.5(575.12)

ARID HUDUDLARDA IQLIM O`ZGARISHINING GEOEKOLOGIK MUAMMOLARI (Qashqadaryo viloyati misolida)

dots.R.Usmanova - QarDU

Annotatsiya: *Maqolada iqlim o‘zgarishini yuzaga keltiradigan ba`zi omillar turlari, inson faoliyati hamda shu jarayon asosida geotizimlarda kuzatilishi mumkin bo`ladigan sharoitilar, jumladan qurg‘oqchilik oqibatida ekologik vaziyatning yomonlashishi va boshqalar xususida bayon etiladi. Ayniqsa, arid hududlarda iqlimning anomal vaziyatlari, suv tanqisligi, sel, chang bo`ronlari kabi jarayonlarni yuzaga kelishi va ularning salbiy ta’siri bilan bog‘liq ba’zi muammolar haqida mulohaza yuritiladi.*

Kalit so‘zlar: *iqlim o`zgarishi, ekotizim, anomal, arid, semiarid, qurg‘oqchilik, suv tanqisligi, cho’llashish, deflyatsiya, degradatsiya, sel, chang bo`ronlari.*

Аннотация: *В статье подробно описаны некоторые типы факторов, вызывающих изменение климата, деятельность человека и условия, которые могут наблюдаться в геосистемах на основе этого процесса, включая ухудшение экологической ситуации из-за засухи и т. д. В частности, в засушливых районах рассматриваются некоторые проблемы, связанные с аномальными климатическими ситуациями, нехваткой воды, возникновением таких процессов, как наводнения, пыльные бури, и их негативным воздействием.*

Ключевые слова: *изменение климата, экосистема, аномальный, засушливый, полузасушливый, засуха, нехватка воды, опустынивание, дефляция, деградация, оползень, пыльная буря.*

Abstract: *The article describes in detail some types of factors causing climate change, human activity, and conditions that can occur in geosystems based on this process, including environmental degradation due to drought, etc. In particular, in arid areas, some problems related to abnormal climatic situations, water scarcity, the occurrence of processes such as floods, dust storms, and their negative effects are being considered.*

Keywords: *climate change, ecosystem, abnormal, arid, semi-arid, drought, water scarcity, desertification, deflation, degradation, landslide, dust storm.*

Kirish. Xalqaro iqlim òzgarishi

dunyoda butun insoniyat ko`z oldida yuzaga kelgan eng katta talofatli sinov va eng katta global muammodir. Iqlim òzgarishi natijasida atrof- muhit tabiiy holatida salbiy jarayonlar kuzatilmoqda. Zero, butun yer sharining barcha regionlarida iqlim o`zgarishi - keng tarqalayotgan, jadal va tezlashib borayotgan jarayondir. Ushbu global muammo yoki tabiat sinovi oqibatida landshaftlarning tabiiy xususiyatlari, hududlar iqtisodiyoti, qishloq xòjaligining barcha sohalari bilan bir qatorda dunyo aholisi salomatligiga ham katta xavf tug`dirmoqda. Binobarin, butun sayyoramizda yuzaga kelgan iqlim o'zgarishi, barcha ekotizimlarning o'zgarishida namoyon bo`lmoqda. Biz bu holatni Qashqadaryo viloyati misolida tadqiq qilishga harakat qildik.

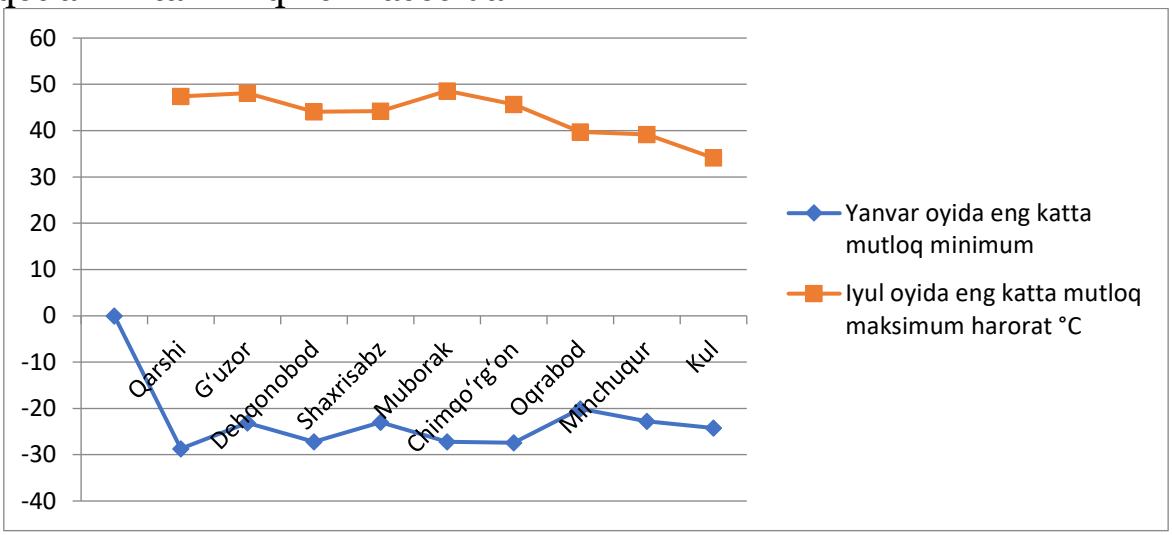
Asosiy qism. Mutaxassislarning ta'kidlashicha, 1980 - yil ma'lumotlari va 2017 - yil holatiga ko‘ra, Yer sayyorasining harorati 1,1°C ga oshgan. Bu esa 2040- yilga borib o‘rtacha harorat 1,5°C ga oshishini bildiradi. Bundan ko`rinadiki, keyingi 25–30 yil ichida ob-havo holati keskinlashib, yanada issiqlashib boradi. Agarda atmosferaga har xil gazlar, aerozollar nazoratsiz holda tarqalishi davom etsa, yer sayyorasida uzoq muddatli jiddiy oqibatlar yuzaga keladi. Soha olimlarining fikricha, Yer sayyorasi o‘rtacha haroratining 4°C ga oshishi natijasida inson faoliyati uchun quruqlikning katta qismini yaroqsiz holga kelishini bashorat qilishgan. Ob-havoning keskin o'zgarishi qurg'oqchilikning kuchayishi va uzoqroq davom etishiga ham sabab bo'ladi.

Ayniqsa, dunyo tabiatining keskin o`zgarishi oqibatida muzliklar erishi, dengiz sathining ko‘tarilishi, qirg‘oqbo‘yi shaharlarining katta qismini suv bosishi, organizmlarning keng ko‘lamli migratsiyasi, ba`zi o‘simliklar va hayvonlarning yo‘qolib ketish tezlashishi kabilarda iqlim o`zgarishi namoyon bo`ladi. Keyingi yillarda dunyo bo`ylab qurg‘oqchilik xavfining davriyligi va ko‘lami kengayib hamda murakkablashib borayotganligi hech kimga sir emas. Zero, butun yer yuzasini qamrab olgan xalqaro iqlim o`zgarishiga olib keladigan asosiy omillar ilmiy jihatdan tahlil qilingan bo`lib, ushbu muammolarni yuzaga kelishida inson faoliyati asosiy o`rinda turadi.

Tadqiqotlarga ko'ra, O'zbekistonda iqlim o'zgarishi e'tibor qaratilishi lozim bo'lgan quyidagi oqibatlarga olib kelishi mumkin: suv resurslari taqchilligi ortishi; qorli kunlarning kamayishi; qurg'oqchilik xavfining ortishi; o'rtacha haroratning ortishi; yoz mavsumining cho'zilishi; yog'ingarchilikning bir tekisda bo`lmasligi; qishloq xo'jaligi ekinlari turining o'zgarishi; aholi salomatligining yomonlashishi; hayvonlar va o'simliklar dunyosi arealining o'zgarishi; ekologik jarayonlarning buzilishi; cho'llanish jarayonining kuchayishi; ishlab chiqarish iqtisodiy tarmoqlarning o'zgarishi va boshqalar.

Qashqadaryo viloyati iqlimi uchun keskin kontinental,

qish qisqa va beqaror, yoz uzoq va jazirama, qurg`oqchil, yog`in kamligi xosdir. Hudud meteostansiyalarida olib borilgan tadqiqotlarni tahlil qilish asosida iyul va yanvar oylaridagi eng katta mutlaq maksimum va kichik minimum haroratlar quyidagi diagrammada (1-rasm) ta`riflanadi:



1-rasm. Qashqadaryo viloyatida eng katta mutlaq haroratlar°C

Diagrammada berilgan ko`rsatkichlar 1944-yilda: Muborakda 48.6°C, G‘uzorda 48.1°C, Qarshida 47.4°C bo`lganligi kuzatilgan. Eng kichik mutlaq haroratlar 1935–yilda Dehqonobod -27,2°C, 1969-yilda Qarshida -28,7°C, Chimqo‘rg‘on -27.4°C, 1984–yilda Muborakda -27,2°C, 2008-yilda esa Ko`lda -24.2°C bo`lganligi kuzatilgan. 1991-2023 yillar uchun maksimal harorat Qarshida 45,6 °C **(**2022), Muborak (cho‘l hududi) 47,4 °C **(**2022), 2024 yil iyun oyi maksimal harorati 40,8°C (27.VI), Muborak (cho‘l hududi) 42,9 °C (27.VI) ni tashkil etgan.

Qashqadryo viloyati meteostansiyalardan olingan ma`lumotlar bo`yicha o`rtacha yillik yog`in miqdori 2024 yilda Minchuqurda 683,3 mm, Ko`lda esa 742,5 mm tashkil etgan. Kuzatishlar shuni ko`rsatadiki, viloyatda eng ko`p yog`in 1992-yilda 370 mm, 2018 yilda eng kam 140 mm yog`in tushgan (2-rasm). Yog`in miqdorining bunday notekis taqsimlanishi bahor oylarida tuproq yuvilishi, jarlar hosil bo`lishining kuchayishiga sabab bo`ladi. Qarshi, Nishon dashtlarida janubi-g‘arbdan Sandiqli cho‘lining ta’siri seziladi, yillik yog‘inlar miqdori 146-190 mm.

Viloyat tog` va tog`oldi hududlarida 2024 yil iyun oyida qisqa muddatli yomg‘ir bir necha soat davomida (10-20mm) kuchli yog`in (jala) kuzatildi. Viloyatning baland tog‘li hududlarida esa 2024 yil yozning boshlarida yog`in 60-100 mm gacha bo‘lishi kuzatilgan. Tog‘li hududlarda qor qoplami Qashqadaryo viloyatining tog‘li hududlarida 30-50 santimetrni tashkil etdi, ammo 2023-yil yilning fevral oyi oxiriga nisbatan 15–25 foizga kam bo‘ldi.

Iqlim o`zgarishi tufayli Qashqadaryo viloyatining tog‘ oldi va tog‘li hududlarida jala yomg‘irlar hisobiga sel-suv toshqin hodisalari kuchayishi yuzaga keldi. Masalan,

2024 yil bahorida Qashqadaryo viloyatining Qamashi, Dehqonobod, Yakkabog, Kitob, Shaxrisabz tumanlarida kuchli sel hodisalari kuzatilgan.



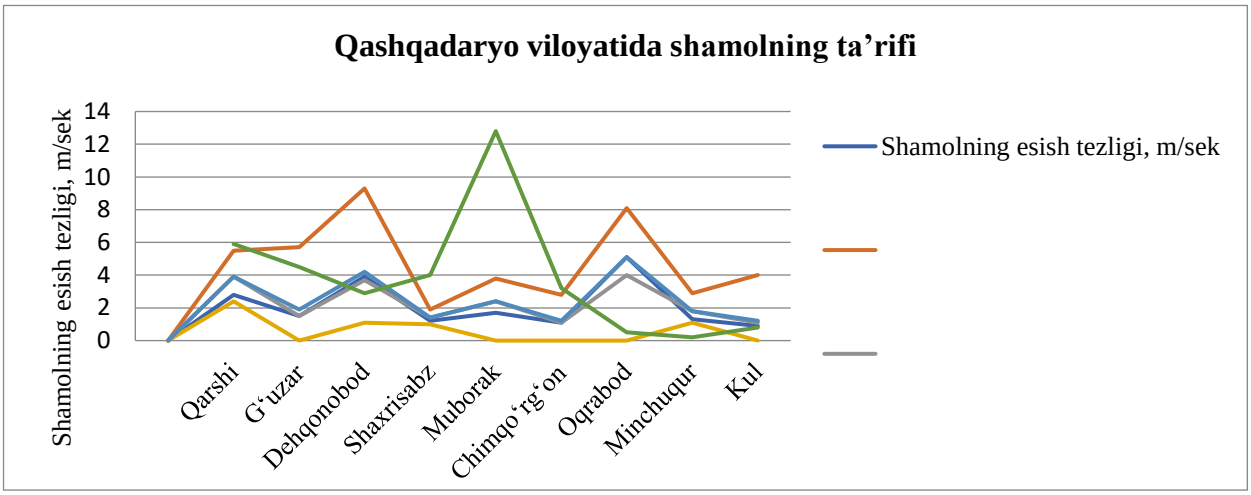
2-rasm.Qashqadryo viloyati yog`in miqdori, mm.hisobida (1990-2020 yillar)

Ma`lumotlar asosida R.Usmanova R. tomonidan tuzildi.

Yoz faslining uzoq davom etishi oqibatida bug‘lanish 1700 mm ga yetadi, bu esa o‘z navbatida namlik taqchilligini vujudga keltiradi.

Chang to’zon hodisalari global iqlim o`zgarishi natijasida arid va semiarid hududlarda keng tarqalgan - xavfli meteorologik hodisadir. Iqlim o`zgarishi natijasida keyingi yillarda mamlakatimizda shamol va chang to‘zonli kunlar sonini ortib borayotganligini kuzatiladi. Ayniqsa, arid xususiyatga ega bo`lgan Qashqadaryo viloyatida bir yil mobaynidagi chang to‘zonli kunlar va shamolning o‘rtacha oylik tezligi ortib borayotganligi bunga yaqqol misol bo`ladi (3-rasm). Berilgan 3-rasmdan ko`rinib turibdiki, shamolning eng katta esish tezligi Muborakda 12,8 m/s ni tashkil etgan. Jumladan, Qashqadaryo viloyatining ayrim joylarida shamolning kuchayishi 22-25 m/s ga yetdi. Qashqadaryo viloyatida 2015-2024-yillardagi chang bo’ronli kunlari ma’lumotlari tahlil qilinganda, Muborak stansiyasida 2011-yilda 31 marta, 2018-yilda 25 marta, keyingi 10 yil olinganda 148 marta chang bo’roni hodisalari kuzatilganligi qayd etildi. Qarshida 2018-yilda 18 marta chang bo’ronlari kuzatilgan

.



3-rasm. Qashqadaryo viloyatida shamolning ta’rifi.

Shamolning ayniqsa, bahor va yozda ko`p kuzatilishi havoda namlikning kamayishiga, bug`lanishning ortishiga, natijada esa qishloq xo`jalik ekinlariga va aholi salomatligiga salbiy ta`sir ko`rtsatadi. Yerlarining quruqlashib borishi ekin hosildorligi kamayib, sifatini yomonlashishiga olib keladi.

Mutaxassislarning fikricha, iqlimning qurg’oqchiligi, tez-tez kuzatiladigan kuchli shamollar, o’simlik qoplamining siyrakligi, tuproq namligining yetarli emasligi, havo nisbiy namligining kamligi, tuproq va atmosfera qurg’oqchiligining tez-tez takrorlanishi va tuproq tarkibining o’zgarishi chang bo’ronlar rivojlanishining asosiy omillari hisoblanadi.

Qashqadaryo viloyati ekotizimlarida tabiiy va antropogen omillar ta`sirida iqlim o`zgarishi, yog`in miqdorining kamayishi, qorning kam to`planishi va tezda erib ketishi, tog`lardagi muzliklar hajmining esa kamayishi tufayli asosiy daryolarda suv tanqisligi sezilmoqda.

Dunyo ekotizimlarida yuzaga kelgan global iqlim o‘zgarishi suv resurslari muammosini kun tartibiga olib chiqdi. Jumladan, Qashqadaryo viloyatida ham suv tanqisligi, muzliklarning erishi, yog’in miqdorining kamayishi, iqlimning beqarorligi bilan bog’liq o’zgarishlar, daryolar oqimi rejimining o’zgarishiga va suv resurslarining ifloslanishiga olib kelmoqda.

Keyingi yillarda iqlimshunoslarning bashorat qilishicha, 2030-yilga borib O‘zbekistonda havo harorati 2-2,5°C, 2040-yillarda 4°C, 2080-yillarda esa 6°C gacha ko‘tarilishi taxmin qilinmoqda. Soha olimlarining ta`kidlashicha, 175 yillik kuzatishlar tarixi 2024- yilni eng issiq yil bo‘lganligini, agarda iqlim tabiatga inson ta`siri cheklanmasa, vaqt o`tishi bilan bunday anomal issiqlar takrorlanib turishi mumkinligi qayd etilgan.

Arid hududlarda yog`inning juda kamligi, havoda nam kamayishi tuproqlarda bug`lanishi ortishi tuproqda tuz miqdorini oshirib

boradi. Tog`oldi rayonlarida sel oqimining hosil bo`lishi, tuproq yuvilishi, cho`llarda deflyatsiya va degradatsiyani rivojlanishi cho`llanishga olib keladi.

Xulosa. Yuqoridagi barcha muammolarning samarali tarzda yechish muhim ahamiyatga ega. Arid hududlarda dehqonchilikda, yaylovlarda chorva boqishda va yaylov o‘simliklarini muhofaza qilish oqilona tashkil etish zarur. Turlar va ekotizimlar allaqachon iqlim o’zgarishiga javob berishni boshlagan bu davrda, tabiiy senozlarni tiklash va saqlash orqali ekotizimlarning xilma-xilligi va barqarorligini ta’minlash maqsadga muvofiq. Biogen omillar o`simlik qoplami, tuproqlar va hayvonot dunyosi tabiiy geografik jarayonlarning rivojlanishiga birgalikda ta`sir ko`rsatadi. Iqlim o‘zgarishining ekotizimlarga ta’siri, ular oqibatida yuzaga kelgan geoekologik muammolar oldini olish uchun Qashqadaryo viloyatida keng qamrovli ilmiy tadqiqotlarni olib borish taqozo etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1.Мурадов Ш.О., Турдиева Ф.А Гидрология фанидаги муаммо ва уни ечиш йўллари // “География ва география таълимидаги муаммолар” конф. материаллари тўплами. Т.: – ТДПУ, 2018. 195-196 b.

2.Usmanova R.,Shomurodova M.Iqlim o`zgarishining ekotizimlarga ta`siri xususida (Qashqadaryo viloyati misolida) ИУСЕР Экономика и социум международный научно-практический журнал 11(138) 2025

3.Usmanova R.,Toshbayev S. Reasonable use of land resources of Kashkadarya region under climate change.// "Экономика и социум" №3(118)-1 2024 www.iupr.ru. 441 - 446 c.

4.Usmonova R., Poyanov J.Sh. Qashqadaryo viloyatida iqlim o‘zgarishi va agrolandshaftlardan foydalanish muammolari // Ajiniyoz nomidagi Nukus davlat pedagogika instituti. Fan va Jamiyat Ilmiy-uslubiy jurnal .2024. №6/qosımsha 41-43 b.

5.Usmanova R. va b. Iqlim o’zgarishi sharoitida qishloq xo’jaligi yerlaridan foydalanish xususida//// "Экономика и социум" 06 (121) 2024. www.iupr.ru c.

6.Қашқадарё вилоят статистика бошқармаси маълумотилари.

UDK 614:911.3:528.9

TIBBIY-GEOGRAFIK KARTA VA ATLASLARNI YARATISH KONSEPSIYASI-DAVR TALABI

Ro‘ziqulova O.Sh.-*“TIQXMMI”-Milliy tadqiqot universiteti, - “Geodeziya va geoinformatika” kafedrasi dotsenti, g.f.n.* oyhumor.ruziqulova@gmail.com

Oymatov R.K.-. *.-“TIQXMMI”-Milliy tadqiqot universiteti, - “Geodeziya va geoinformatika” kafedrasi dotsenti, t.f.d (DSc),* rustam.oymatov@gmail.com

***Komilova N.Q**.-Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zMU, Ekologiya kafedrasi, professori, g.f.d.*

Аннотация. *Inson salomatligini belgilovchi ko‘rsatkichlarni obrazli-modelli tasvirlash, ya’ni infografik kartalashtirish masalasi bilan bevosita texnika sohasi shug‘ullanadi. Tibbiy-geografik karta – hududlarda inson salomatligini tabiiy-ijtimoiy-iqtisodiy-ekologik va boshqa omillar ta’sirida joylashuvini vaqt davomidagi ma’lum joydagi holatini ko‘rsatuvchi obrazli-modelli vizual tasviridir.*

Iqtisodiyot tarmoqlarini barcha sohalarida raqamlashtirish jadal rivojlanmoqda. Bu o‘rinda raqamli tibbiy-geografik kartalar, atlaslar hamda vebplatformalarni xizmatini alohida ta’kidlash o‘rinli. Aholi salomatligi va ma’lumotlilik darajasi – mamlakatning rivojlanishini belgilovchi muhim ko‘rsatkichdir. Tibbiy-geografik kartalar konsepsiyasini ishlab chiqish va qo‘llash-mazkur fan sohasini amaliyotga yaqinlashtirishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: *tibbiy geografik kartalashtirish, konsepsiya, atlaslar, vizuallashtirish.*

Аннотация. Проблема образно-модельного отображения показателей, определяющих здоровье человека, а именно инфографическое картографирование, напрямую относится к сфере технических наук. Медико-географическая карта представляет собой образно-модельную визуализацию пространственно-временного состояния здоровья населения на территории под воздействием природных, социально-экономических, экологических и других факторов.

В условиях стремительной цифровизации всех отраслей экономики особого внимания заслуживает роль цифровых медико-географических карт, атласов и веб-платформ. Уровень здоровья и информированности населения является ключевым показателем развития государства. Разработка и внедрение концепции медико-географического картографирования способствует сближению данной научной дисциплины с практической сферой.

Ключевые слова*: медико-географическое картографирование, концепция, атласы, визуализация.*

Abstract. *The field of engineering and technology directly addresses the issue of representing indicators that determine human health through figurative and model-based visualization, namely infographic mapping. A medical-geographical map is a figurative and model-based visual representation that illustrates the spatial distribution and temporal state of human health within specific territories under the influence of natural, social, economic, environmental, and*

other factors.

Digitalization is rapidly developing across all sectors of the economy. In this regard, the role and importance of digital medical-geographical maps, atlases, and web platforms should be particularly emphasized. Population health and the level of public awareness are important indicators that determine the development of a country. The development and application of the concept of medical-geographical maps contribute to bringing this field of science closer to practical implementation.

Keywords: *medical-geographical mapping, concept, atlases, visualization.*

Raqamli sog‘likni saqlash tizimida aholi salomatligini yaxshilash borasida tibbiy xizmatlar faoliyatining o‘zi yetarli emas. Bu faoliyatni joyga bog‘lash, vizuallashtirish, vebportallar orqali tezkor ma’lumotlar tahlilini yuritishni talab qilmoqda. Bu esa, o‘z navbatida kasalliklarni tarqalish arealini aniqlashga, masofadan zondlash hamda geoinformatsion texnologiyalar yordamida tezkor chora-tadbirlar qo‘llashda asos bo‘ladi. Bu o‘rinda tibbiy-geografik kartalar tuzish konsepsiyasi ishlab chiqish zarurati yuzaga keldi. Hozirgi kunga qadar xalq xo‘jaligining turli sohalarida mavzuli kartalar tuzish konsepsiyasi yetuk kattograf olimlar tomonidan ishlab chiqilgan.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 01.06.2023 yildagi PF-82-son Farmonida “Aholiga sifatli ijtimoiy xizmat va yordam ko‘rsatish hamda uning samarali nazorat tizimini yo‘lga qo‘yish bo‘yicha kompleks chora-tadbirlar to‘g‘risida”ga farmoni[7]da hamda “O‘zbekiston – 2030” strategiyasini “Atrof-muhitni asrash va “yashil iqtisodiyot” yilida amalga oshirishga oid davlat dasturi to‘g‘risida[8]gi 16-sonli Prezident farmonining 2-bandida: aholining salomatligini yaxshilash, ekologik turmush tarzini shakllantirish va inson salohiyatini ro‘yobga chiqarish uchun shart-sharoitlarni yaratish belgilanganligi ham mazkur tadqiqot ishining dolzarbligini belgilaydi. Shu bilan birga Milliy loyihaning maqsadi 2030 yilga kelib umr ko‘rish davomiyligini 78 yoshga va 2036 yilga kelib 81 yoshga oshirish, shu jumladan sog‘lom hayotning kutilayotgan ko‘rsatkichlarining tez o‘sishini ta’minlashdir.

Tibbiy-geografik kartalarni tuzishda shu sohada ilmiy tadqiqotlar olib borgan olimlarning asoslangan xulosalariga tayanamiz. Unga ko‘ra, mavzuli kartalarni tuzishda konsepsiyalar, prinsiplar va tasvirlash usullaridan foydalaniladi. Shu o‘rinda konsepsiya nima, degan o‘rinli savol yuzaga keladi. Xorijiy atamalar lug‘atida konsepsiya so‘zining 2 xil ma’noda qo‘llanilishi keltirilgan. “1-

[7] O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Aholiga sifatli ijtimoiy xizmat va yordam ko‘rsatish hamda uning samarali nazorat tizimini yo‘lga qo‘yish bo‘yicha kompleks chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi Farmoni, 01.06.2023 yildagi PF-82-son

[8] O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “O‘zbekiston — 2030” strategiyasini “Atrof-muhitni asrash va “yashil iqtisodiyot” yilida amalga oshirishga oid davlat dasturi to‘g‘risidagi farmoni, 30.01.2025 yildagi PF-16-son

qarashlar tizimi, hodisalar yoki jarayonlarni ma’lum bir tarzda tushunish”; “2-ilmiy asarning yagona aniqlovchi g‘oyasi, yo‘naltiruvchi fikri”,- tarzida ifodalangan [9]. Demak, tibbiy geografik kartashtirish konsepsiyasi bu – tibbiy geografik kartalashtirishga qaratilgan fikrlar, g‘oyalar tizimi, hodisalar va jarayonlarni maqsadga muvofiq tushunish va qo‘llashdir.

qo‘llanma bo‘lgan taklif yoki qiymat. Qonunda bu amal qilinishi shart yoki odatdagi amallardir [9].

Tibbiy-geografik kartalashtirishda nazariy konsepsiya – tibbiy-geografik kartalarni tuzilishi, mazmuni, legendasi, semantikasi, metodi kabilarga nisbatan munosabatlar tizimidir. Bunda fan va texnologiyalarning rivojlanishi bilan takomillashib borishidagi tizimlilik tushuniladi. Tibbiy-geografik kartalarni tuzish konsepsiyasi – fan erishgan yutuqlarini umumlashtirib, kelajak rivojlanish tendensiyalarini baholashga xizmat qiladi. Konsepsiyada fandagi yangi qarashlar va xulosalar qayd qilinadi. Yangi tajriba, kartalashtirish metodlari, yondoshuvlarini konsepsiyalar aniqlashtirib, takomillashtiradi. Hozirgi kunda ko‘plab konsepsiyalar qo‘llanilmoqda. Jumladan, Bilish nazariyasi yoki kartografik model (tibbiy-geografik mavzuli karta, atlaslar) asosida borliqni bilish konsepsiyasi. Unga ko‘ra, tibbiy geografik karta-mavjud holatni ko‘rsatish vositasi, yaratilishi esa, texnika fanlirini yutug‘i sifatida qaraladi. Bu konsepsiya

Tibbiy geografik kartalar tuzish konsepsiyasi – aholi salomatligi va uni belgilovchi tabiiy – ijtimoiy-iqtisodiy omillarning kasallik tarqalgan hududlarini obrazli va modelli tasvirlashga qaratilgan tamoyillardir. Shu o‘rinda, prinsip tushunchasiga to‘xtalib o‘tish o‘rinli. Prinsip bu (tamoyil, asos va negiz kabi ma’nolarni anglatadi) – bu xatti-harakat yoki baholash uchun N.Baranskiy, A.Gedimin, A.Isachenko, K.Salishev (zamonaviy kartografiyaning asoschilaridan) kabi ilg‘or olimlar tomonidan ishlab chiqilgan keyinchalik K.Salishev, Y.Bilich, A.Vasmut, A.Berlyant va boshqalar tomonidan rivojlantirilgan [1,2,3,6].

E.Safarov va N.Allaberganovlarni ilmiy tadqiqotlarida Tibbiyot geoportalida insonlar salomatligi, texnogen xavf, turli xil demografik ko‘rsatkichlar, ekologik omillar va tibbiyot muassasalarini geografik joylashuvini yagona fazoviy ma’lumotlar modeli asosida integratsiyalash konsepsiyasi ishlab chiqilgan. Tadqiqot Navoiy viloyati misolida olib borilgan bo‘lib, tibbiy-statistik ko‘rsatkichlar, dispansen nazorati, sonoat-ekologik xavfni ko‘rsatuvchi ma’lumotlar tarkibi, nuqtali obektlarni tegishli hududlarga biriktirish, fazoviy bog‘lash hamda masofa asosida ajratilgan ta’sir zonalari va 15/30/60 daqiqalik yetib borish tahlilini birlashtirish kabilarni o‘z ichiga oladi. Tadqiqot doirasida tibbiyot, kasalliklar monitoringi, demografik qatlamlar va ekologik xavf omillari uchun zarur bo‘lgan

minimal atribut model, amaliy axborot algoritmi hamda takliflar shakllantirilgan. Bu yondashuv yangi tibbiyot obektlarini joylashtirishda aholi ehtiyojidan kelib chiqib baholash, sanoat zonalariga yer ajratishda ekologik va tibbiy xavfni oldindan aniqlash, profilaktika dasturlarida, rejalashtirishda, hamda situatsiyali markazlarda ilmiy asoslangan choralar ko‘rishda muhimligi ta’kidlangan [7,8].

Geografik axborot tizimlari bo‘yicha mavjud adabiyotlarda kommunikativ konsepsiya, Yerning sun’iy yo‘ldosh tasvirlari yordamida ko‘kalamzor maydonlarni kamayishi, sho‘rlashish, chang-to‘zonlar, qurg‘oqchilik, Yer qoplamasi kabilarning inson salomatligiga ta’siriga asoslanadi. Avtomatika, kommunikativlik va bilish nazariyasi uyg‘unligiga tayanadi [7].

O‘tgan asrning 80-yillaridan boshlab, Geoinformatsion konsepsiya shakllandi va hozirgacha takomillashib kelmoqda. Ilmiy ishda ham bu konsepsiyaga asosiy urg‘u berilgan hamda ArsGIS Pro dasturini ArsGIS Onlineda Eksperiyens Bulder ilovasidan foydalanildi. Mazkur konsepsiya geoinformatsion kartalashtirish, kartografik belgilar tizimi nazariyasini ishlab chiqish, tushunish va maqsadga muvofiq qo‘llashga qaratilgan.

Insoniyat qadimdan o‘zlari borgan hududlarni chizmasini chizib, geografik kartalar tuza boshlagach, uni konsepsiyasini ishlab chiqish bilan geograf va kartograf olimlar shug‘ullanganlar. Ularni shartli ravishda quyidagicha guruhlashtirish mumkin.

1.*Qadimgi dunyo* (ilk konsepsiyalarning yaratilishi) insoniyat sivilizatsiyasining markazlaridan qadimgi Yunoniston va Rimda rivojlangan bo‘lib, Anaksimandr (silindrik Yer tasviri), Eratosfen (ilk kartografik modellar muallifi), K.Ptolomey (kartografiyaga matematikani qo‘llab, koordinatalarni kiritilishi hisobiga aniqlikni ortishiga erishish [10]) va boshqalar;

2.*Markaziy Osiy va Islom dunyosini olimlari* (Ma’mun Akademiyasi olimlari, Abu Rayhon Beruniy, Muhammad al-Xorazmiy, Mahmud Qoshg‘ariy va boshqalarni hissasi;

3. *Buyuk geografik kashfiyotlar davri* (G.Merkator dengiz navigatsiya proyeksiyalarni qo‘llanilishi), A.Ortellius-atlas kartografiyasi asoschilaridan va boshqalar.

4. *XX asr kartografiyasini taraqqiyoti*-1950 yillardan keyin aerokosmik suratlarni sohaga keng miqyosda qo‘llanilishi, kompyuter dasturlarni ishlatirishi, raqamlashtirish bilan bog‘liq. Kanada, AQSh kabi rivojlangan davlatlarda GATni qo‘llanilishi bilan bog‘liq. R.Tomlinson, J.Danjermondning ESRI kompaniyasiga asos solishi bilan yangi bosqichga ko‘tarildi. Yer yuzasidagi joylashuv nuqitasini aniqlash (JPS) tizimini ishga tushirilishi-kartalardagi voqea-hodisalar harakatini ta’minlab, dinamik-veb kartalashtirish imkonini berdi.

Kartalashtirish va tibbiy-

geografik kartalar tuzishning nazariy asoslarini ishlab chiqish bilan K.Salishev, A.Berlyant, A.Shoshin, B.Proxorov, S.Malxazova va N.Stepanova va boshqalar shug‘ullangan [5]. Malxazova va boshqalar, (2026) tadqiqotlarida:

Xalqaro atlaslardan:

-Global Helth Atlas. -WHO elektron platformasi , -WHO Ruhiy salomatlik atlasi 2024. - AQShning Dartmouth Atlasi (1996-2024) va boshqalar;

Rossiya mamlakatida olib borilgan kartografik tadqiqotlardan: Rossiya milliy atlasi, Rossiya ekologik atlasi, Rosiya tibbiy atlasi, Ruhiy salomatlik atlasi, Onkologik kasalliklar xavf omillari kabi mintaqaviy atlaslar;

Xitoy xalq Respublikasidagi kartografik ishlardan: Xitoyda saraton kasallilgidan o‘lim atlasi, Endemik kasalliklar atlasi, iqlim va salomatlik xavfi atlasi, Keksa aholi, gendir tengligi, bolalar oziqlanishi kabi atlaslar tahlili [1] keltirilgan. Tahlil natijalariga ko‘ra, atlasning kontseptual asosi tibbiy geografiyadagi yangi yondashuvlarga asoslangan bo‘lib, "kasallik geografiyasidan sog‘liqni saqlash geografiyasiga" o‘tadi. Xitoy Xalq Respublikasining keksa aholisi atlasi. Xitoyda gender tengligi va ayollar taraqqiyoti atlasi. Xitoyda bolalar ovqatlanishi va salomatligi atlasi; Tibet platosining asosiy endemik kasalliklari va geoekologiyasi atlasi 2025-yilda nashr etilganligi atlaslar mazmuni va masshtabi kengayib borayotganini ko‘rsatadi [4].

O‘zbekistondagi kartografik ilmiy-tadqiqotlar natijasi bo‘lgan atlaslardan Tibbiy-geografik atlasning 1-qism (Sirdaryo, Jizzax), 2-qism (Toshkent shahri va viloyati), 3-qism-Qoraqalpog‘iston respublikasi, 4-qism (Zarafshon) tibbiy atlaslari tahlili yuritilgan [5].

Hozirgi kunda iqlim o‘zgarishi va geoekologik holatni o‘zgarishi insonlar salomatligiga ta’sirini obrazli-modelli tasvirlash-kartalashtirish masalalari ham ko‘plab olimlarni qiziqtirib kelmoqda.

Tibbiy-geografik kartalar tuzish konsepsiyasi – kartashtirish konsepsiyasining davomi hisoblanib, kasalliklarning hududiy tarqalishi hamda muhit o‘rtasidagi bog‘liqlikni modellashtirish asosidir. Konsepsiya xorijiy atamalar lug‘atida-tushunish, tizimlashtirish, nazariyaning asosi [4,5] kabi keltirilgan. Tibbiy kartalashtirish qoidalari, yo‘l-yo‘riqlari tushuniladi. Bu masala bilan J.Snou, F.Houfman, L.Finke, G.Berghaus va boshqalar; sobiq sovet geograflaridan D.Zabolotniy, Y.Pavlovskiy, A.Shoshin, A.Chaklin, J.Mey, A.Avtsin, I.Proxorov, S.Malxazova, D.Orlov, N.Stepanova va boshqalar shug‘ullangan [4,5].

O‘zbekistonda esa prof. N.Komilova, I.Turdimambetov, A.Ravshanov, M.Xamroyev, E.Safarov, A.Raxmatullayev, M.Jo‘rayeva, D.Zaynitdinova, H.Egamqulovning va boshqalar shug‘ullanganlar.

Toshkent shahri va viloyatining bir nechta ekologik xaritalari yaratilgan. Jumladan, Yashil maydonlar; 2) Havoning ifloslanishi (umumiy uchuvchan organik birikmalar), shovqin; 3)

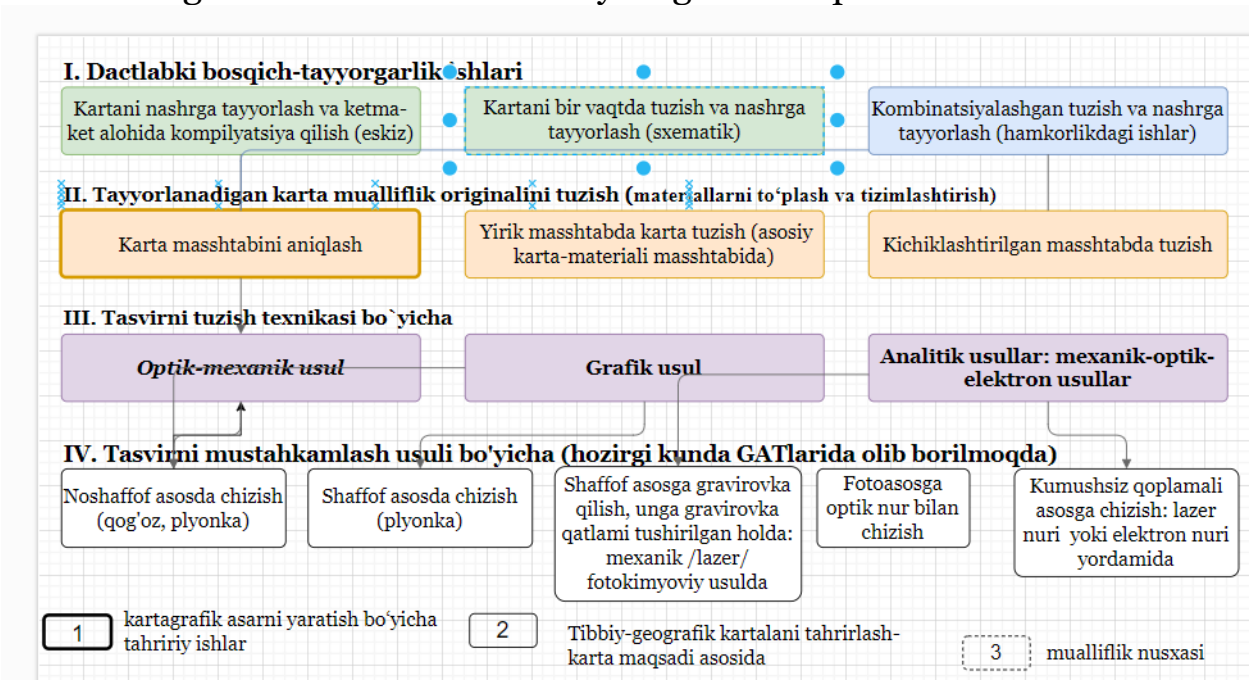
Kvartiralarga (uylarga) ichimlik suvi yetkazib berish; 4) Atmosfera havosini monitoring qilish; 5) Havoning ifloslanishi ($PM_{2.5}$; PM_{10}); 6) Havoning ifloslanishi (CO; CO_2). 3-qism mintaqaning geoekologik holatini, shuningdek, iqlim o‘zgarishi sharoitida kasalliklarning ayrim sinflarining dinamikasini aks ettirishga mo‘ljallangan bo‘lib,

Tibbiy atlaslar yaratish konsepsiyasiga doir S.Malxazova va boshqalar tomonidan e’lon qilingan maqolada yaratilgan tibbiy-geografik mavzuli atlaslar solishtirma tahlili yuritilgan [4].

O‘zbekistonda nafas yo‘llari va qon aylanishi tizimi kasalliklari va ovqat hazm qilish a’zolari kasalliklari oldingi o‘rinlarda turadi. Qoraqalpog‘iston Respublikasi va Xorazm viloyatining nozogeografik xaritalari orqali mintaqaviy kasallanish, ayrim yuqumli va parazitar kasalliklarning tarqalishi va sil, virusli gepatit, qizilcha, salmonella infeksiyalari, qizamiq va bakterial dizenteriya holatlarini qamrab oladi.

Bu xalqimizning mentaliteti bilan bog‘liq holatda yuzaga keladi. Kech ovqatlanish, xamirli va guruchli taomlarni ko‘p iste’mol qilish kabi ijtimoiy sabablar oqibatidir [5].

Tibbiy geografik kartalar tuzishni nazariy asoslari shu kungacha ishlab chiqilmaganligi sababli, uni yaratish muhimligi yuzaga kelmoqda 1-sxema.

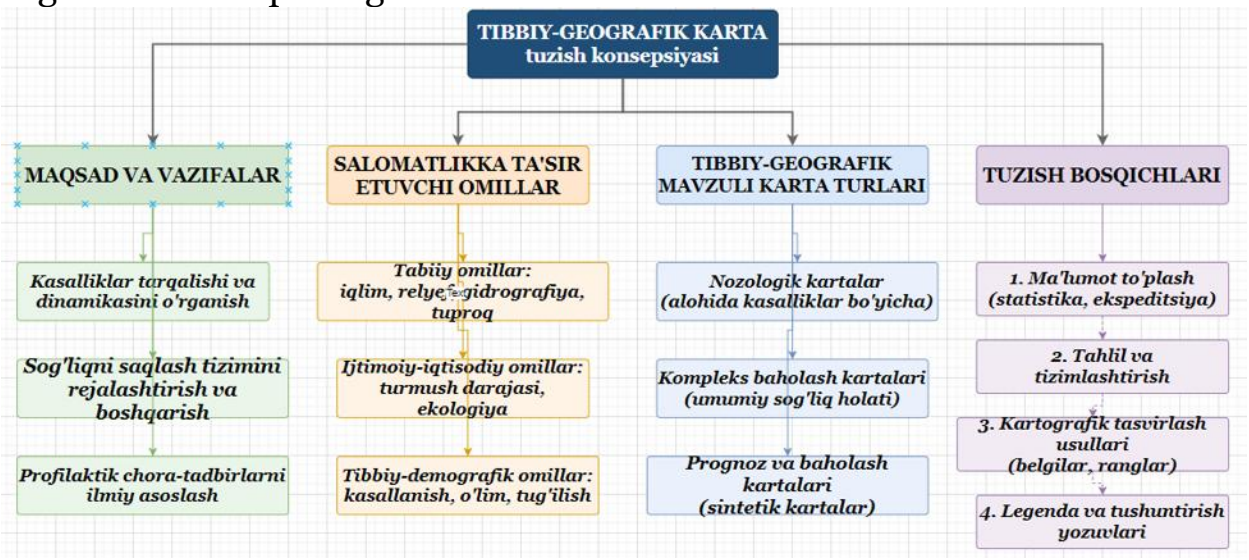


1-sxema. Geografik kartalar tuzishni texnologik sxemasi [5]

Yuqoridagi sxema tibbiy geografik kartalar tuzish A.Vismut, Y.Bilich (1984) asarlari asosida mavzuli kartalar tuzish metodologiyasi yordamida ishlab chiqildi.

Unga ko‘ra, 1.*Dastlabki bosqichda*-tayorgarlik ishlari olib boriladi. Ortofotoplanlar, aerokosmiks suratlar va mavjud chop etilgan ishlar tahlili yuritilardi. 2.*Tayyorlanayotgan kartaning mualliflik originalini* yirik masshtablarda tuzish, 3.*Tasvirni hosil qilish texnikasi* maqsadga muvofiq tanlanadi. 4. *Tasvirni*

tuzish usuli karta muzmunidan kelib chiqib, tanlanadi. Bu ketma-ketlik barcha umumgeografik mavzuli kartalarga xos. Yuqoridagilardan kelib chiqib, tibbiy-geografik kartalashtirish konsepsiyasini taklif qilamiz (2-sxema).



2-sxema. Tibbiy-geografi kartalar tuzishning konseptual sxemasi[9]

Zamonaviy geografik axborot tizimlari (GAT) yordamida kartaning mavzuli qatlamlari hosil qilinadi (umumiy kasallanganlar, ayollar, erkaklar, bolalar, katta yoshdagilar va boshq.).

Mavzuli tibbiy kartalarning shartli belgilarini ishlab chiqish (rang shkalalaridan, kartografik semiotika va boshqalardan foydalaniladi).

Markaziy blok – Tibbiy-geografik karta tuzish konsepsiyasi bo‘lib, undan 4 ta asosiy yo‘nalish tarqaladi:

1) Maqsad va vazifalar – kasalliklar tarqalishini o‘rganish, sog‘liqni saqlashni rejalashtirish, profilaktika choralarini asoslash

2)Aholi salomatligiga ta’sir etuvchi omillar – tabiiy (iqlim, relef, gidrografiya), ijtimoiy-iqtisodiy, tibbiy-demografik omillar

3)Tibbiy-geografik karta turlari – nozologik, kompleks baholash, prognoz kartalari

4)Mavzuli tibbiy-gegrafik kartani tuzish bosqichlari – ma’lumot to‘plash → tahlil → kartografik tasvirlash → legenda tuzish (ketma-ket bog‘langan).

Tibbiy-geografik kartalar tuzish konsepsiyasi ishlab chiqilgach, mavzuli tibbiy karta yaratish bosqichiga o‘tiladi. U quyidagicha:

1. *Tayyorgarlik ishlarida* karta dasturi ishlab chiqilib, xarajat va smetalar bilan bog‘liq ishlar, kimlarga mo‘ljallanganligi kabi masalalar qarab chiqiladi. Maqsad va vazifalar belgilanadi.

2. *Kartografik materiallarni to‘plash, tanlash* va tizimlashtirishda esa, joyning yirik masshtabdagi topografik kartalari, umumgeografik asos, statistik nashrlar, oldin chop etilgan kartalar

[9] Малхазова С. Медико-географический анализ территорий: картографирование, оценка, прогноз.- Научний мир, -236 с.

va boshqalar to‘planib, tizimlashtiriladi.

3. *Tibbiy-geografik mazmundagi kartografik asarni yaratish bo‘yicha tahririy ishlarga,* shu mavzudagi mavjud nizomlar va meyoriy xujjatlarga mosligi kabi masalalar ko‘rib chiqiladi. Dasturlar tanlanib, kartaning matematik asos elementlari kiritiladi. Karta proyeksiyasi tanlanadi.

4. *Tibbiy-geografik kartalarni tahrirlashda* karta maqsadidan kelib chiqib, 5 bosqichda amalga oshiriladi. Ulardan: tasvirlash usullarini tanlash, obektlarni geografik tavsifi kabilarni o‘z ichiga oladi. Dizayn elementlari tanlanib, jihozlanadi. Dasturlarni maqsadga muvofiq keladigani tanlanib, ma’lumotlar vizuallashtiriladi.

5. *Mualliflik nusxasini tayyorlash* jarayonida, yangi mazmun va yondoshuvda yaratilgan mavzuli umumgeografik kartalar yaratiladi. Muharrir hamda texnik muharrirlar shakllar va matn qismi, dizayn elementlari, toponimik joy nomlarini, so‘nggi o‘zgarishlarni maqsadga muvofiq kiritilganligini nazorat qiladilar.

6. So‘nggi bosqichda *mavzuli Tibbiy-geografik kartalar nashrga tayyorlanadi.* Qo‘shimcha ma’lumotlar (masalan, suratlar, tushuntirish yozuvlari), kartaning qo‘shimcha va yordamchi elemetnlari joylashtiriladi.

Yaratilgan mazkur kartalar joylarda odamlar salomatligi haqida xulosalar chiqarishda geografik asos bo‘lib xizmat qiladi.

Turli xil axborot manbalari, jumladan, statistik nashrlar, aholini ro‘yxatga olish va tibbiy ko‘rik natijalari, sotsiologik so‘rovlar, ekspert baholari, ma’lumotlar bazalari va Jahon sog‘likni saqlash tashkiloti va Jahon banki kabi xalqaro tashkilotlarning yillik hisobotlari mavjud bo‘lib, asosan sog‘liqni saqlash konsepsiyalariga asoslangan keng qamrovli atlaslar kartalari obektining o‘ziga xos xususiyatlarini hisobga olgan holda ma’lumot berishda muhim rol o‘ynaydi [4].

Ishlab chiqilgan tibbiy geografik kartalarni tuzish konsepsiyasi mavzuli tibbiy-geografik kartalashtirishda burilish hosil qilib, tuzilayotgan kartalarning mazmuni va ko‘rgazmaliligini oshirishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1.Берлянт. А. Картографический метод исследование. МГУ, 1978.-257 с.

2. Билич Ю., Васмут А. Проектирование и составление карт. Москва, Недра, 1984.-364 с.

3. Малхазова С. Медико-географический анализ территорий: картографирование, оценка, прогноз.-Научний мир, -236 бет.

4. The Concept of Health in Atlas Mapping 2. Svetlana M. Malkhazova, Tatiana V. Kotova, Dmitry S. Orlov, Nilufar K., Komilova, Nasiba I. Safarova, Li Wang https://doi.org/10.24057/2071-9388-2026-4401

5. O‘zbekiston tibbiy geografik atlasi (1,2,3 va 4-qismlari). Toshkent Kartografiya IICHDK, 2023-2025

yillar.
6. Салишев К.А. Проектирование и составление карт. Учебник. -Москва: Недра, 1987. - 240 с.
7. Safarov E.Y., Musayev I.M., Salaxitdinova S.S., Oymatov R.Q. Umumgeografik xaritalarni loyihalash va tuzish. Darslik. “O‘zbekiston faylasuflari milliy jamiyati”, 2022.-448 bet.
8. Safarov E., Allaberganov N. Tibbiyot geoportalida texnogen xavf va aholi salomatligi qatlamlarini yuritishning ilmiy-uslubiy modeli. //Geodeziya, kartografiya va kadastr muammmolari Ilmiy jurnalining 2026 yil, 3-soni. Toshkent.-134-140 betlar.
9.Словарь иностранных слов. Москва, “Русский язык”. 1979. -624 с.
10.Egamberdiyev A., Atlaslar - kartografik ensiklopediyalar, Toshkent, 2017. -76 bet

UDK 614.4:004.9:528.9

KASALLIK O‘CHOQLARINI ANIQLASHDA FAZOVIY TAHLILLARNI QO‘LLASH

Ro‘ziqulova O.III.-*TIQXMMI-MTU, “Geodeziya va geoinformatika” kafedrasi tadqiqotchisi, dotsent*, oyhumor.ruziqulova@gmail.com

Annotatsiya. *Tibbiy geografik kartalarni ishlab chiqishda GAT dasturlarini qo‘llashning qator afzalliklari mavjud. Kartani ishlab chiqish jarayonida zamonaviy dasturlarni qo‘llash orqali ma’lumotlarni saqlash, qayta ishlash, tuzatmalar kiritish va o‘chirish imkoniyatlari saqlab qolinadi. Shu bilan birga fa’zoviy tahlillarni amalga oshirish, prognoz ma’lumotlarini ishlab chiqishda alohida ahamiyat kasb etadi. Dasturda kartalarning o‘quvchanligini oshirishga oid ko‘plab zamonaviy xususiyatlar mavjud. Tasniflash, gipsometrik shkalalar kiritish, interpolyatsiya kabi ko‘plab usullar asosida kartalarni ishlab chiqish uchun yangi talqinlarni taklif etadi. Tibbiy geografik kartalarni geovizuallashtirishda hamda kasalliklarning o‘choqlarini aniqlashda fa’zoviy tahlillarning alohida o‘rni bor. Mazkur turga oid kartalarni ishlab chiqish texnikalari statistik va hududiy statistik tahlillar asosida amalga oshiriladi.*

Kalit so‘zlar. *Tibbiy geografiya, kartografiya, Masofadan zondlash, kasallik o‘choqlari, tizimlilik.*

Абстракт. *Применение программного обеспечения ГИС при разработке медико-географических карт обладает рядом существующих преимуществ. Использование современного программного обеспечения в процессе картофирования позволяет эффективно хранить, обрабатывать, исправлять и редактировать данные. Вместе с тем ключевое значение приобретает возможность проведения простанственного анализа и разработки прогностических моделей.*

«Программная среда» предлагает широкий спектр современных функциональных и качественных карт чтения. Ввиду использования таких методов, как классификация, гипсометрическое скалирование и интерполяция, предлагаются новые подходы к проектированию карт. Пространственный анализ играет особую роль в геовизуализации медико-географических данных и локализации ачагов болезненных болей. Методология создания карты данного типа базируется на использовании методов статистического и пространственно-статистического анализа.

Ключевые слова: *медико-географические исследования, картографирование, дистанционное зондирование, очаги боли, системный подход.*

Abstract. *The application of GIS software in the development of medical-geographical maps offers a number of significant advantages. The use of modern software during the map development process preserves the ability to store, process, modify, update, and delete data. At the same time, spatial analysis plays an important role in conducting geospatial assessments and developing predictive information. The software provides numerous modern tools for improving map readability and visual interpretation. It offers new approaches to map development based on various methods, including classification, the incorporation of hypsometric scales, and interpolation. Spatial analysis plays a particularly important role in the geovisualization of medical-geographical maps and in identifying the spatial distribution and hotspots of various diseases. The techniques used to develop maps of this type are implemented on the basis of statistical and spatial statistical analyses.*

Keywords: *Medical geography, cartography, remote sensing, disease hotspots, systematicity*.

Kirish. Aholi salomatligi va uning hududlardagi holatini tibbiy-geografik raqamli kartalashtirish, mazkur kartalar yordamida tezkor chora-tadbirlar ishlab chiqish dolzarbdir. Bu masala mamlakat miqyosida siyosat darajasiga ko‘tarilib, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 30.01.2025 yildagi PF-16-son farmonini e’lon qilinishi ham masalani dolzarbligini ko‘rsatadi[10]. Bu hozirda aholining salomatligini yaxshilash, ekologik turmush tarzini shakllantirish va inson salohiyatini ro‘yobga chiqarish uchun shart-sharoitlarni yaratishga qaratilgan. Mazkur masalaning yechimini hal qilishda bu tadqiqot ishi ma’lum ma’noda xizmat qiladi [1].

Hududiy statistika – bir yoki undan ortiq hududlarga mansub,

[10] O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 30.01.2025 y. PF-16-son "O‘zbekiston-2030" strategiyasini "Atrof-muhitni asrash va "yashil iqtisodiyot" yilida amalga oshirishga oid davlat dasturi to‘g‘risida"gi Farmoni

mos ko‘rsatkichning hudud yoki vaqt bo‘yicha taqsimlanishini ifodalshga oid ma’lumotlar majmuasi hisoblanadi (muallif tomonidan berilgan ta’rif). Statistik ma’lumotlar bir hudud bo‘ylab shakllantirilganda unda davriylik ma’lumotlari bo’lishi talab etiladi. Ko‘plab hududlar bo‘yicha bir davrga oid qiymatlar shakllatirilishi ham mumkin. Statistik ma’lumotlar tegishli hududlarning chegaralarini ifodalovchi qatlam elementining attributiv ma’lumotlariga kiritiladi va kasallik bo‘yicha uning ko‘p yoki kam tarqalgan hududlari gipsometrik shkala asosida ranglarga bo‘yaladi. Mazkur tushunchalar jadval shaklidagi ma’lumotlarni geovizuallashtirish texnikasi hisoblanadi. Jadval va chegara ma’lumotlari asosida ko’plab tahlillarni ama lga oshirish va kasalliklarning tarqalish o‘choqlarini aniqlash mumkin [5]. Tibbiy-geografik kartalashtirishning ilmiy asoslari prof. S.Malxazova tomonidan ishlab chiqilgan hamda rivojlantirilgan [3]. Kasalliklarni tizimliligiga ko‘ra kasallik o‘chog‘ini aniqlash ishlari Xitoyda ham olib borilga [4].

O‘zbekistonda ham aholi salomatligi mintaqalarning regional xususiyatlari asosida ma’lum bo‘ldiki, arid iqlim mintaqasidagi hududda cho‘l, chalacho‘l, adir, tog‘, baland tog‘ va yaylov mintaqasini ko‘p uchraydigan kasalliklari bor (jadval).

1.3.2-jadval

Kasalliklarning xalqaro tasnifi va hududiy jihatlari*

T/R	Sinflar nomlari	Hududlardagi holat
I sinf	Bakteriyalar, viruslar va parazitlar keltirib chiqaradigan ayrim yuqumli va parazitar kasalliklar	Chorvachilikka ixtisoslashgan mintaqalarda quturish, brutsellyoz, qizamiq; Toshkent shahri, Navoiy, Toshkent, Jizzax viloyatlari va Qoraqalpog‘iston respublikasi.
II sinf	***Yangi paydo bo‘lgan o‘smalar yoki o‘smalar***	Guliston, Navoiy, Taxiyatosh, Angren kabi sanoatlashgan shaharlarda. Toshkent shahri, Buxoro, Toshkent, Navoiy, Qoraqalpog‘iston resp., Xorazm viloyatlarida
		1.3.2-jadvalni davomi
III sinf	Qon va qon hosil qiluvchi a’zolar, shuningdek immunitet mexanizmi kasalliklari	Andijon, Farg‘ona va Samarqand viloyatlari
IV sinf	Endokrin tizim kasalliklari, ovqatlanish buzilishi va moddalar almashinuvining buzilishi bilan bog‘liq kasalliklar	Toshkent shahri, Farg‘ona, Andijon va Namangan, Qashqadaryo viloyatlarida
V sinf	Ruhiy va xulq-atvor buzilishlar	Nasliy, kasb bilan va xarakter (mijoz) bilan bog‘liq holatda

VI sinf	Asab tizimi (endokrin tizimi kasalliklari)	Toshkent shahri, Farg‘ona, Buxoro, Andijon, Namangan viloyatlari
VII sinf	Ko‘z kasalliklari	Nasliy, vitaminlar yetishmasligi va ko‘kalamzor maydonlarni kamligi
VIII sinf	Quloq kasallıklari	Shamollashlar va shovqinni ta’sirida
XI sinf	Qon aylanish tizimi kasalliklari	Toshkent shahri, Surxondaryo, Farg‘ona, Andijon, Buxoro va Sirdaryo viloyatlari
X sinf	Nafas olish organlari kasalliklari	Toshkent shahri, Xorazm, Toshkent, Qoraqalpog‘iston resp., Farg‘ona, Andijon, Navoiy, Sirdaryo viloyatlarida
XI sinf	***Ovqat hazm qilish tizimi***	Toshkent shahri, Buxoro, Xorazm, Toshkent, Qashqadaryo, Andijon viloyatlari
XII sinf	Teri va teri osti to‘qimalarining kasalliklari	Toshkent shahri, Samarqand, Andijon, Farg‘ona, Xorazm viloyatlarida
XIII sinf	Tayanch-harakat tizimi va biriktiruvchi to‘qimalar kasalliklari	Toshkent shahri, Navoiy, Qoraqalpog‘iston resp., Surxondaryo, Farg‘ona va Samarqand viloyatlari
XIV sinf	Siydik-ayirish tizimi kasalliklari	Toshkent shahri, Sirdaryo, Farg‘ona, Namangan va Andijon valoyatlari
XV sinf	Homiladorlik, tug‘ish va tug‘ruqdan keyingi davr kasalliklari	Namangan, Andijon, Toshkent, Xorazm va Samarqand viloyatlari
XVI sinf	Perinatal davrda yuzaga keladigan o‘ziga xos holatlar	Toshkent shahri, Farg‘ona, Toshkent, Samarqand, Qashqadaryo va Andijon viloyatlari
XVII sinf	Tug‘ma anomaliyalar	Toshkent shahri, Navoiy, Qoraqalpog‘iston resp., Surxondaryo, Farg‘ona va Samarqand viloyatlari
XVIII sinf	Klinik va laboratoriya tekshiruvlarida aniqlangan holatlar (bolalar serebral falaji)	Andijon, Surxondaryo, Toshkent shahri, Farg‘ona, Samarqand, Navoiy viloyatlari
XIX sinf	Jarohatlanish (shikastlanish), zaharlanish va tashqi sabablar	Buxoro, Sirdaryo, Namangan, Xorazm, Samarqand viloyatlari
XX sinf	Kasallanish va o‘limning tashqi sabablari	Buxoro, Sirdaryo, Namangan, Xorazm va Samarqand viloyatlari
XXI sinf	Aholi salomatlik holatiga va sog‘liqni saqlash tizimiga ta’sir etuvchi omillar bilan bog‘liq patologik holatlar (go‘daklar o‘limi)	Surxondaryo, Jizzax, Qoraqalpog‘iston Respublikasi va Namangan viloyatlari

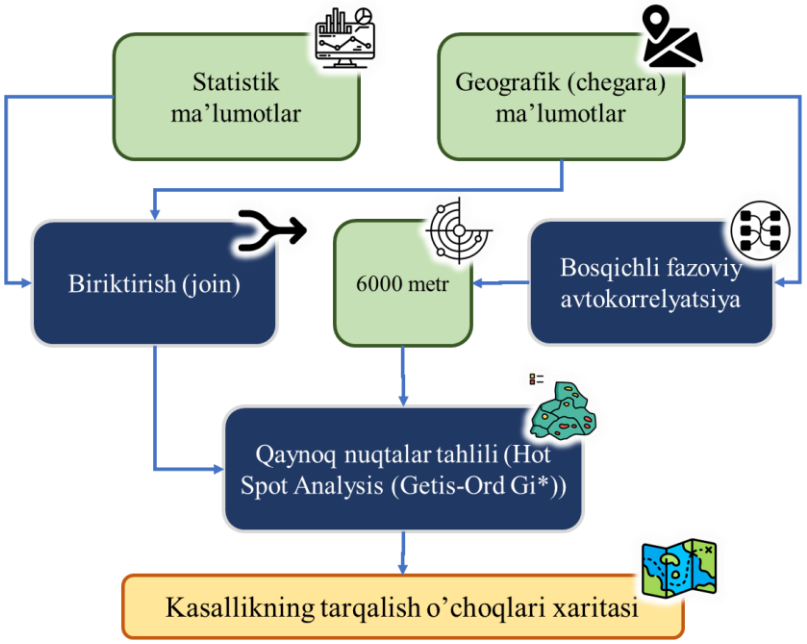
XXII sinf	Ijtimoiy kasalliklar (qandli diabet)	Toshkent shahri, Xorazm, Namangan, Farg‘ona, Buxoro, Toshkent viloyatlari

*-Tibbiy-geografik atlas, 2023 yil asosida tuzildi.

Aholi salomatligiga xavf tug‘diradigan kasalliklarni halqaro tasnifiga ko‘ra, 22-guruhga ajratilgan. Ularni orasidan O‘zbekiston aholisini mintalitetiga hos bo‘lgan ovqat hazm qilish a’zolari kasalliklari hamda keyingi yillarda barcha davlatlarda ko‘p uchrayotgan ijtimoiy kasalliklardan -II sinfga mansub Yangi paydo bo‘lgan o‘smalar yoki o‘sma kasalliklarini kartalashtirishga doir tadqiqotlar olib borildi. Unga ko‘ra, Guliston, Navoiy, Taxiyatosh, Angren kabi sanoatlashgan shaharlarda. Toshkent shahri, Buxoro, Toshkent, Navoiy, Qoraqalpog‘iston respublikasi, Xorazm viloyatlarida ko‘p uchrashi aniqlandi [4, 5, 6].

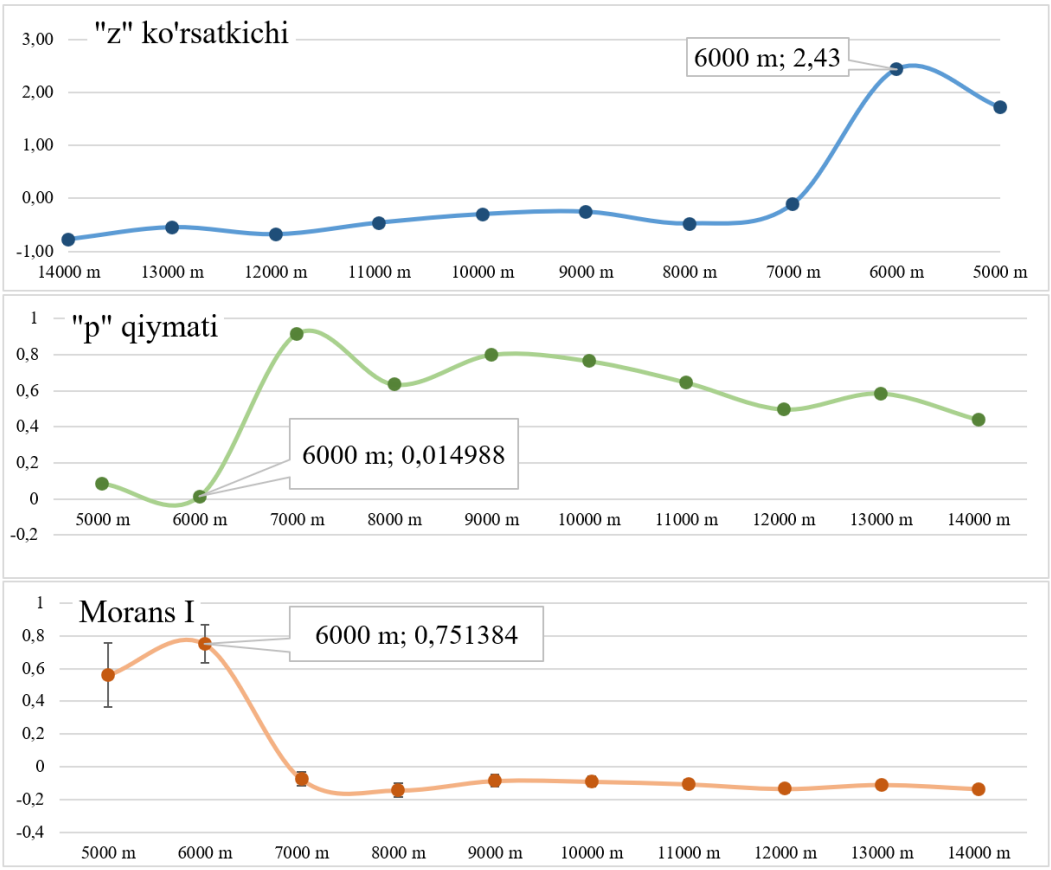
Yuqoridagi tasnifga ko‘ra, XI sinfga kiradigan – Ovqat hazm qilish tizimi a’zolari kasalliklari Toshkent shahri, Buxoro, Xorazm, Toshkent, Qashqadaryo, Andijon viloyatlari aholi orasida nisbatan ko‘p uchraydi.

Kasalliklarning aniqlanishi bo’yicha hududlardagi ro’yxatga olish ma’lumotlari umumiy holatni o‘rganish va kartalarda tasvirlash uchun yetarli emas deb hisoblanadi. Buning sababi umumiy aholi soniga nisbatan kasallanish holatlarining salmog‘i juda kam bo‘lishi mumkin. Kasallik o‘chog‘ini aniqlashning samarali usuli - kasallanish holatlarini har 100000 kishidagi ulushiga nisbatan hisoblash umumiy statistikani to‘g‘ri shakllantirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Bu orqali kasallik ko‘p uchraydigan hududlarning o‘zini emas, balki, aholi tarkibida tez-tez kuzatilayotgan kasallanish holatlarini aniqlashga urg‘u beriladi. Geografik axborot texnologiyalari asosida ko‘plab tahlillarni amalga oshirish masalalari ham ko‘zda tutilgan. Fazoviy tahlillar tizimli tartibda amalga oshiriladi (1-rasm). Unda kasallik o’choqlarini aniqlashga qaratilgan bir qancha vazifalarni bajarish rejalashtirilgan.



1-rasm. Kasallik o‘choqlarini aniqlashda fazoviy tahlillarni qo‘llash texnologik kartasi

Geoaxborot tizimi dasturlaridan foydalanib kasalliklarning o’choqlarini aniqlash uchun dastlabki ma’lumotlar mavjud bo’lishi nazarda tutiladi. Statistik jadvallarning tuman chegaralariga oid ma’lumotlar bilan bog‘lash birinchi darajali vazifa hisoblanadi. Bu bosqichda ularni umumlashtiruvchi ma’lumotlar asosida bog‘lash amalga oshiriladi. Bog‘lash funksiyasidan foydalanish uchun ikki turdagi ma’lumotlar orasida bir-biri bilan 100% mos keluvchi ma’lumot mavjud bo’lishi talab etiladi. Imloviy va texnik xatoliklar tufayli hududga oid ma’lumotlar va jadvaldagi qiymatlar bog‘lanishida kamchiliklar yuzaga kelishi mumkin. Mazkur bosqich muvaffaqiyatli kechganidan so‘ng geografik ma’lumotlar qatlami fa’zoviy avtokorrelyatsiya qilinadi. Avtokorrelyatsiya natijasida kasalliklar o‘choqlarini tahlil qilish uchun qo‘shni hududlarni inobatga olish uchun eng samarali masofa hosil bo’ladi. Avtokorrelyatsiya qiymatlari taqdim etgan natijalarga asoslanib “z-score” qiymati kasallik o‘choqlarining kuchlilik darajasini ifodalab beradi. “P-value” deb nomlanuvchi qiymat esa ma’lumotning ishonchlilik darajasini ifodalashda qo‘llaniladi. Bosqichli fazoviy avtokorrelyatsiya tahlili orqali tumanlar orasidagi turli masofalar bo‘yicha o’zaro munosabatlarini aniqlovchi statistik ko‘rsatkichlar hisoblanadi. Mazkur ko‘rsatkichlar tasodifiylik darajasining oldini olish maqsadida qo’llaniladi. Natijalarning ishonchliligi ham shu ko‘rsatkichlarga asoslanib taqdim etiladi (2-rasm).



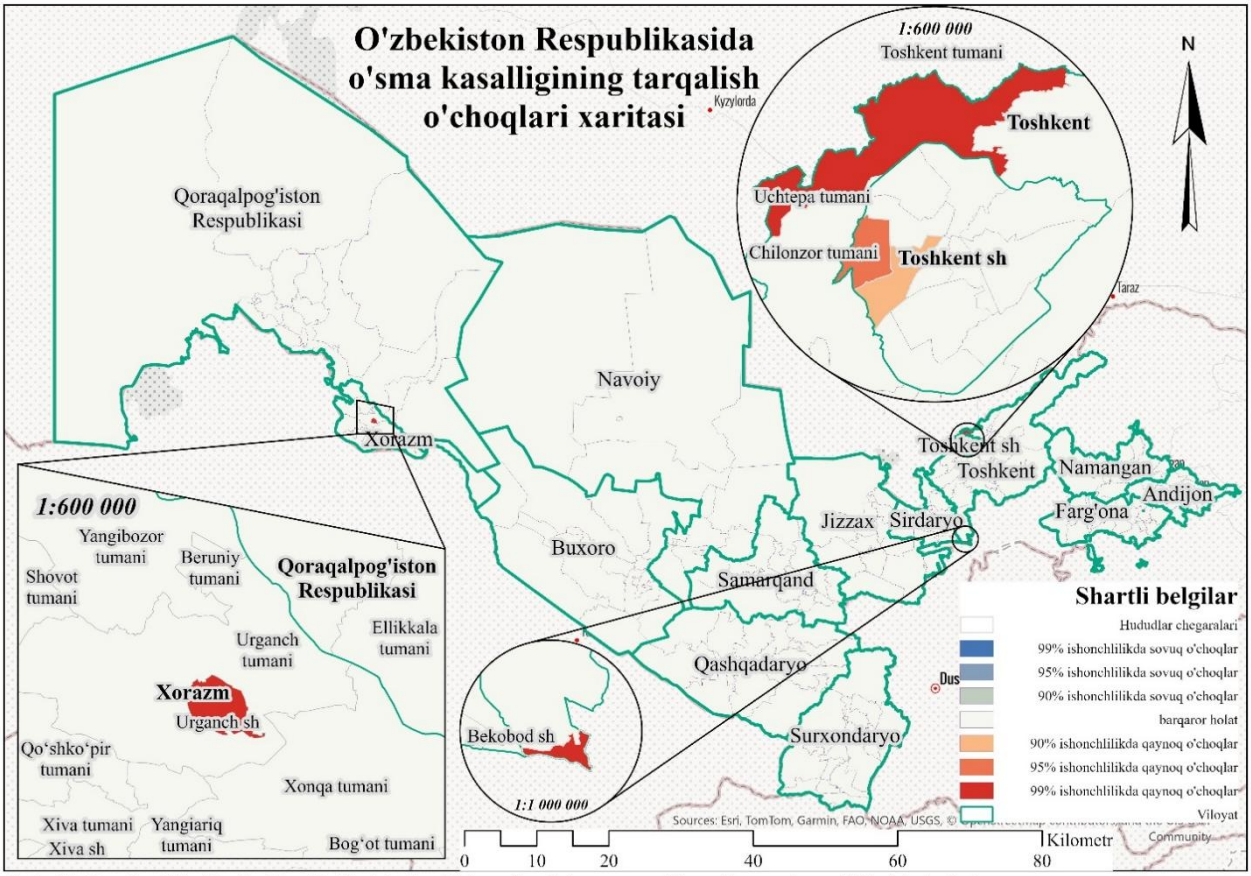
2-rasm. Fazoviy avtokorrelyatsiya qiymatlari va ular asosida tahlil masofasini aniqlash koʻrsatkichlari.

Yuqoridagi diagrammalarga koʻra “z-koʻrsatkichi” eng yuqori qiymatga ega masofa 6000 metrga toʻgʻri kelgan. Bu qiymat kasallik oʻchoqlarining kuchlilik darajasini ifodalaydi. “P-value” qiymati qanchalik kichik boʻlsa natijaning tasodifiy emas, balki, statistik ahamiyatlilik darajasi yuqori ekanligini ifodalaydi. Morans I koʻrsatkichlari bu fazoviy autokorrelyatsiya koeffitsienti, ya’ni kartadagi qiymatlar tasodifiy joylashganmi yoki bir-biri bilan fazoviy bogʻlanganmi degan savolga javob beradi. Qiymat 1 ga yaqin boʻlishi yuqori darajadagi kasallanish kuzatilgan hududlar bir joyda toʻplanganini bildiradi. Ushbu koʻrsatkich tahlil natijasida hosil boʻlgan ma’lumotlarning ishonchliligini ifodalash uchun ham xizmat qiladi. Yuqoridagi grafiklar umumlashgan xolda 6000 metr koʻrsatkichi tahlillar uchun eng yaxshi masofa ekanligini ifodalagan. Bundan kelib chiqib qaynoq nuqtalar tahlilini 6000 metrli oʻzgarmas qiymat kiritish orqali oʻtkazish asosli deb topildi.

Oʻsma kasalligining hududiy oʻchoqlarini aniqlashda bir kalendar yilida yangi aniqlangan holatlar yuzasidan statistik ma’lumotlar shakllantirilgan. Unga koʻra bir tumandagi bir yillik qiymat saqlanadi va har yilda kasallikni aniqlash holatlari qayta sanoqqa olinadi. Bu yoʻnalish oʻsma kasalligining yillik asl dinamikasini kuzatishda muhim ahamiyat kasb etadi. Shu bilan bir qatorda kasallikning Respublikadagi fazoviy taqsimoti aniqlanadi. Hududlar kesimida oʻsmaning yillik roʻyxatga olinishi qoʻshni hududlardagi

qiymatlarga aloqadorlik asosida kasallik o'choqlarini aniqlash tahlillari bajarildi. Tahlillar natijasiga ko'ra Toshkent tumani, Bekobod shahri va Urganch shaharlarida tizimli ravishda kasallanish holatlari uchragani aniqlandi

(3-rasm).



Xarita O'zbekiston Respublikasi Prezidenti huzuridagi Statistika Agentligining ma'lumotlariga asosan muallif tomonidan tayyorlangan (2023-yil davri uchun)

3-rasm. O'zbekistonda o'sma kasalligi ochoqlari kartasi

Kartaga ko'ra Toshkent tumani, Bekobod va Urganch shaharlari 99% ishonchlilikda kasallik o'choqlari ekanligi aniqlandi. Toshkent shahrining Uchtepa tumanida 95% va Chilonzor tumanida 90% ishonchlilikda kasallanish holatlarining yuqoriligi aniqlandi. Tahlillarga ko'ra O'zbekiston hududida sovuq o'choqlar mavjud emas. Bu esa Respublikada kasallanish kuzatilmagan hududlar mavjud emasligini bildiradi. Umumiy holat barqaror, kasallanish holatlari boshqa tumanlarda tizimlashmagan, ya'ni tasodifiy ekanligi aniqlandi. Karta orqali O'zbekiston bo'yicha umumiy holat barqaror ekanligi, shu bilan birga o'sma kasalligining tez-tez kuzatilayotgan qaynoq nuqtalari yirikroq (1:1 000 000 va 1:600 000) masshtabda ko'rsatilgan. Kartada urg'u qaynoq o'choqlarning respublika bo'ylab taqsimlanishini ko'rsatishga qaratilgan.

Maqolada Geografik axborot tizimlari, masofadan zondlash ma'lumotlari, statistik ma'lumotlar, tasniflash, gipsometrik shkalalar, interpolyatsiya kabi usullar asosida kartalarni ishlab chiqish uchun

yangi yondoshuvlar taklif etadi. Tibbiy geografik kartalarni geovizuallashtirishda hamda turli kasalliklarning o‘choqlarini aniqlashda fa’zoviy tahlillarning alohida o‘rni keltirilgan. Mazkur turga oid kartalarni ishlab chiqish texnikalari statistik va hududiy statistik tahlillar asosida amalga oshirish orqali muhim natidalarga erishilgan.

Turli tabiiy-geografik sharoitga xos hududlardan tanlab olingan viloyatlar nozogeografik holatidagi hududga xos muammolarni aniqlash va vaziyatni optimallashtirishga qaratilgan chora-tadbirlarni kartalar yordamida ishlab chiqish asoslandi. Mazkur kartalar yordamida aholini salomatligini yaxshilashga qaratilgan chora-tadbirlarni belgilashda geografik asos vazifasini bajaradi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “O‘zbekiston-2030” strategiyasini “Atrof-muhitni asrash va “yashil iqtisodiyot” yilida amalga oshirishga oid davlat dasturi to‘g‘risida 30.01.2025 yildagi PF-16-son farmoni.
2. Малхазова С.М. Медико-географический анализ территорий: картографирование, оценка, прогноз. Научный мир, -М.:, 2007, -236 с.
3. The Concept of Health in Atlas Mapping. Svetlana M. Malkhazova, Tatiana V. Kotova, Dmitry S. Orlov, Nilufar K., Komilova, Nasiba I. Safarova, Li Wang https://doi.org/10.24057/2071-9388-2026-4401
4. O‘zbekiston respublikasining tibbiy-geografik atlasi, 1-qism. Jizzax va Sirdaryo viloyatlari, Toshkent, 2023 yil.-126 bet.
5. O‘zbekistn respublikasi prezidenti huzuridagi statistika agentligi to‘plami, O‘zbekistonda sog‘likni saqlash. Toshkent, 2023.
6. https://stat.uz/uz/

UDK 332.1:338.45(575.1)

URGUT ERKIN IQTISODIY ZONASI SANOAT KORXONALARINING HUDUDIY JOYLASHUV XUSUSIYATLARI

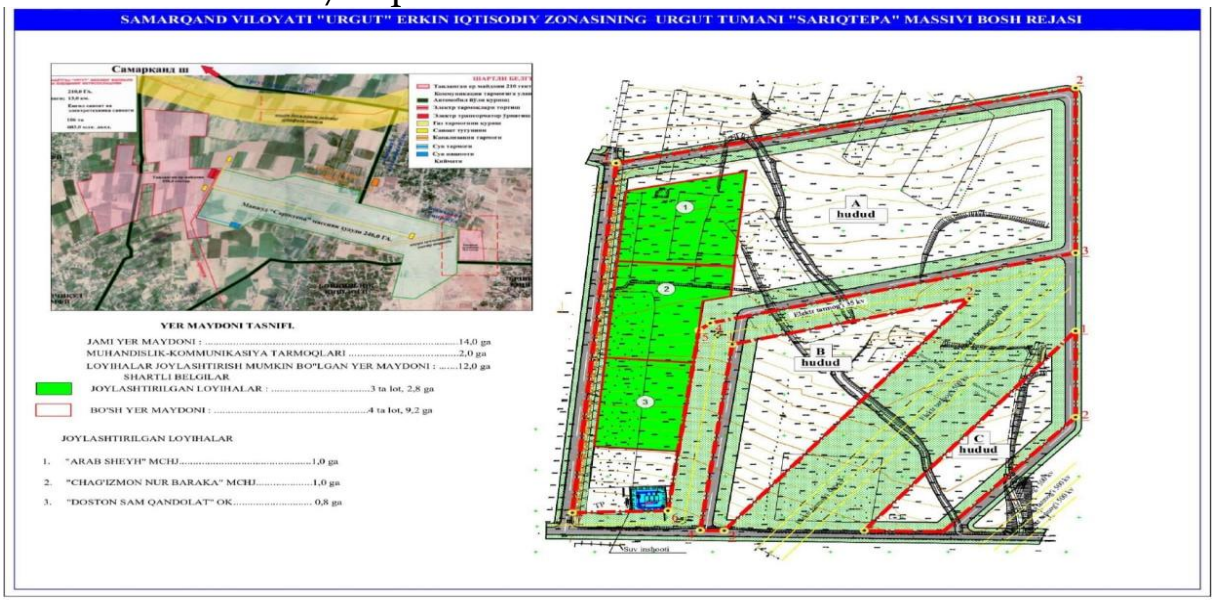
Sulaymonov Sh.A*-Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti*

E-mail*: sulaymonovshahzod123@gmail.com*

Annotatsiya: *Mazku maqolada Urgut erkin iqtisodiy zonasi sanoat korxonalari joylashuvi, erkin iqtisodiy zonaning umumiy yer maydoni, erkin iqtisodiy zonada band aholi soni, jami loyihalar, ishga tushirilgan hamda istiqbolli loyihalar soni va amalga oshirilayotgan loyihalarning qiymati kabilar o‘z aksini topgan.*

Kalit so‘zlar: *chet el sarmoyalari, aholi bandligi, ishlab chiqarish hajmi, import va eksport salohiyati, sanoat ishlab chiqarish, investitsion muhit.*

Kirish. Urgut erkin iqtisodiy zonasi O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 12-yanvardagi PF-4931-sonli Farmoni asosida tashkil etilgan. Urgut erkin iqtisodiy zonasining ishtirokchi korxonalari Samarqand viloyatida faoliyat yuritayotgan korxonalar sonining 4% ini tashkil etib, ishlab chiqarish ko‘rsatkichini 17% qismini tashkil etadi. Urgut erkin iqtisodiy zonasi umumiy yer maydoni 1434.6 ga, bo‘sh yer maydoni 332.6 ga bo‘lib yillar davomida uning maydoni kengayib brogan. Bunga asosiy sabab, erkin iqtisodiy zona sanoat korxonalarining samaradorligi oshib brogan va shing hisobiga bo‘sh yer maydonlari qisqarib borgan.

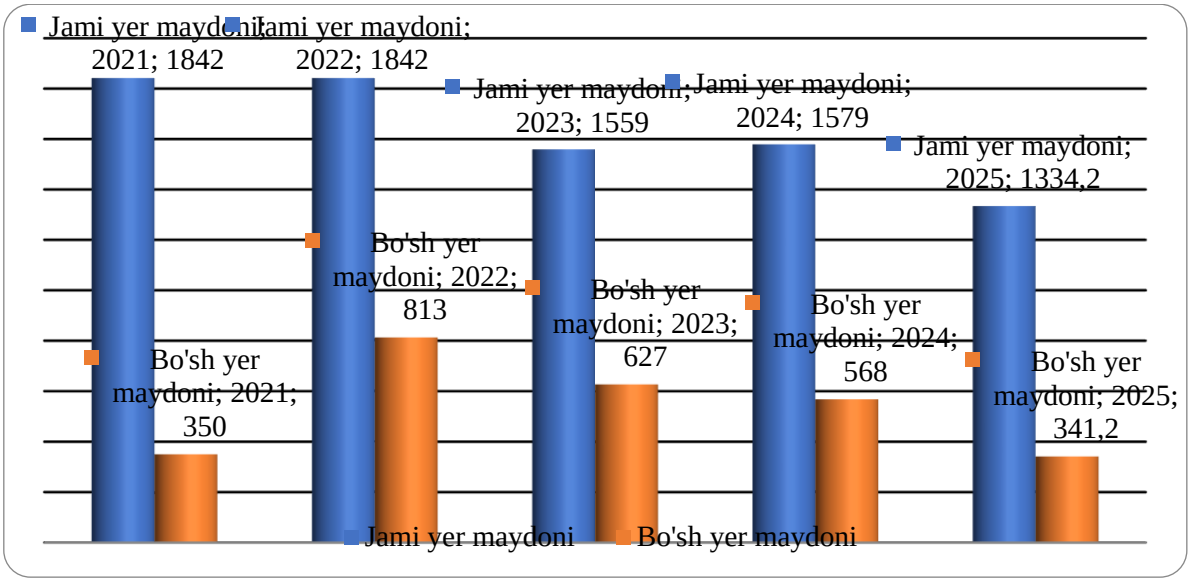


1-rasm. Samarqand viloyati “Urgut” erkin iqtisodiy zonasining Urgut tumani “Sariqtepa” massivi bosh rejasi

Ushbu rasmda Samarqand viloyati “Urgut” erkin iqtisodiy zonasining Urgut tumani “Sariqtepa” massivi bosh rejasi tasvirlangan. Loyihaning umumiy yer maydoni 14.0 gektar bo‘lib, shundan muhandislik-kommunikatsiya tarmoqlari 2.0 gektar va loyihalar joylashtirish mumkin bo‘lgan yer maydoni 12.0 gektarni tashkil etadi. “Sariqtepa” massivida “ARAB SHEYH” MCHJ, “CHAG‘IZMON NUR BARAKA” MCHJ, “DOSTON SAM QANDOLAT” OK kabi sanoat ishlab chiqarish korxonalari joylashgan.

Asosiy qism. Statistik ma’lumotlar asosida tayyorlangan grafikdan ko‘rish mumkinki, Urgut erkin iqtisodiy zonasining umumiy yer maydoni biroz pasaygan. 2021-yilda jami yer maydoni 1842ga ni va bo‘sh yer maydoni 350ga ni tashkil etgan bo‘lsa, 2025-yilga kelib jami yer maydoni 1334.2ga ni va bo‘sh yer maydoni 341.2ga ni tashkil etganini ko‘rishimiz mumkin

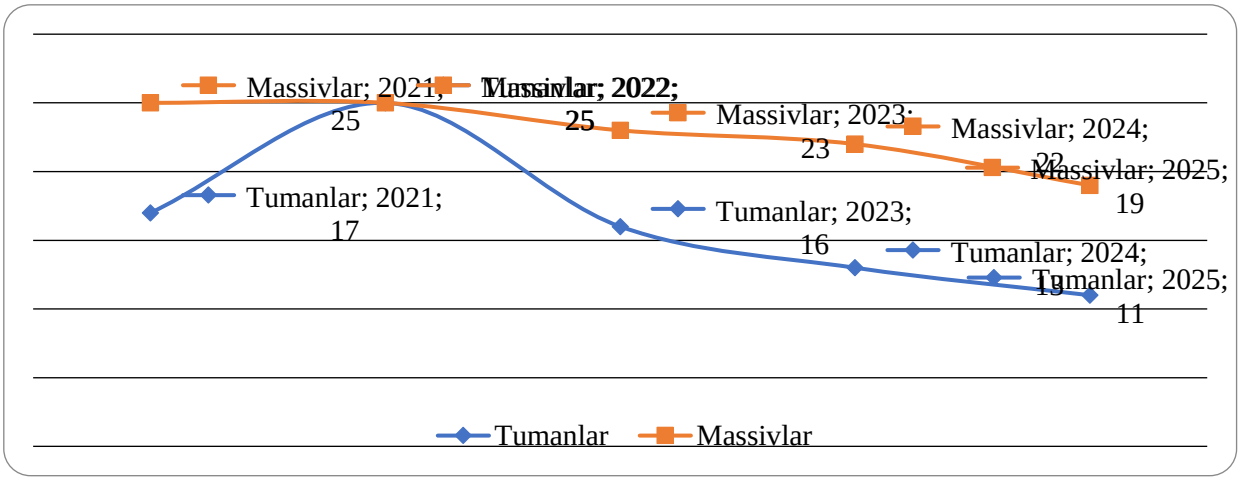
.



2-rasm. Urgut erkin iqtisodiy zonasining umumiy yer maydoni(ga)

Grafikdan umumiy yer maydoni hajmi oshib, bo‘sh yer maydoni kamayganini ko‘rish mumkin. Bunga asosiy sabab mavjud bo‘sh yer maydonlarida yangi sanoat korxonalarining qurilishi va chet el investitsiyalari miqdorining o‘sib borishi hisoblanadi. Urgut erkin iqtisodiy zonasi sanoat korxonalari bir nechta tuman va massivlarda tashkil etilgan bo‘lib, quyida ular haqida ma’lumot berilgan

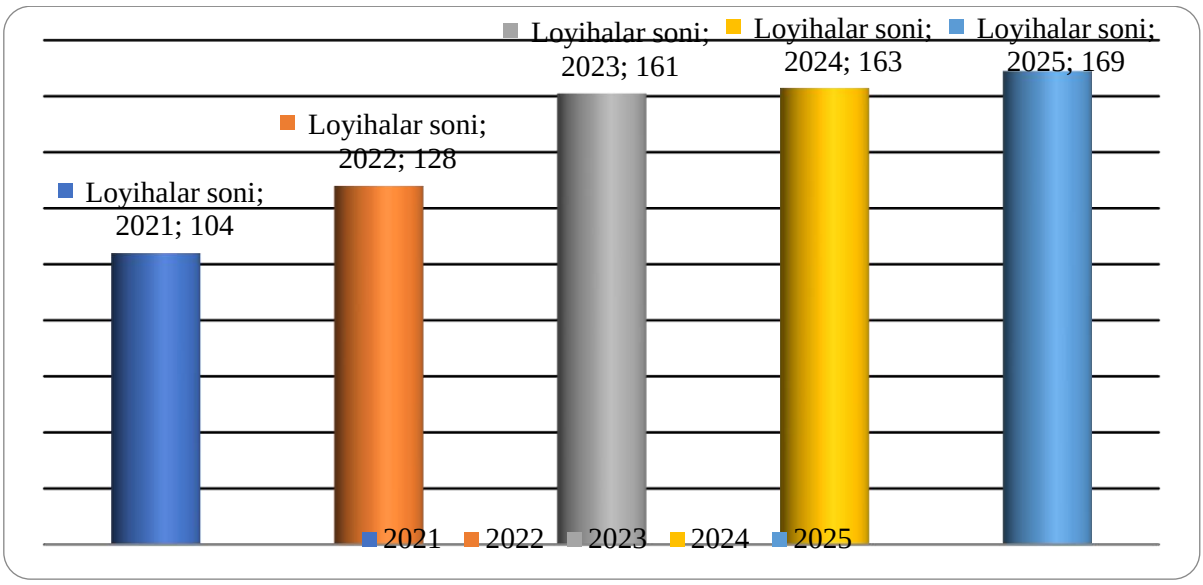
.



2.10-.rasm. Urgut erkin iqtisodiy zonasi sanoat korxonalari joylashgan tumanlar va massivlar soni

2.8-rasmdan ko‘rishimiz mumkinki, erkin iqtisodiy zona sanoat korxonalari 2021-yilda 17 ta tuman va 25 ta massivda tashkil etilgan bo‘lsa, 2025-yilga kelib bu ko‘rsatkich 11 ta tuman va 19 ta massivni tashkil etgan

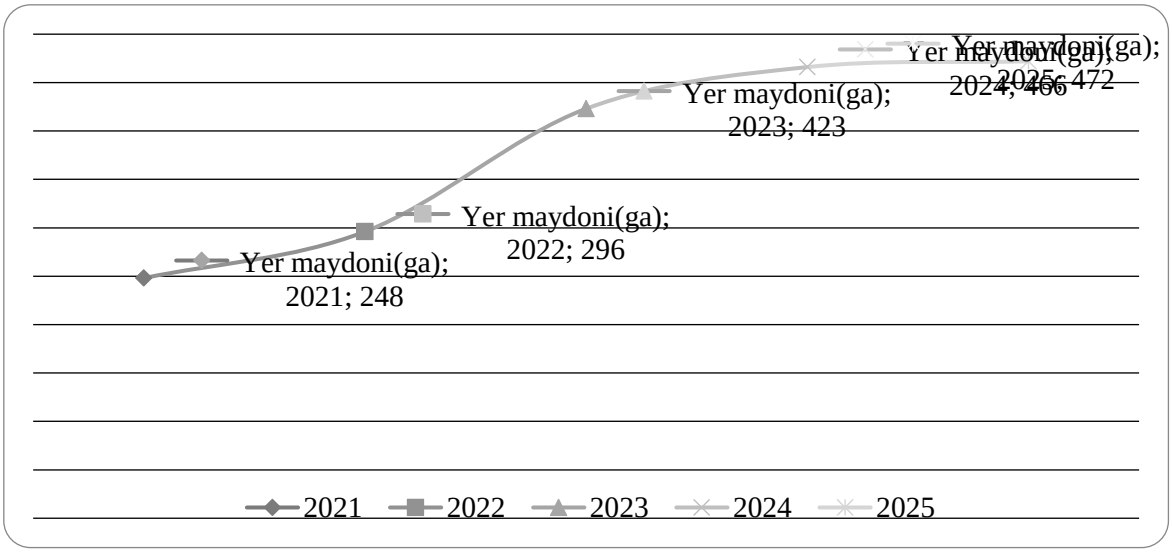
.



3-rasm. Urgut erkin iqtisodiy zonasida mavjud jami loyihalar

Grafikda Urgut erkin iqtisodiy zonasida mavjud bo‘lgan jami loyihalar tasvirlangan. 2021-yilda loyihalar soni 104 tani tashkil etgan bo‘lsa, 2025-yilga kelib bu raqam 169 taga ko‘payganini grafikdan ko‘rishimiz mumkin. Sanoat korxonalariga jalb qilingan chet el va mahalliy investitsiyalar hamda sanoat korxonalariga berilgan soliq va bojxona imtiyozlari loyihalar soni ortishiga sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatgan

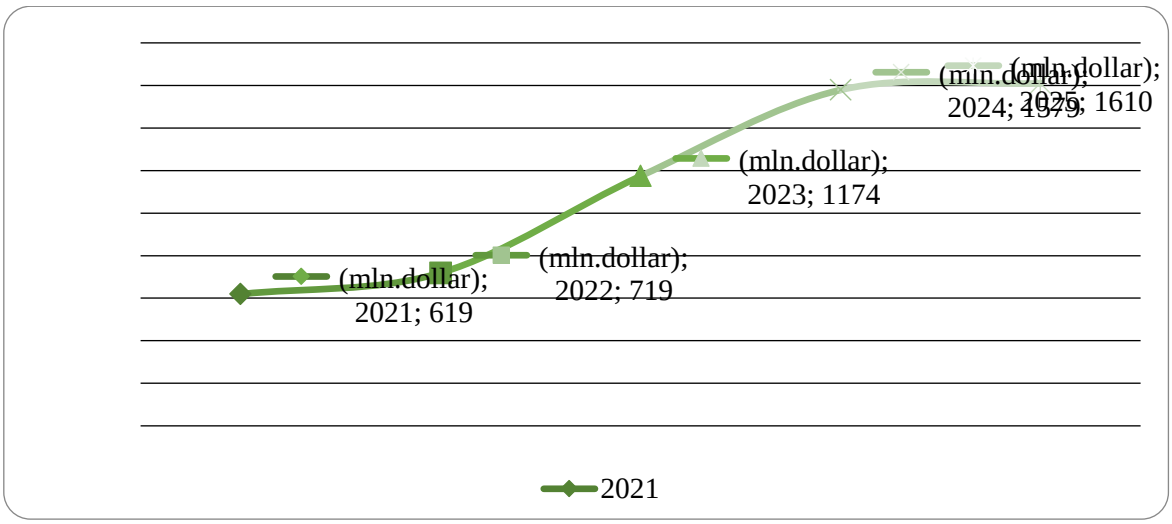
.



4-rasm. Urgut erkin iqtisodiy zonasi jami loyihalari joylashgan hudud

2.10-rasmdan ko‘rishimiz mumkinki, 2021-yilda Urgut erkin iqtisodiy zonasidagi jami loyihalar joylashgan hudud 248 gektarni tashkil etgan va bu raqam 2025-yilda 472 gektarga ko‘paygan. Amalga oshirilayotgan loyihalar soni ortishi bilan ularga mos ravishda loyihalar joylashgan hududlar maydoni ham ortib borgani rasmda yaqqol tasvirlangan

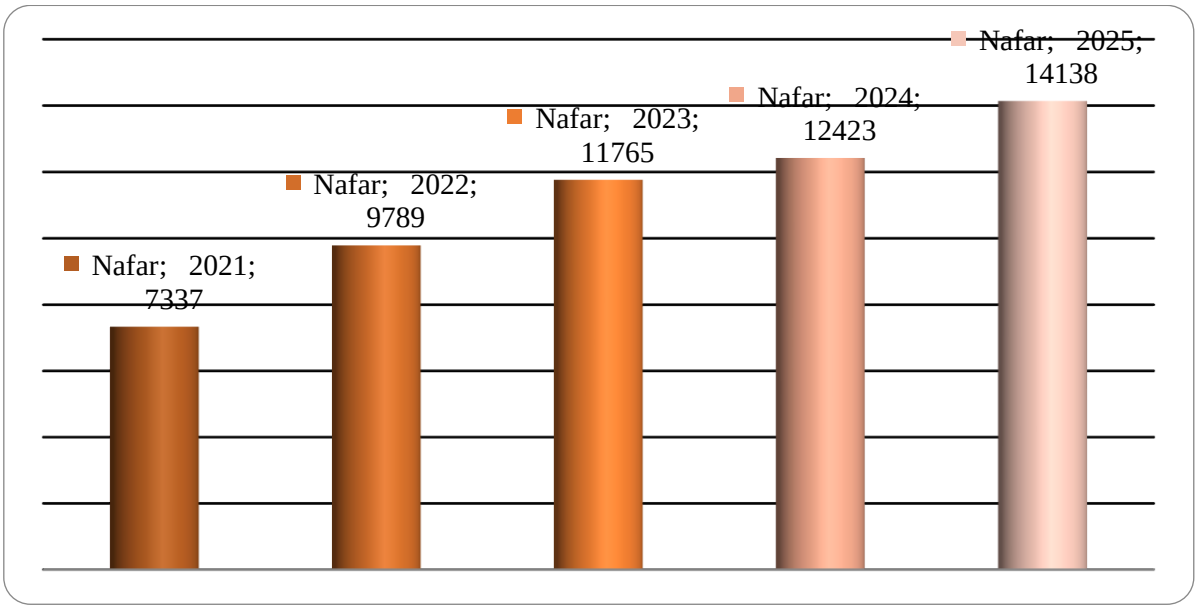
.



5-rasm. Urgut erkin iqtisodiy zonasida amalga oshirilayotgan loyihalar qiymati

Grafikda 2021-2025-yillar davomida amalga oshirilgan loyihalar qiymati tasvirlangan. 2021-yilda 619 mln.dollarlik loyoha amalga oshgan bo‘lsa, 2025-yilda 1610.0 mln.dollarlik loyihalar amalga oshirilgan. Oxirgi 5 yil davomida Urgut erkin iqtisodiy zonasida amalga oshirilgan loyihalar qiymati keskin oshib, tuman va viloyat YaIM ga sezilarli darajada hissa qo‘shgan

.



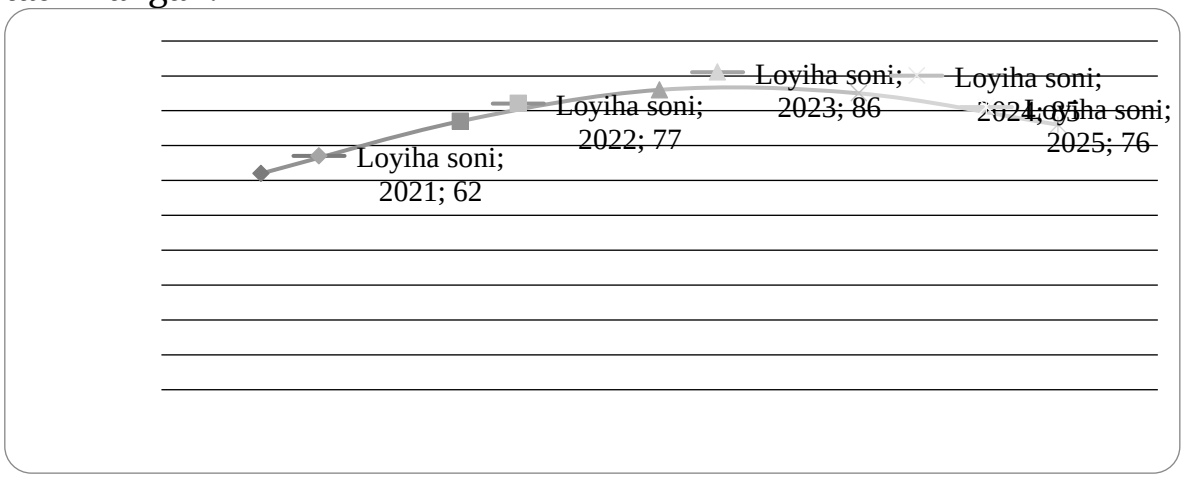
6-rasm. Urgut erkin iqtisodiy zonasida jami loyihalar natijasida yaratilgan ish o‘rni (birlikda)

Urgut erkin iqtisodiy zonasida 2021-yilda yaratilgan ish o‘rni 7337 nafar bo‘

lsa, 2025-yilda yangi ish o‘rinlari soni 14138 nafarga yetgan va 5 yil davomida yangi ish o‘rinlari soni 2 barobarga ko‘paygan. Buning natijasida tuman aholisining salmoqli qismi ish o‘rni va doimiy real daromadga ega bo‘ldi. Bu esa aholi turmush darajasini o‘sishiga va ijtimoiy-iqtisodiy jihatdan aholi farovonligiga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi.

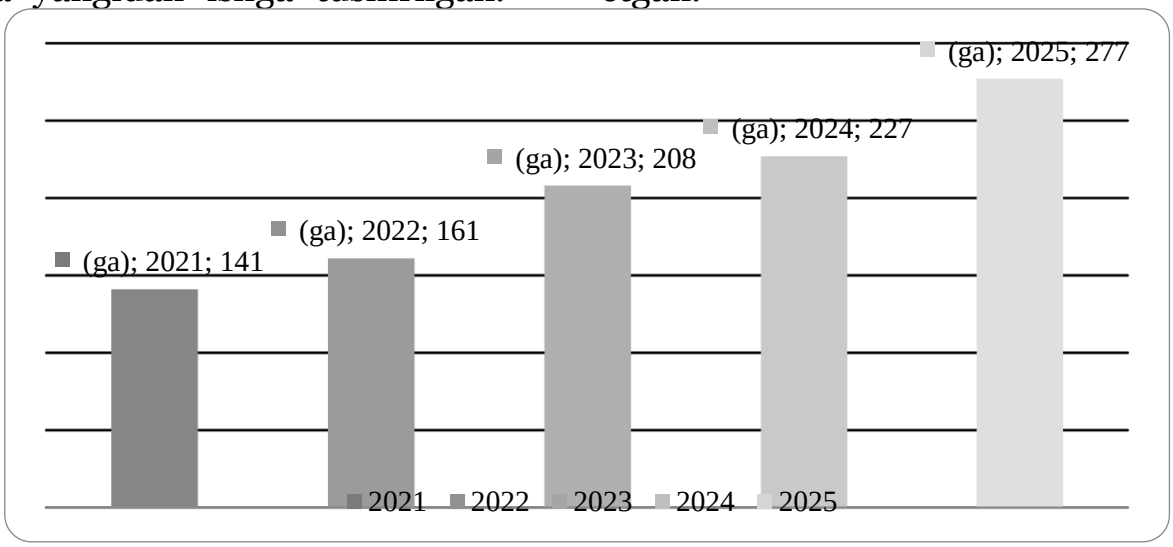
Umimiy loyihalardan tashqari Urgut erkin iqtisodiy zonasida

yangidan ishga tushgan juda ko‘plab loyihalar ham mavjud bo‘lib, ular quyidagi grafikda tasvirlangan.



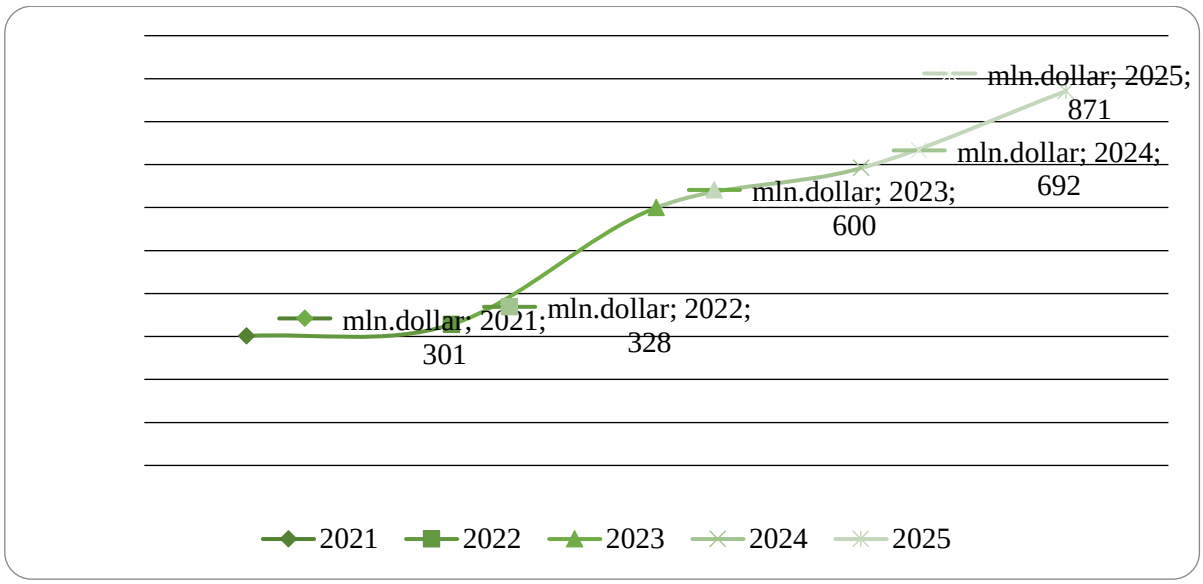
7-rasm. Urgut erkin iqtisodiy zonasida ishga tushgan loyihalar soni

2021-yildan 2025-yilgacha Urgut erkin iqtisodiy zonasida 381 ta loyiha yangidan ishga tushirilgan. 2021-yilda yangi loyihalar soni 62 tani, 2025-yilda esa 76 tani tashkil etgan.



8-rasm. Erkin iqtisodiy zonada ishga tushgan loyihalar maydoni

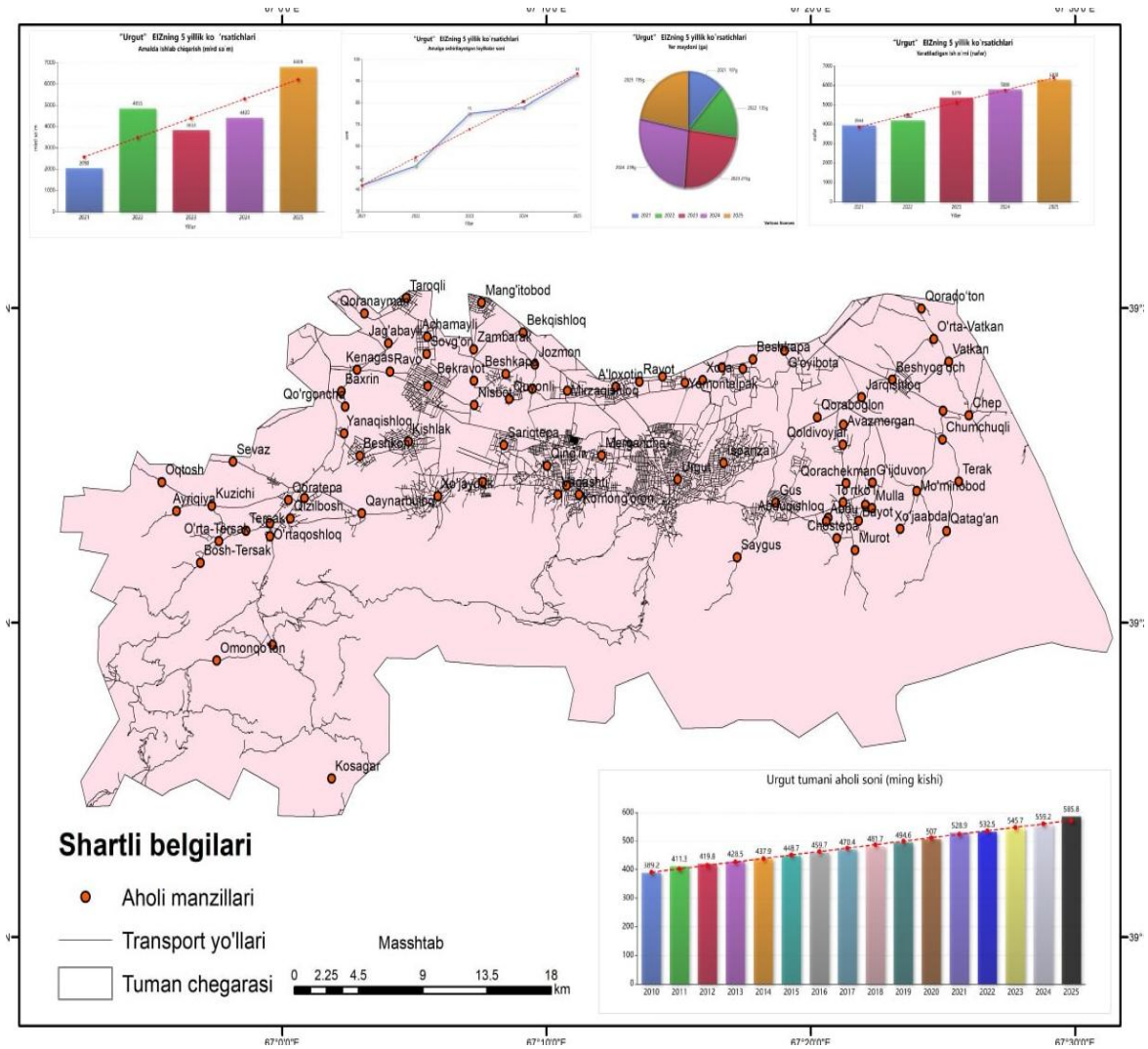
2023-yilda 83 ta yangi loyiha ishga tushirilgan bo‘lib, eng yuqori ko‘rsatkichni tashkil etganini yuqoridagi grafikdan ko‘rishimiz mumkin. Tumanda mavjud resurslar ishga tushgan loyihalar sonining ortishiga asosiy ta’sir ko‘rsatuvchi omil hisoblanadi. 2.14-rasmdan ko‘rishimiz mumkinki, Urgut erkin iqtisodiy zonasida yangidan ishga tushirilgan loyihalar maydoni 2021-yilda 141ga ni, 2023-yilda 208ga ni va 2025-yilda 277ga ni tashkil qilgan. Yangi sanoat va ishlab chiqarish korxonalarining qurilishi natijasida ishga tushirilgan loyihalar maydoni ortib brogan. Natijada tuman ijtimoiy-iqtisodiy hayoti uchun zarur bo‘lgan sanoat mahsulotlari ishlab chiqarilgan.



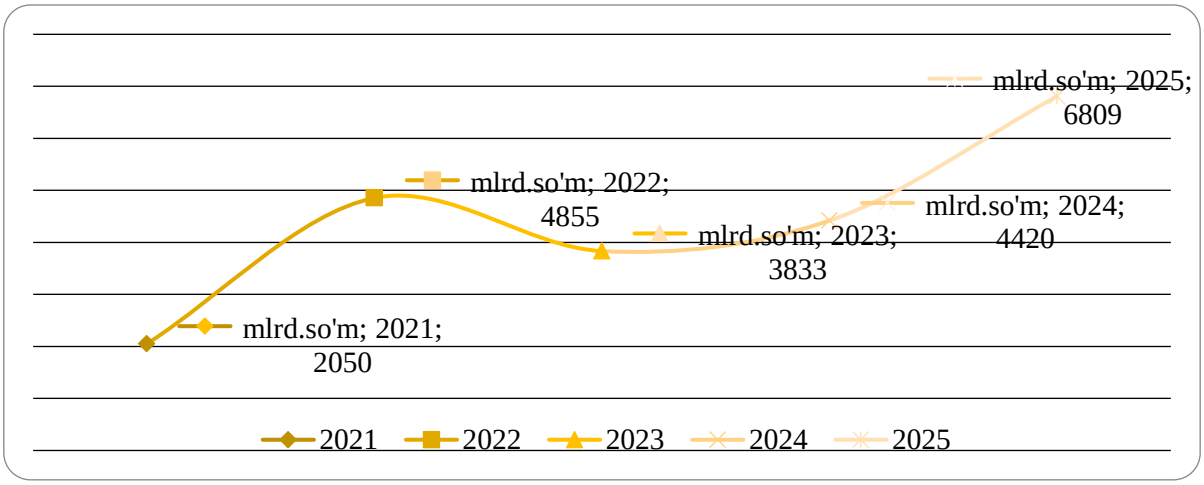
9-rasm. Erkin iqtisodiy zonada ishga tushgan loyihalar qiymati

Grafikdan ko‘rishimiz mumkinki, Urgut erkin iqtisodiy zonasida yangida ishgan tushgan loyihalarning qiymati 2021-yilda 301.0 mln.dollarni, 2023-yilda sezilarli darajada oshib 600.0 mln.dollarni tashkil etib, 2025-yilda 871 mln.dollarlik eng yuqori ko‘rsatgichni qayd egan. Buning natijasida tuman iqtisodiyotiga qariyb 5 yil davomida 2 mlrd 800 mln.dollar xorijiy investitsiyalar jalb qilingan. Bu esa Urgut tumanini ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishida nuhim ahamiyat kasb etadi

.



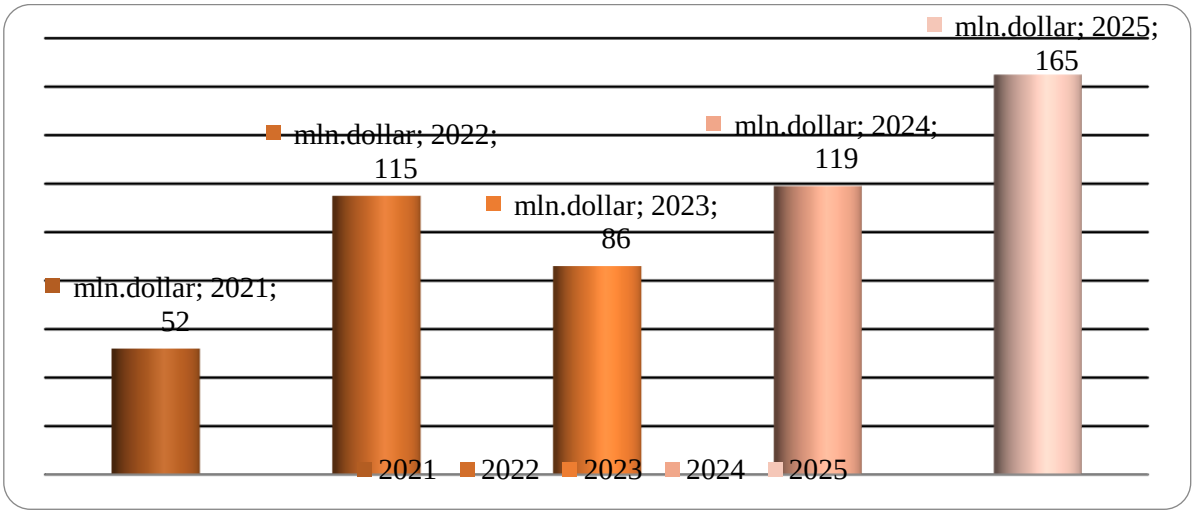
10-rasm. “Urgut” erkin iqtisodiy zonasi iqtisodiy va ijtimoiy rivojlanish ko‘rsatkuchlari



11-rasm. Urgut erkin iqtisodiy zonasida ishga tushgan loyihalarda ishlab chiqarish hajmi

2.16-rasmdan ko‘rishimiz mumkinki, Urgut erkin iqtisodiy zonasida 2021-yilda 2050.0 mlrd.so‘mlik sanoat mahsuloti ishlab chiqarilgan bo‘lsa, 2023-yilda 3833.0 mlrd.so‘m va 2025-yilda 6809.0 mlrd.so‘mlik sanoat mahsulotlari ishlab chiqarilgan.

2021-yilga qaraganda 2025-yilda sanoat ishlab chiqarish hajmi salkam 1.8 mlrd.so‘m oshganini ko‘rishimiz mimkin.

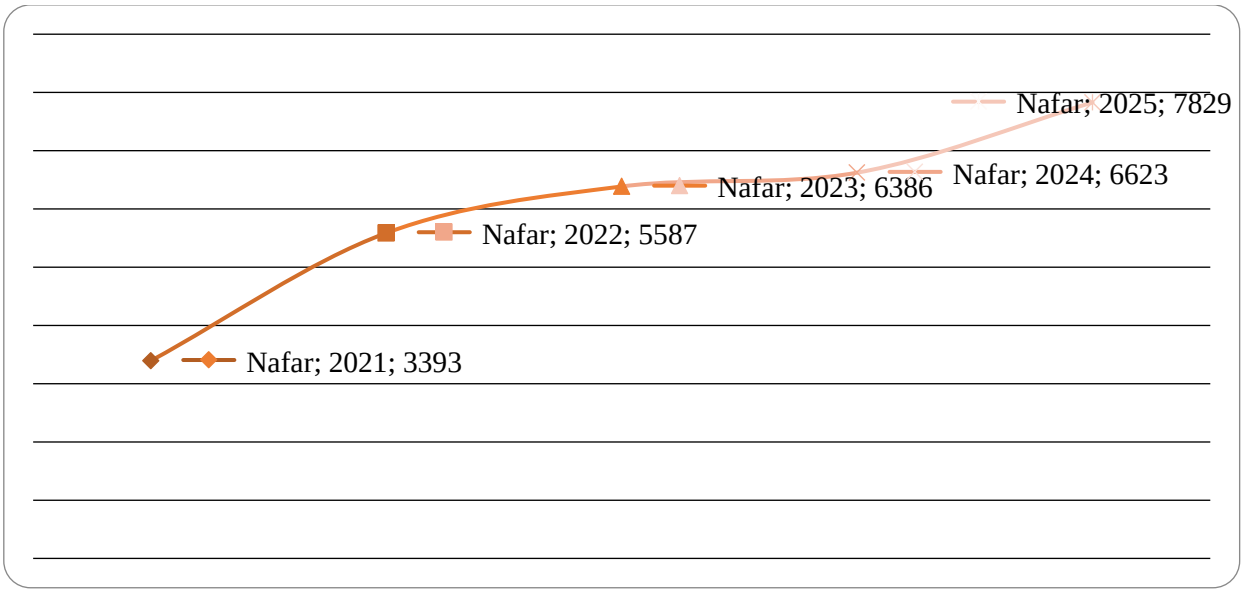


12-rasm. Urgut erkin iqtisodiy zonasida ishga tushirilgan loyihalar eksport salohiyati

Grafikdan ko‘rishimiz mimkinki, Urgut erkin iqtisodiy zonasida yangidan ishga tushirilgan loyihalarning eksport salohiyati 5-yil davomida 3 barobar oshgan. 2021-yilda Erkin iqtisodiy zonada ishga tushirilgan loyihaning eksport quvvati 52 mln.dollarni, 2023-yilda esa 86 mln.dollarni tashkil etgan bo‘lsa, 2025-yilga kelib bu ko‘rsatgich 165 mln.dollarga yetdi.

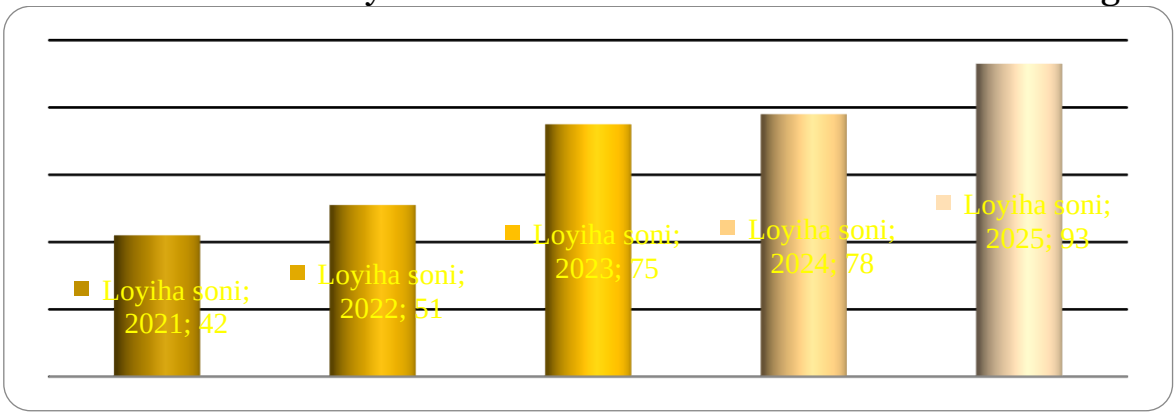
Urgut tumanida sanoat ishlab chiqarish hajmi yuqori bo‘lishiga qaramasdan tashqi savdo saldosi manfiyligi oldingiz paragrafda tasvirlangan. Urgut erkin iqtisodiy zonasida ishga tushirillgan yangi loyihalar natijasida tuman aholisi uchun yangi ish o‘rinlari yaratilib, tumanda ishsizlik darajasi keskin kamaygan

.



13-rasm. Urgut erkin iqtisodiy zonasida ishga tushgan loyihalar natijasida yaratilgan ish o‘rni (birlikda)

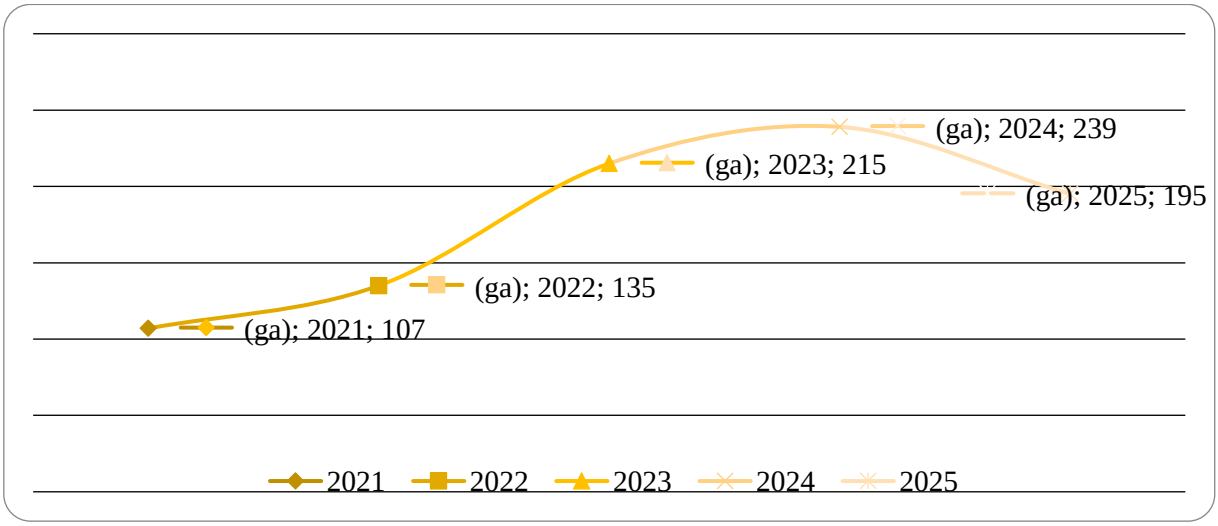
Urgut erkin iqtisodiy zonasida yangidan ishga tushirilgan loyihalar natijasida 2021-yilda 3393 nafar, 2023-yilda 6386 nafar va 2025-yilda 7829 nafar yangi ish o‘rni yaratilgan va 5 yil davomida jami 30 mingga yaqin tuman aholisi doimiy ish va real iqtisodiy daromadga ega bo‘lgan. Urgut erkin iqtisodiy zonasida yangi ish o‘rinlari sonining ortib borishiga aholining ko‘pligi va sanoat ishlab chiqarish korxonalari uchun ishchi kuchining arzonligi kabi muhim omillar sabab bo‘lgan.



14-rasm. Urgut erkin iqtisodiy zonasida amalga oshirilayotgan loyihalar soni

Urgut erkin iqtisodiy zonasida mavjud va yangidan ishga tushirilgan loyihalardan tashqari bugungi kunda amalga oshirilayotgan 93 ta loyiha mavjud. Oxirgi 5 yil davomida tumanda 300 dan ortiq loyiha amalga oshirilgan. 2021-yilda amalga oshirilayotgan loyihalar soni 42 ta, 2023-yilda 75 ta va 2025-yilda 93 ta loyiha amalga oshirilganligini yuqoridagi grafikdan ko‘rishimiz mumkin

.



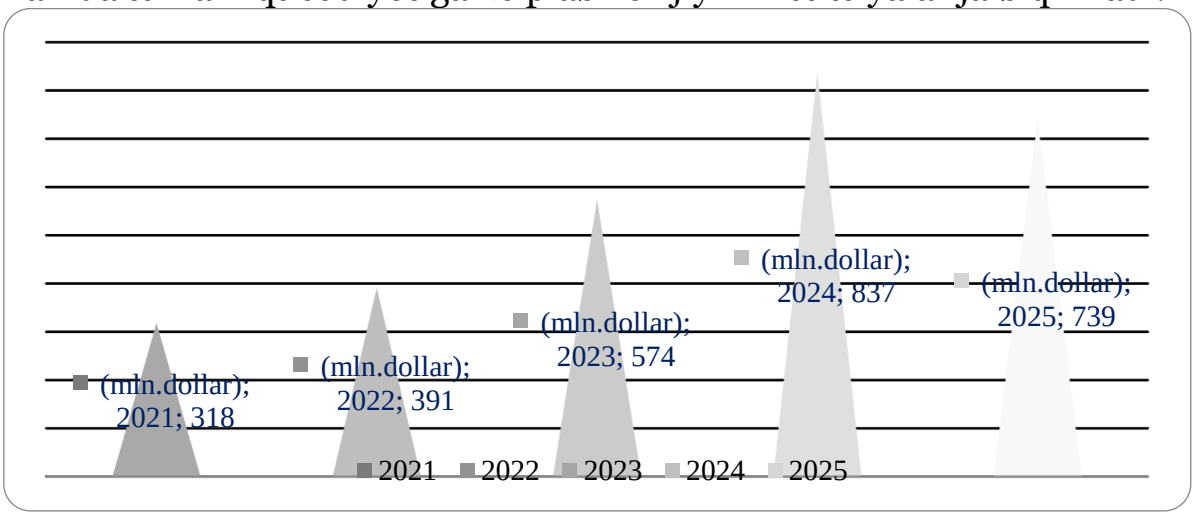
15-rasm. Erkin iqtisodiy zonada amalga oshirilayotgan loyihalar yer maydoni

2

.20-rasmdan amalga oshirilayotgan loyihalarning yer maydoni 2021-yilda 107ga, 202-yilda eng yuqori 239ga va 2025-yilda esa 195ga ni tashkil qilganini ko‘rishimiz mumkin. Bu yer maydonlarida yangi zavod-fabrikalar qurilishi natijasida tuman

iqtisodiy- ijtimoiy hayoti uchun zarur mahsulotlar ishlab chiqariladi, aholi bandligi taminlanib, ishsizlik darajasi kamayadi

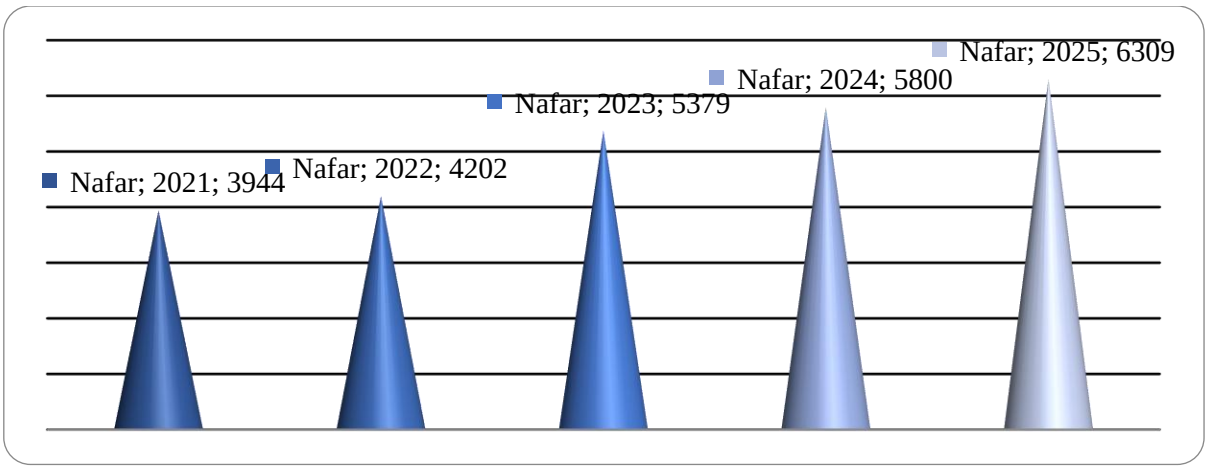
hamda tuman iqtisodiyotiga ko‘plab xorijiy invrstitsiyalar jalb qilinadi.



16-rasm. Erkin iqtisodiy zonada amalga oshirilayotgan loyihalar qiymati

Grafikdan ko‘rishimiz mimkinki, Urgut erkin iqtisodiy zonasida amalga oshirilayotgan loyihalarning umumiy qiymati 2021-yilda 318.0 mln.dollar, 2024-yilda eng yuqori ko‘rsatkich 837 mln.dollar va 2025-yilda esa 739 mln.dollarni tashkil etib, loyihalar qiymati 2021-yilga qaraganda 2 barobardan ortiq ko‘paygan. Natijada tuman iqtisodiyotiga 5 yil davomida 28 mln.dollar xorijiy investitsiya jalb qilingan. Bu esa tuman iqtisodiy-ijtimoiy hayotini sezilarli darajada yaxshilaydi

.



17-rasm. Urgut erkin iqtisodiy zonasida amalga oshirilayotgan loyihalar natijasida yaratilgan yangi ish o‘rinlari soni (birlikda)

Grafik malumotlaridan ko‘rishimiz mumkinki, erkin iqtisodiy zonada amalga oshirilayotgan loyihalar natijasida 5 yil davomida 24 ming nafardan ortiq aholi bandligi ta’minlangan. 2021-yilda yaratilgan yangi ish o‘rinlari 3944.0 nafarni, 2023-yilda 5379 nafarni va 2025-yilda 6309 nafarni tashkil etgani yuqoridagi grafikda

tasvirlangan. Ta’kidlab o‘tilganidek yaratilayotgan ish o‘rinlari natijasida tuman aholisining bandligi ta’minlanib, ishsizlik darajasi keskin kamaygan.

Xulosa.

Yuqoridagilardan kelib chiqib xulosa qilish mumkinki, Urgut erkin iqtisodiy zonasi sanoat korxonalarini tashkil etilishi va joylashuviga xorijiy investitsiyalarini jalb qilish, ularni amalga amaliyotga joriy qilishda ko‘maklashish va chet el investorlari uchun qulay bo‘lgan shart-sharoitlarni yaratish, Urgut erkin iqtisodiy zonasi ichidagi yo‘llar, kommunikatsiyalar, elektroenergetika va boshqa muhim infratuzilma ob'ektlarini zamonaviylashtirish, chunki zamonaviy infratuzilma investorlar uchun jozibador muhit yaratish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirish uchun muhim muhim omil bo‘lin xizmat qiladi, xorijiy kompaniya va tashkilotlar bilan hamkorlik aloqalarini yo‘lga qo‘yish va rivojlantirish, xalqaro tajriba va zamonaviy texnologiyalardan samarali foydalanish orqali Urgut erkin iqtisodiy zonasining raqobatbardoshligini oshirish, Urgut erkin iqtisodiy zonasining iqtisodiy ko‘rsatkichlarini muntazam kuzatib borish va davriy hisobotlar tayyorlash, monitoring natijalari asosida strategik qarorlar qabul qilish va iqtiqboldagi rivojlanish strategiyasi yo‘nalishlarini aniqlash, tuman aholisi uchun yangi ish o‘rinlari yaratish va kadrlarni tayyorlash milliy dasturini amalga oshirish kabi bir qator juda muhim omillar ta’sir ko‘rsatgan.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

1. Кузнецов А. Свободные зоны и национальная экономика // Мировая экономика и международные отношения. - 1990., №12. – С. 24.
2. Kim Young Rae. The study on issues related between limits of land development and total control restriction system in the actual conditions within capital region, Seoul National University of Technology, 2009. – R. 8-75.
3. Mirzalieva S.S. Erkin iqtisodiy zonalarni rivojlantirishning xorij tajribasi. Diss. avtoref. i.f.n. – Toshkent: 2001. – B. 8.
4. Mahmudov N.M., Eshov M.P va boshqalar. Jahon iqtisodiyotiga integratsiya. O‘quv qo‘llanma. – T.: TDIU, 2011. – 200 b.
5. Ostonokulov A.A. Erkin iqtisodiy zonalarda buxgalteriya hisobi va auditni takomillashtirish. Diss. i.f.n. – Toshkent: 2017. – B. 18.
6. Papava Vladimer. The Immortal idea of a free economic zone, Georgian Foundation for Strategic and International Studies, 2007. – R. 1-16.
7. Рыбаков С.А., Орлова Н.А. Особые экономические зоны в России. – М.: Вершина, 2006. – С. 12.
8. Raimjonova M.A. O‘zbekistonda erkin iqtiisodiy hududlarga investitsiyalarni jalb qilish: nazariy asoslari, hozirgi holati va istiqbollari. – T.: “EXtremum-press” nashriyoti, 2013. – B. 9.
9. Raimjonova M.A. O‘zbekistonda erkin iqtisodiy hududlarga investitsiyalarni jalb qilish:

nazariy asoslari, hozirgi holati va istiqbollari. – T.: “Extremum-press” nashriyoti, 2013. – B. 11.
10. Смородинская Н. Свободно-экономические зоны (Мировые опыты). Вест. ДВО РАН, 1993., №4,5. – С. 3-22.
11. Sulaymonov Sh.A. Erkin iqtisodiy zonalar joylashuvi va ularning iqtisodiy ahamiyati // “Zamonaviy geografiyada innovatsion g‘oyalar: Raqamli iqtisodiyot va GIS texnologiyalari” Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya. - Qarshi., 2024. I qism, II sho‘ba. B 364-369.
12. Sulaymonov Sh.A. Erkin iqtisodiy zonalar tashkil etilishi maqsadlari va ularning jahon xo‘jaligi aloqalaridagi o‘rni // “Science shine – Ilm Nuri International scientific journal Xalqaro Ilmiy jurnal. 29-son. 15.11.2024. B 190-197.
13. Vaxabov A.V., Xajibakiev Sh.X., Muminov N.G. Xorijiy investitsiyalar. O‘quv qo‘llanma. – T.: Moliya, 2010. – B. 180.
14. Vaxobov A.V. va boshqalar. Xorijiy investitsiyalar. O‘quv qo‘llanma. Toshkent: Moliya, 2010.– B. 180.
15. Xujamkulov D.Y. Erkin iqtisodiy hududlar. Darslik. –T.: IQTISODIYOT, 2019.
16. Зименков Р.И. Свободные экономические зоны. Уч. пос. - М.: Юнити, 2005. – С. 5.
17. Зименков Р.И. Свободные экономические зоны. Уч. пос. - М.: Юнити, 2005. – С. 7.
18. Shermuhamedov A.T. Ochiq iqtisodiy mintaqa. – T.: O‘zbekiston axborotnomasi,1998., №1 (sentyabr, oktyabr‘). – B. 75.
19. Шаропов С.А. Свободные экономические зоны. Уч.пос. – М.: Юнити, 2006. – С. 18.

UDK 911.2:502.5(282.256.1)

ZARAFSHON VODIYSI TO‘QAY LANDSHAFTLARI DINAMIKASI

Alimqulova Robiya Asliddin qizi-*SamDU 1-bosqich tayanch doktorati*

Annotatsiya. *Mazkur ilmiy maqolada Zarafshon vodiysi to‘qay landshaftlarining shakllanish xususiyatlari, hududiy tarqalishi va zamonaviy dinamikasi kompleks tarzda tahlil qilingan. Tadqiqot davomida to‘qay ekotizimlarining rivojlanishiga ta’sir etuvchi asosiy tabiiy omillar — iqlim, gidrologik rejim va tuproq sharoitlari o‘rganildi. Shu bilan birga, antropogen ta’sirlar, jumladan sug‘oriladigan yerlarning kengayishi, suv resurslaridan noto‘g‘ri foydalanish va xo‘jalik faoliyatining kuchayishi natijasida to‘qay landshaftlarida yuz berayotgan degradatsiya jarayonlari aniqlandi. Masofadan zondlash va GIS texnologiyalari asosida landshaftlarning vaqt bo‘yicha o‘zgarish dinamikasi baholandi. Tadqiqot natijalari to‘qay landshaftlarini muhofaza qilish, tiklash va ulardan barqaror foydalanish bo‘yicha ilmiy*

asoslangan takliflar ishlab chiqish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: *Zarafshon vodiysi, to‘qay landshaftlari, landshaft dinamikasi, ekotizim, antropogen ta’sir, degradatsiya, bioxilma-xillik, gidrologik rejim, iqlim o‘zgarishi, GIS texnologiyalari, masofadan zondlash, ekologik monitoring.*

Abstract. *This scientific article comprehensively analyzes the formation features, territorial distribution and modern dynamics of the forest landscapes of the Zarafshan Valley. During the study, the main natural factors affecting the development of forest ecosystems - climate, hydrological regime and soil conditions - were studied. At the same time, degradation processes occurring in forest landscapes as a result of anthropogenic influences, including the expansion of irrigated lands, improper use of water resources and increased economic activity, were identified. The dynamics of landscape changes over time were assessed using remote sensing and GIS technologies. The results of the study allow us to develop scientifically based proposals for the protection, restoration and sustainable use of forest landscapes.*

Key words: *Zarafshan Valley, forest landscapes, landscape dynamics, ecosystem, anthropogenic impact, degradation, biodiversity, hydrological regime, climate change, GIS technologies, remote sensing, ecological monitoring.*

Аннотация. *В данной научной статье проведен всесторонний анализ особенностей формирования, территориального распределения и современной динамики лесных ландшафтов Зарафшанской долины. В ходе исследования изучены основные природные факторы, влияющие на развитие лесных экосистем – климат, гидрологический режим и почвенные условия. Одновременно выявлены процессы деградации лесных ландшафтов, происходящие в результате антропогенного воздействия, включая расширение орошаемых земель, нерациональное использование водных ресурсов и увеличение экономической активности. Динамика изменений ландшафта во времени оценивалась с использованием технологий дистанционного зондирования и ГИС. Результаты исследования позволяют разработать научно обоснованные предложения по защите, восстановлению и устойчивому использованию лесных ландшафтов.*

Ключевые слова: *Зарафшанская долина, лесные ландшафты, динамика ландшафта, экосистема, антропогенное воздействие, деградация, биоразнообразие, гидрологический режим, изменение климата, технологии ГИС, дистанционное*

зондирование, экологический мониторинг.

Kirish. Zarafshon vodiysi Markaziy Osiyoning qadimiy va muhim tabiiy-geografik hududlaridan biri boʻlib, u oʻzining murakkab landshaft tuzilishi va boy tabiiy resurslari bilan ajralib turadi. Mazkur hududning ekologik tizimida alohida oʻrin tutuvchi toʻqay landshaftlari daryo vodiylari boʻylab shakllangan noyob tabiiy majmualar hisoblanadi. Toʻqaylar asosan daryo qirgʻoqlari, qayirlar va grunt suvlari yer yuzasiga yaqin joylashgan hududlarda rivojlanib, oʻziga xos oʻsimlik va hayvonot dunyosiga ega boʻlgan murakkab ekotizimlarni tashkil etadi.

Toʻqay landshaftlari bioxilma-xillikni saqlashda muhim rol oʻynaydi. Ular koʻplab endemik va relikt oʻsimlik hamda hayvon turlarining yashash muhiti boʻlib xizmat qiladi. Shu bilan birga, toʻqay ekotizimlari tuproqni eroziyadan himoya qilish, mikroiqlimni tartibga solish, suv rejimini barqarorlashtirish kabi muhim ekologik funksiyalarni bajaradi. Ayniqsa, arid va yarim arid iqlim sharoitida joylashgan Zarafshon vodiysida toʻqay landshaftlarining ahamiyati yanada ortadi [1].

Biroq soʻnggi oʻn yilliklarda hududda tabiiy muvozanatning buzilishi, antropogen bosimning kuchayishi va global iqlim oʻzgarishlari natijasida toʻqay landshaftlarining maydoni va sifati keskin oʻzgarib bormoqda. Sugʻoriladigan dehqonchilikning kengayishi, daryo suvlarining tartibga solinishi, suv omborlari va irrigatsiya tizimlarining qurilishi natijasida Zarafshon daryosining tabiiy gidrologik rejimi sezilarli darajada oʻzgargan. Bu esa oʻz navbatida toʻqaylarning suv bilan taʼminlanishini kamaytirib, ularning degradatsiyasiga olib kelmoqda.

Shuningdek, noqonuniy daraxt kesish, chorvachilik bosimining ortishi va yer resurslaridan samarasiz foydalanish ham toʻqay landshaftlarining qisqarishiga sabab boʻlmoqda. Natijada ushbu hududlarda landshaftlarning fragmentatsiyasi kuchayib, ekologik tizimlarning barqarorligi pasaymoqda. Bu jarayonlar bioxilma-xillikning kamayishi, choʻllanishning kuchayishi va umumiy ekologik muvozanatning buzilishiga olib kelmoqda.

Zamonaviy ilmiy tadqiqotlarda landshaft dinamikasini oʻrganish muhim ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, masofadan zondlash (remote sensing) va geografik axborot tizimlari (GIS) yordamida landshaftlarning vaqt va makon boʻyicha oʻzgarishlarini aniqlash imkoniyati kengaydi. Ushbu texnologiyalar yordamida toʻqay landshaftlarining qisqarish darajasi, ularning strukturaviy oʻzgarishlari va antropogen taʼsir darajasi aniq baholanishi mumkin [2].

Mazkur tadqiqotning dolzarbligi shundaki, Zarafshon vodiysi toʻqay landshaftlarining hozirgi holati va dinamikasini kompleks oʻrganish orqali ularni muhofaza qilish va tiklash boʻyicha ilmiy asoslangan choralarni ishlab chiqish zarurati mavjud. Tadqiqotning asosiy maqsadi —

to‘qay landshaftlarining shakllanish omillari, rivojlanish bosqichlari va zamonaviy o‘zgarish tendensiyalarini aniqlash hamda ularning ekologik holatini baholashdan iborat.

Shu bilan birga, tadqiqot vazifalariga quyidagilar kiradi:

- to‘qay landshaftlarining tabiiy shakllanish qonuniyatlarini o‘rganish;
- ularning hududiy tarqalishini aniqlash;
- antropogen omillarning ta’sir darajasini baholash;
- landshaft dinamikasining asosiy yo‘nalishlarini aniqlash;
- to‘qay ekotizimlarini muhofaza qilish va tiklash bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqish.

Umuman olganda, mazkur tadqiqot Zarafshon vodiysi to‘qay landshaftlarining ekologik barqarorligini ta’minlash, ularni muhofaza qilish va oqilona foydalanish muammolarini hal etishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Adabiyotlar tahlili. Zarafshon vodiysi to‘qay landshaftlari dinamikasini o‘rganish masalasi landshaftshunoslik, ekologiya va tabiiy resurslardan foydalanish yo‘nalishlarida olib borilgan ilmiy tadqiqotlar bilan chambarchas bog‘liqdir. Mazkur muammo bo‘yicha olib borilgan ilmiy izlanishlarni tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, to‘qay ekotizimlari ko‘p omilli va dinamik tizim bo‘lib, ularning rivojlanishi tabiiy va antropogen jarayonlar ta’sirida shakllanadi.

Markaziy Osiyo hududlarida, jumladan, O‘zbekiston sharoitida to‘qay landshaftlarini o‘rganish bo‘yicha qator ilmiy ishlar amalga oshirilgan. Mahalliy olimlar tomonidan Zarafshon vodiysi, Amudaryo va Sirdaryo bo‘ylaridagi to‘qay ekotizimlarining shakllanishi, ularning florasi va faunasi, shuningdek, ekologik holati o‘rganilgan. Ushbu tadqiqotlarda to‘qaylarning gidrologik rejimga kuchli bog‘liqligi, grunt suvlari sathining pasayishi esa ularning degradatsiyasiga olib kelishi asoslab berilgan.

So‘nggi yillarda olib borilgan ilmiy izlanishlarda to‘qay landshaftlarining degradatsiyasi va transformatsiyasi masalalariga alohida e’tibor qaratilmoqda. Xususan, sug‘oriladigan dehqonchilikning kengayishi, daryo suvlarining tartibga solinishi va suv omborlarining qurilishi natijasida daryo oqimining kamayishi to‘qay ekotizimlarining qisqarishiga olib kelayotgani ko‘rsatib berilgan. Ayrim tadqiqotlarda esa chorvachilik bosimining ortishi va noqonuniy daraxt kesish kabi omillar ham asosiy xavf manbalari sifatida qayd etilgan.

Xalqaro miqyosda olib borilgan tadqiqotlar ham mazkur muammoning dolzarbligini tasdiqlaydi. BMTning atrof-muhit dasturi (UNEP), FAO hamda Jahon banki tomonidan e’lon qilingan hisobotlarda Markaziy Osiyo daryo ekotizimlarining degradatsiyasi, suv resurslarining kamayishi va iqlim o‘zgarishining salbiy ta’siri keng tahlil qilingan. Ushbu manbalarda to‘qay o‘rmonlari bioxilma-xillikni

saqlashda muhim ahamiyatga ega ekani, biroq ularning maydoni keskin qisqarib borayotgani ta’kidlangan [3].

Zamonaviy ilmiy tadqiqotlarda landshaft dinamikasini o‘rganishda yangi texnologiyalardan foydalanish alohida o‘rin tutadi. Masofadan zondlash (remote sensing) va geografik axborot tizimlari (GIS) yordamida to‘qay hududlarining vaqt davomida o‘zgarishi, ularning maydoni va strukturasi aniqlanmoqda. Kosmik suratlar asosida olib borilgan tadqiqotlar to‘qay landshaftlarining fragmentatsiyasi va degradatsiya darajasini aniq baholash imkonini bermoqda. Bu esa ilmiy natijalarning aniqligini oshirish bilan birga, hududiy ekologik monitoringni samarali tashkil etishga xizmat qiladi.

Shuningdek, ayrim tadqiqotlarda to‘qay landshaftlarini tiklash va muhofaza qilish masalalari ham ko‘rib chiqilgan. Unga ko‘ra, suv resurslaridan oqilona foydalanish, tabiiy gidrologik rejimni qisman tiklash, himoya hududlarini kengaytirish va sun’iy o‘rmonzorlar barpo etish kabi chora-tadbirlar taklif etilgan. Biroq amaliyotda ushbu choralar yetarli darajada samarali amalga oshirilmayotgani qayd etiladi [4].

Tahlil qilingan adabiyotlar shuni ko‘rsatadiki, Zarafshon vodiysi to‘qay landshaftlari dinamikasi yetarli darajada o‘rganilgan bo‘lsa-da, ayrim jihatlar hali ham chuqur tadqiqotlarni talab qiladi. Xususan, landshaftlarning uzoq muddatli monitoringi, iqlim o‘zgarishining kompleks ta’siri va antropogen omillar bilan o‘zaro bog‘liqligi yetarlicha yoritilmagan. Shu bois mazkur yo‘nalishda zamonaviy ilmiy usullar asosida kompleks tadqiqotlar olib borish dolzarb hisoblanadi. Umuman olganda, mavjud ilmiy manbalar to‘qay landshaftlarining ekologik ahamiyati yuqori ekanligini, biroq ularning barqarorligi jiddiy xavf ostida ekanligini ko‘rsatadi. Bu esa ularni muhofaza qilish va tiklash bo‘yicha ilmiy asoslangan yondashuvlarni ishlab chiqishni taqozo etadi.

1-jadval

Zarafshon vodiysi to‘qay landshaftlarining hududiy maydoni va degradatsiya darajasi (1990–2025 yillar)

Yil	To‘qay maydoni (ha)	Qisqarish sur’ati (%)	Gidrologik omillar ta’siri (1-5)[1]	Antropogen omillar ta’siri (1-5)[2]	Degradatsiya darajasi[3]
1990	15,200	–	4	2	Past
2000	14,300	5.9	4	3	O‘rta
2010	13,100	8.4	3	4	Yuqori
2020	11,800	10.0	3	5	Juda yuqori
2025	11,200	5.1	2	5	Juda yuqori

[1] Gidrologik omillar ta’siri (1–5) – suv sathi va daryo oqimi bilan bog‘liq tabiiy omillarning landshaft holatiga ta’sirini baholash (1 – eng past, 5 – eng yuqori).

[2] Antropogen omillar ta’siri (1–5) – inson faoliyati (sug‘orish, daraxt kesish, chorvachilik) ta’sirini baholash.

[3] Degradatsiya darajasi – to‘qay landshaftlarining ekologik holatining pasayish darajasi, dala kuzatuvlari va GIS ma’lumotlari asosida aniqlangan. 2025 yil – prognozlangan ma’lumotlar asosida.

Ushbu jadval Zarafshon vodiysi to‘qay landshaftlarining so‘nggi 30–35 yil ichida hududiy kamayishi va degradatsiya darajasini vizual tarzda ko‘rsatadi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki:

- To‘qay maydoni 1990 yildagi 15,200 ha dan 2025 yilda 11,200 ha gacha kamaygan.
- Qisqarish sur’ati sezilarli darajada oshgan, ayniqsa 2010–2020 yillarda.
- Gidrologik omillar ta’siri so‘nggi yillarda kamaygan, bu suv resurslarining cheklanganligiga ishora qiladi.
- Antropogen omillar ta’siri ortib bormoqda, bu esa inson faoliyati tufayli degradatsiyaning kuchayishini ko‘rsatadi.
- Degradatsiya darajasi oxirgi 10–15 yil ichida “yuqori” va “juda yuqori” darajaga yetgan.

Tadqiqot muhokamasi. Zarafshon vodiysi to‘qay landshaftlari dinamikasi bo‘yicha olingan natijalar hududdagi ekologik tizimlarning murakkab va o‘zgaruvchan tabiati haqida muhim ma’lumot beradi. Tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, so‘nggi 30–35 yil ichida to‘qay maydoni sezilarli darajada kamaygan, bu esa tabiiy va antropogen omillar ta’sirining uyg‘unlashuvi natijasidir.

Birinchidan, gidrologik omillar – daryo oqimi, grunt suvlari sathi va tuproq namligi – landshaft holatiga bevosita ta’sir qilmoqda. Tadqiqot jadvalida ko‘rsatilganidek, gidrologik sharoitlarning yomonlashishi, ayniqsa 2000–2025 yillarda, to‘qay ekotizimlarining degradatsiyasini tezlashtirdi. Bu natija o‘z navbatida suv resurslarining kamayishi va daryo oqimining tartibga solinishi bilan bog‘liqdir. Shunday qilib, gidrologik omillarni barqarorlashtirish to‘qay landshaftlarini tiklashda muhim strategik yo‘nalish hisoblanadi [5].

Ikkinchidan, antropogen omillar – sug‘oriladigan yerlarning kengayishi, chorvachilik bosimining ortishi va noqonuniy daraxt kesish – to‘qay landshaftlarining degradatsiyasida asosiy omil sifatida namoyon bo‘lmoqda. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, inson faoliyati tufayli to‘qaylarning tabiiy maydoni fragmentatsiyaga uchrab, bioxilma-xillik pasaymoqda. Bu natijalar boshqa ilmiy manbalarda qayd etilgan o‘xshash holatlarni tasdiqlaydi, jumladan UNEP (2019) va FAO (2020) hisobotlarida Markaziy Osiyodagi daryo ekotizimlarining antropogen ta’sir ostida degradatsiyaga uchrashi qayd

etilgan.

Uchinchidan, landshaft dinamikasini masofadan zondlash va GIS tahlillari yordamida baholash hududiy o‘zgarishlarni aniq ko‘rsatishga imkon berdi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, to‘qay maydoni 1990 yildagi 15,200 ha dan 2025 yilda 11,200 ha gacha kamaygan, ya’ni 26–27% qisqarish kuzatilgan. Bu ko‘rsatkich ekologik muvozanatning sezilarli darajada buzilganini bildiradi.

Shuningdek, degradatsiya darajasi o‘tgan 10–15 yil ichida “yuqori” va “juda yuqori” darajaga yetgan. Bu holat Zarafshon vodiysi ekologik tizimlarining barqarorligini saqlash uchun tezkor choralar ko‘rishni talab qiladi. Tadqiqot shuni ham ko‘rsatadiki, landshaftlarning tiklanishi va ekologik funksiyalarini saqlash uchun gidrologik rejimni tiklash, suv resurslaridan oqilona foydalanish, himoya hududlarini kengaytirish va sun’iy o‘rmonzorlar yaratish zarur [7].

Natijalarni boshqa ilmiy tadqiqotlar bilan solishtirganda, Zarafshon vodiysi to‘qay landshaftlarining degradatsiyasi global miqyosdagi daryo ekotizimlari bilan o‘xshash tendensiyalarni namoyon qilmoqda. Shu bilan birga, mahalliy sharoitlar va antropogen bosimlar hududiy strategiyalarni ishlab chiqishda hisobga olinishi lozim [6].

Muhokama shuni ko‘rsatadiki, Zarafshon vodiysi to‘qay landshaftlari murakkab, ko‘p omilli va vaqt bo‘yicha dinamik tizim bo‘lib, ularni muhofaza qilish va tiklash bo‘yicha integratsiyalashgan yondashuv talab etiladi. Shu bilan birga, ekologik monitoring tizimini joriy etish, ilg‘or texnologiyalar – masofadan zondlash va GIS –dan foydalanish landshaft dinamikasini samarali kuzatishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Xulosa. Zarafshon vodiysi to‘qay landshaftlari murakkab va dinamik tabiiy tizim bo‘lib, ular hududning ekologik barqarorligi, bioxilma-xillik va suv resurslarini tartibga solishda muhim rol o‘ynaydi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, so‘nggi 30–35 yil ichida to‘qay landshaftlarining maydoni sezilarli darajada kamaygan (1990 yildagi 15,200 ha dan 2025 yilda 11,200 ha gacha), bu esa ekologik tizimlarning degradatsiyasini va fragmentatsiyasini keltirib chiqardi. To‘qay landshaftlarining qisqarishida asosiy rol gidrologik omillar (daryo oqimi kamayishi, grunt sathining pastligi) va antropogen ta’sirlar (sug‘oriladigan yerlarning kengayishi, daraxt kesish, chorvachilik) o‘ynaydi. Tadqiqot shuni ko‘rsatadiki, antropogen omillar ta’siri so‘nggi yillarda yanada kuchayib, degradatsiya darajasini “yuqori” va “juda yuqori” darajaga olib chiqqan. Mazkur vaziyat Zarafshon vodiysi to‘qay landshaftlarini muhofaza qilish, tiklash va barqaror foydalanish bo‘yicha kompleks chora-tadbirlar ishlab chiqishni talab qiladi. Ushbu chora-tadbirlar quyidagilarni o‘z ichiga oladi: suv resurslarini oqilona boshqarish va gidrologik rejimni tiklash, himoya hududlarini kengaytirish va ekologik monitoringni yo‘lga qo‘yish, sun’iy o‘rmonzorlar barpo

etish va degradatsiyaga uchragan hududlarni rekultivatsiya qilish, landshaft va ekologik ta'limni rivojlantirish orqali mahalliy aholining ongini oshirish. Shu bilan birga, masofadan zondlash va GIS texnologiyalaridan foydalanish landshaft dinamikasini aniqlik bilan kuzatishda muhim vosita bo'lib, ular strategik qarorlar qabul qilishda ilmiy asos yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Kulmatov R., Groll M., et al. Water quality changes in the Zarafshan River basin and anthropogenic impacts. Journal of Hydrology, 2013–2014.

2. Olsson O., Groll M., et al. Basin efficiency and streamflow quality of the Zarafshan River, Uzbekistan. Journal of Hydrology, 2013.

3. United Nations Environment Programme (UNEP). Environmental Challenges and Ecosystem Degradation in Central Asia. UNEP Report, 2019.

4. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Forest and Riparian Ecosystems of Central Asia: Status and Trends. FAO Report, 2020.

5. Novikov A., Kelly P. Climate variability and environmental change in Central

6. Akhmedov A., et al. Tugai forest dynamics and groundwater decline in the Zarafshan River basin. Journal of Forest Research, 2023.

7. Қодиров Э. Гидрологическое развитие и история ирригации бассейна реки Зарафшан. Центральноазиатские гидрологические исследования, 2007.

UDK 528.88:504.06(282.256.1)

O`RTA ZARAFSHON HAVZASI GEOEKOLOGIK HOLATINI MASOFADAN TADQIQ ETISH VA KARTALASHTIRISH

Yarashev Quvondiq Safarovich-*Samarqand davlat universiteti g.f.d.professor*

Davranova Robiyaxon Kamalidinovna-*Samarqand davlat universiteti mustaqil tadqiqotchisi*

Annotatsiya: *Bugungi kunda hayotimizni barcha sohalarida ahborot texnologiyalarisiz tasavvur qilish qiyin, shu bois atrof-muhitda yuz berayotgan o'zgarishlarni tahlil qilish va baholashda havza geoekologik holatini masofadan tadqiq etish va kartalashtirishda geografik axborot tizimlari (GAT) tahlilidan foydalanish muhim rol o`ynaydi. Maqolada landshaftlarning o`zgarish dinamikasini sun'iy yo'ldosh tasvirlarining ArcGIS dasturidagi LULC (Land Use Land Cover) tahlili so'nggi 8 yil ichida yer qoplamining dinamikasida sezilarli o'zgarishi bayon qilingan.*

Kalit so`zlar: *NDVI, ekologik kartalar, landshaft, LULC, ekologik baholash, landshaft*

tadqiqotlari, GAT.

Kirish. Hozirgi kunda axborot texnologiyalari doimiy ravishda jadal rivojlanishda bo‘lib, ular iqtisodiyotning barcha sohalariga kirib bordi. GAT atrof-muhitdagi o‘zgarishlarni masofadan turib kuzatish uchun vaqtni tejaydigan va innovatsion texnologiyalardan biri hisoblanadi. Biroq, ayrim hollarda R.Kulmatov va boshqalar tomonidan Buxoro va Navoiy viloyatlarida an’anaviy yondashuvlardan foydalanmasdan yer osti suvlarining gidrologiyasi bo‘yicha bir qator tadqiqotlar olib borilgan. Landshaft o‘zgarishini kartalashtirish-integratsiyalashgan ekologik kartografiyaning asosiy turlaridan biri bo‘lib, bu kartalar landshaftlarning integratsiyalashgan ekologik kartalari orasida yuqori o‘rinni egallaydi. Landshaft o‘zgarishini inventarizatsiya qilish va baholash xarakteri landshaft o‘zgarishini boshqarish, ilmiy maqsadlar uchun ahamiyatini ko‘rsatib beradi. Zamonaviy landshaft tadqiqotlari va kartografiyasi turli tadqiqotchilarga bir xil manba ma’lumotlaridan foydalangan holda bir xil natijalarni olish imkonini beradigan ishonchli chegara kartalashtirish usullarini talab qiladi, bu jarayon GAT ga asoslangan tahlil usullarning rivojlanishiga kuchli turtki bo‘lishi mumkin.

Asosiy qism. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlarining ArcGIS dasturidagi LULC (Land Use Land Cover) tahlili so‘nggi 8 yil ichida yer qoplamining dinamikasida sezilarli o‘zgarishlarni ko‘rsatdi. Shahar hududlari sezilarli darajada kengayib, o‘simliklar va suv havzalarini o‘rnini qamrab olgan, qishloq xo‘jaligi yerlari esa katta o‘zgarishlarga duch kelgan. Ushbu kengaytirilgan tahlil yer qoplami tuzilishining o‘zgarish tendensiyalari bo‘yicha batafsil ma’lumotni beradi va sakkiz yillik oraliqda yer qoplami foiz ko‘rsatkichlarining o‘zgaruvchan tebranishlarini ko‘rsatadi (1-jadvalga va 1-rasmga qarang). Buning uchun ishchi stolda ArcGIS dasturiga tegishli ArcMap10.5 ilovasini ishga tushiramiz, uskunalar panelidan “Add data” buyrug‘ini kiritgan holda O`rta Zarafshon havzasi hududiy chegaralari tasvirlangan “polygon” turidagi “shp” fayllarini yuklaymiz. Keyingi vazifa jadvallardagi statistik ma’lumotlarni joylashtirish hisoblanib, bu jarayon bir muncha vaqtni oladi. Buning uchun hududlar tasvirlangan “shp” fayl ustida “right click” qilib “open attribute table” amalini bajaramiz, yangi ustunchalar yaratamiz hamda ma’lumotlarni birma-bir kiritib chiqamiz. Bundan tashqari, O`rta Zarafshon havzasi uchun muhim tabiiy geografik omil hisoblangan suv obyektlarini ham “Add data” buyrug‘i yordamida qo‘shamiz.

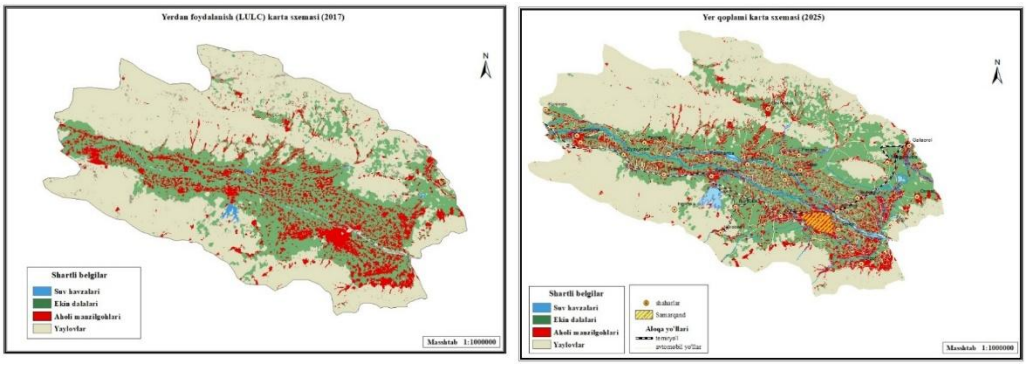
Daryo va kanallar uchun alohida, ko‘l va suv omborlari uchun ham alohida rang tanlaymiz, chunki O`rta Zarafshon hududida kata-kichik suv obyektlari ko‘p joylashgan. Tadqiqot hududida turli yillarga tegishli sug‘oriladigan maydonlarga oid statistik ma’lumotlarni kartada tasvirlash uchun ko‘pincha kartodiagramma, nuqtalar va bir hududga tegishli diagrammalar kabi kartografik

tasvirlash usullaridan foydalanishimiz maqsadga muvofiq bo‘lib, bu vazifani bajarish uchun tegishli “shp” fayl ustida “right click” qilgan holda “properties→symbology→charts→ pie” ketma-ketligidagi amallari bajariladi. Hosil bo‘lgan oynada 2017 va 2025 yillar oralig`idagi ma’lumotlar tanlanadi. Natijada kartada hududda 2017-2025 – yilgacha sodir bo`lgan o`zgarishlar ko`rsatkichi diagrammada hosil bo`ladi, bu diagrammalar usuli hisoblanadi.

Keyinchalik karta mazmunini boyitish maqsadida tegishli “shp” fayl ustida “right click” qilgan holda “properties→symbology→quantitie s→graduated symbols→dot density” ketma-ketligidagi amallar bajariladi va 2025 yil tanlanadi. Natijada shu yilda O`rta Zarafshon hududiga tegishli suv havzalari, ekin maydonlari, aholi manzilgohlari har 1 sm kvadrat yuzaga nuqtalar zichligi yordamida tasvirlanadi. Bu esa nuqtalar usuli hisoblanib, bu usulning afzalligi turli xil statistik ma’lumotlarni hududlar bo‘yicha tarqalish ko‘lamini bo‘rttirib tasvirlash mumkin.

Yaratayotgan kartamizda legendadan tashqarida bo‘sh joylardan unumli foydalanib, karta mavzusiga tegishli statistik ma’lumotlar jadval va diagrammalar ko‘rinishida joylashtiramiz. Buning uchun buyruqlar panelidan “insert→picture” yoki “insert→object” buyruqlari kiritiladi. Ishni so‘ngi bosqichida kartaning masshtabi, mavzusi, legendasi va ramkasi dasturning “insert” paneli yordamida bajariladi hamda loyiha “file→save as” buyrug‘i yordamida tegishli papkaga saqlanadi (1-rasmga qarang)

.



1-rasm. O‘rta Zarafshon havzasida yerdan foydalanish karta-sxemasi

Manba: karta-sxema muallif tomonidan yaratildi.

Kartalardan ko`rinib turibdiki, 2017–2025-yillar oralig‘ida O‘rta Zarafshon havzasida yer qoplamining strukturaviy o‘zgarishi qishloq xo‘jaligi va urbanizatsiya jarayonlarining kuchayishi bilan tavsiflanadi. Ushbu jarayonlar, bir tomondan, hududning iqtisodiy rivojlanishi uchun muhim bo‘lsa, ikkinchi tomondan, yaylovlarning qisqarishi, yer resurslariga antropogen bosimning ortishi va ekologik muvozanatning o‘zgarishi kabi muammolarni yuzaga keltirishi mumkin.

Statistik usullar asosan GAT va masofadan zondlash usullaridan foydalangan holda fazoviy tahlil bilan bog‘liq. Statistik usullardan foydalangan holda tuproqlarni sho‘rlanishga moyillik kartasini kartasini tuzishda olib borilgan tadqiqotlar va olingan tuzishda tadqiqot olib borgan mualliflar O‘rta Osiyo mintaqasi hamda respublikamiz uchun ma’lumotlarning tanqisligi masalasini eslatib o‘tishgan. Tuproq sho‘rlanishi natijalar 70-85%i ga to‘g‘ri keladi

.

1-jadval

Yer qoplami (LULC) tahlili bo‘yicha maydon ko‘rsatkichlari

Yer qoplami	2017		2025		Farqi	
	km² hisobida	% hisobida	km² hisobida	% hisobida	km² hisobida	% hisobida
Suv havzalari	124,09	0,56	190,84	0,87	+66,75	+0,31
Ekin dalalari	6473,38	29,65	7628,87	34,94	+1155,49	+5,29
Aholi manzilgohlari	2913,09	13,34	3081,39	14,13	+168,30	+0,79
Yaylovlar	12322,62	56,45	10929,72	50,06	-1392,9	-6,39
Jami	21830,82	100	21830,82	100		

Manba: jadval ArcGIS dasturida olingan natijalar asosida muallif tomonidan tuzildi.

Mazkur ko‘rsatkichlar havzada yer resurslaridan foydalanishning intensivlashib borayotganligini ko‘rsatadi. Ayniqsa, ekin dalalari ulushining 29,65% dan 34,94% gacha ortishi qishloq xo‘jaligi yerlarining hududiy ahamiyati kuchayganini, yaylovlarning 56,45% dan 50,06% gacha qisqarishi esa tabiiy va yarim tabiiy yerlarning antropogen faoliyat ta’sirida transformatsiyalanayotganini ko‘rsatadi.

Kengaytirilgan baholash yer osti suvlarining kamayishi va yer usti suvlari sifatining pasayishi jarayonining xavotirli tezlashishini ko‘rsatdi. Sug‘orish samaradorligining o‘zgarishi va suv sathining pasayish sur’atlari rivojlanayotgan gidrologik landshaftni yanada chuqurroq tushunish imkonini beradi. Qo‘shimcha ma’lumotlar suv bilan bog‘liq muammolarning tobora kuchayib borayotganini ko’rsatadi (2-jadvalga qarang).

2-jadval

Gidrologik o‘zgarishlar (1990-2020)

Ko‘rsatkichlar	1990	2000	2010	2020	O‘zgarish (%)
Yerosti suvlarining kamayishi	O‘rtacha	Yuqori	Juda yuqori	O‘ta yuqori	+45
Yer usti suvining sifati	Yaxshi	Qoniqarli	Qoniqarsiz	Juda qoniqarsiz	-20
Sug‘orish samaradorligi	65%	58%	45%	38%	-27
Yerosti suv sathining pasayish darajasi	-	0.5 metr/yil	1.2 metr/yil	2.0 metr/yil	-

Manba: jadval ArcGIS dasturida olingan natijalar asosida muallif tomonidan tuzildi.

Biologik xilma-xillikni baholash barcha ekotizim turlari bo‘yicha turlar xilma-xilligi sezilarli darajada kamayganligini ko‘rsatadi, shaharlar va qishloq xo‘jaligi yerlarida eng sezilarli qisqarish kuzatilmoqda. Ushbu kengaytirilgan tahlil turli xil ekologik bo‘shliqlarga jiddiy ta’sir ko‘rsatadi. Sohilbo‘yi zonalari va botqoq yerlar kabi qo‘shimcha ekotizim turlarini tekshirish bioxilma-xillikni yo‘qotishning keng tarqalgan xususiyatini ta’kidlaydi (3-jadvalga qarang).

3-jadval

Biologik xilma-xillikni baholash (turlar xilma-xilligi indeksi)

Ekotizim turi	1994	2004	2014	2024	O‘zgarish (%)
Tabiiy ekotizimlar	4.2	3.5	2.1	1.8	-57
Shahar hududlari	1.5	1.2	0.9	0.7	-53
Qishloq xo‘jalik yerlari	3.0	2.4	1.6	1.3	-57
Sohilbo‘yi zonalari	3.8	3.1	1.7	1.5	-61
Botqoq yerlar	4.0	3.3	2.0	1.7	-58

Manba: jadval ArcGIS dasturida olingan natijalar asosida muallif tomonidan tuzildi.

Statistik tahlillar aholi sonining o‘sishi, urbanizatsiya, qishloq xo‘jaligi intensivligi, infratuzilma loyihalari, iqlim o‘zgarishining ta’siri va landshaft o‘zgarishi bilan global bozor tendentsiyalari o‘rtasidagi sezilarli bog‘liqlikni tasdiqlaydi. Ushbu kengaytirilgan korrelyatsiya tahlili antropogen omillar va landshaft o‘zgarishlari o‘rtasidagi murakkab o‘zaro ta’sirni yanada to‘liqroq tushunish imkonini beradi. Qo‘shimcha o‘zgaruvchilarni kiritish bizning statistik xulosalarimizning mustahkamligini oshiradi (4-jadvalga qarang).

4-jadval

Antropogen omillar va landshaft o‘zgarishlari o‘rtasidagi korrelyatsiya tahlili

O‘zgaruvchilar	Korrelyatsiya koeffitsienti	Ishonchlilik darajasi
Aholining o‘sishi	0.78	$p < 0.01$
Urbanizatsiya darajasi	0.65	$p < 0.05$
Qishloq xo‘jaligini intensivlashtirish	0.72	$p < 0.01$
Infratuzilma loyihalari	0.53	$p < 0.05$
Iqlim o‘zgarishining ta’siri	0.46	$p < 0.1$

Manba: jadval ArcGIS dasturida olingan natijalar asosida muallif tomonidan tuzildi.

Xulosa. O‘rta Zarafshon havzasi geosistemalarining ekologik mutanosibligini optimallashtirish uchun tabiat komplekslaridan foydalanishda har doim sabab-oqibat aloqadorligiga, modda va energiya almashinish jarayoniga e’tibor berish, landshaftlardagi dinamik rivojlanishni vujudga keltiruvchi murakkab mexanizmlarni hisobga olish, atrof muhitni ifloslantiruvchi manbalarga qarshi kurashish va ularni oldini olish choralarini qo‘llash, ichki suvlarning biologik hayotini tiklash va ularni iste’mol qilish darajasiga keltirish uchun suv tozalash inshootlarini quvvatini oshirish hamda sonini ko‘paytirish, har bir regionning ekologik jihatdan ifloslanish darajasini aniqlash maqsadida landshaft-ekologik kartalarni tuzish kabi tadbiriy choralarni izchillik bilan amalga oshirish lozim.

Xulosa qilib aytganda, O‘rta Zarafshon havzasida yer qoplamining keyingi transformatsiyasini monitoring qilish, ayniqsa yaylovlarning qisqarish sur’atlarini, ekin maydonlarining kengayish yo‘nalishlarini va aholi manzilgohlarining hududiy o‘sishini GIS va masofadan zondlash texnologiyalari asosida muntazam baholab borish maqsadga muvofiq. Bu esa yer resurslaridan oqilona foydalanish, hududiy rejalashtirish va ekologik barqarorlikni ta’minlashning ilmiy asoslarini takomillashtirish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Abdulkasimov A., Jurakulov X. Zakonomernosti differensiatsii landshaftov Zarafshanskix gor i prilegayuщix ravnin (Monografiya). –Samarkand. Izd-vo SamGU, 2014. –156 s.
2. Abdulqosimov A.A., Yarashev K.S., Ulug’murodov E.B. Zarafshon botig’ida voha landshaftlarining vujudga kelishi va rivojlanishi // Samarqand davlat universiteti ilmiy tadqiqotlar

axborotnomasi. Samarqand, -№4 – Samarqand, 2021.
3. Eshquvvatov B. Tog‘oldi tekislik va yoyilma landshaft komplekslarini mikrozonalashtirish hamda xo‘jalik maqsadlarida baholash (O‘rta Zarafshon misolida) // PhD diss. avtoref. –Samarqand, 2020. -43 b.
4. Meyer, William B., and Billie Lee Turner, eds. Changes in land use and land cover: a global perspective. Vol. 4. Cambridge University Press, 1994.
5. Nikolaev V.A. Adaptivnaya prostranstvenno-vremennaya struktura agrolandshafta // Vestnik MGU. Ser. 5. Geografiya. – 1999. – №1. – S. 22-26.
6. Pimentel D., Pimentel S. Ecological aspects of agricultural policy// Nat. Resor J. - 1980. - Vol. 20, N3. - P.555-585.
7. Raxmatullaev A.R. Voha geosistemalarida ekologik vaziyatlarni optimallashtirishning geografik asoslari // Dokt. diss. avtoref. –Toshkent, 2018. -86 b.
8. Sochava V.B. Vvedenie v uchenie o geosistemax. - Novosibirsk: Nauka, 1978. – 319 s.
9. Turner, B. L., & Meyer, W. B. (1994). Global land-use and land-cover change: an overview. Changes in land use and land cover: a global perspective, 4(3).
10. Yarashev K.S., Ulugmurodov E.B. Functional-Dynamic Landscaping Complexes Of River Basins Of Southern Uzbekistan And Their Cartography // Journal Natural and Science. Volume 20, Number 1. USA, 2022. -R. 47-51.
11. Yarashev Q.S. Janubiy O‘zbekiston daryo havzalari landshaftlarining funksional-dinamik bog‘liqligi hamda ularni landshaft-ekologik rayonlashtirish // Geogr. fan. dokt. diss. –Samarqand, 2022. -238 b.

УДК 504.5:550.4:551.51(575.1)

Spatial Variability and Multivariate Geochemical Signatures of Potentially Toxic Elements in Atmospheric Dust across the Akhangaran River Basin, Uzbekistan.

Azamat Fozilov- *Sharof Rashidov Samarkand State University, Samarkand, Uzbekistan*

Corresponding author: Azamat Fozilov; E-mail: azamatfozilov7788@gmail.com **ORCID: 0000-0002-9268-9452**

Abstract. *Atmospheric dust can serve as both a transport medium and a geochemical tracer of mining–metallurgical emissions, but spatially resolved evidence remains limited for Central Asia.*

This study evaluates the bulk chemical composition of atmospheric dust from nine sites in the Akhangaran River Basin, Uzbekistan, using major-oxide data and six potentially toxic elements (PTEs: Pb, Zn, Cu, Ni, As, and Mn). Concentrations ranged from 19–748 mg kg⁻¹ for Pb, 165–2570 mg kg⁻¹ for Zn, 71–1470 mg kg⁻¹ for Cu, 44–1120 mg kg⁻¹ for Ni, 7–92 mg kg⁻¹ for As, and 317–2730 mg kg⁻¹ for Mn. Terakli was the dominant polymetallic hotspot, whereas Shougazsoy exhibited the strongest Ni anomaly (1120 mg kg⁻¹). Pearson and Spearman analyses identified robust Pb–Zn–As and Cu–Zn–Mn associations; these relationships remained strong in sensitivity analysis after excluding the extreme Terakli sample. Principal component analysis of log₁₀-transformed, standardized concentrations explained 96.7% of total variance in the first two components. PC1 (74.4%) represented a broad Pb–Zn–Cu–As–Mn gradient, while PC2 (22.3%) was dominated by Ni. Hierarchical clustering resolved a relatively low-metal group, a Ni–Cu-rich group, a Pb–Zn–As-rich group, and the isolated Terakli hotspot. Major-oxide composition also varied markedly, from silica-rich material at Angren Yangi Guzsoy and Alisher Mahalla to Ca–S-rich dust at Terakli-2. Because the dataset represents bulk dust composition rather than size-resolved ambient particulate matter, $PM_{2.5}/PM_{10}$ concentrations, AQI, and inhalation-risk metrics were not inferred. The results reveal pronounced spatial geochemical heterogeneity and identify priority locations for source-oriented atmospheric monitoring in the Akhangaran mining–industrial region.

Keywords: *atmospheric dust; potentially toxic elements; mining and metallurgy; arsenic; nickel; principal component analysis; hierarchical clustering; Akhangaran River Basin; Uzbekistan*

1. INTRODUCTION

Mining, ore crushing, beneficiation, tailings storage, haulage, and metallurgical processing can generate substantial quantities of mineral and metal-bearing dust. Such particles may originate from mechanical disturbance of ore and waste materials, resuspension of contaminated surfaces, or high-temperature industrial processes. Their environmental significance depends on particle size, mineralogy, elemental composition, solubility, atmospheric transport, and deposition behavior [1–3]. Reviews of mining-related aerosols consistently identify Pb, As, Cu, Zn, Ni, and Mn among the elements that warrant particular attention near ore-treatment, smelting, and tailings facilities [1,2].

Atmospheric dust is therefore useful not only as an exposure medium but also as a geochemical indicator of source mixtures. Multivariate methods are frequently applied to distinguish lithogenic

material from ore-processing, smelting, traffic, combustion, and resuspended industrial waste. Studies of atmospheric settled dust in Ulaanbaatar used correlation analysis, principal component analysis (PCA), and hierarchical clustering to resolve distinct source-related element groups [4]. Similar multivariate approaches have been applied to fugitive dust in mining–metallurgical regions of China [5], atmospheric deposition in Nanjing [10], urban dust in Xi'an [11], and atmospheric dust sediments in Shiraz [12]. These approaches are especially valuable where direct emission inventories or source profiles are incomplete.

Central Asia combines strong natural dust activity with rapidly developing industrial corridors. Recent elemental measurements of $PM_{2.5}$ and PM_{10} in Uzbekistan showed that mineral dust can contribute substantially to particulate mass during dusty seasons, while trace-element patterns may also reflect metalworking, transport, and construction sources [6]. The Akhangaran–Almalyk corridor also has a well-documented history of mining–metallurgical contamination. Along a 15-km downwind transect from the Almalyk Industrial Complex, Shukurov et al. [13] found a systematic decrease in heavy-metal deposition with distance from the industrial source. Subsequent work around the Almalyk mining and smelting area identified Cu, Zn, and Pb as predominantly technogenic elements whose concentrations decreased along radial downwind transects [14]. Mineralogical and geochemical investigations later confirmed that airborne emissions from mining and smelting contributed metal-rich particles to nearby soils, with particularly high Zn, Pb, and Cd concentrations in upper soil horizons close to the complex [15]. A more recent 20-km downwind study further demonstrated a strong spatial industrial signal in soils around the Almalyk complex and linked contaminant distributions to trace-metal patterns [16]. This regional evidence provides a critical local context for interpreting the present atmospheric-dust dataset, where natural silicate and carbonate material may coexist with emissions and resuspension from mines, enrichment plants, tailings, thermal power generation, roads, and metallurgical facilities.

The present study provides a quantitative site-to-site evaluation of atmospheric dust chemistry at nine locations in the Akhangaran River Basin. The objectives were to (i) characterize spatial variability in the major-oxide matrix; (ii) quantify the distribution of Pb, Zn, Cu, Ni, As, and Mn; (iii) test inter-element associations using both Pearson and Spearman correlations; (iv) resolve multimetal geochemical patterns using PCA and hierarchical cluster analysis (HCA); and (v) identify priority sites for targeted source-oriented monitoring. A key methodological principle was to separate what can be inferred from bulk dust chemistry from what

requires direct ambient PM and exposure measurements.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Study sites and analytical dataset

The analytical dataset comprises atmospheric dust from nine study sites within the Akhangaran River Basin: Angren Yangi Guzsoy, Alisher Mahalla, Ertosh, Copper Enrichment Plant 2–3, Oqbuloq, Quyun, Shougazsoy, Terakli, and Terakli-2. The available laboratory summary reports major-oxide composition in mass percent and concentrations of Pb, Zn, Cu, Ni, As, and Mn in both mass percent and approximate mg kg^{-1}. The conversion is internally consistent with 1 mass% = 10,000 mg kg^{-1}.

The available record does not contain the complete metadata needed for regulatory air-quality assessment, including sampling date and duration, exact coordinates, collection height, sampler design, particle-size fraction, analytical instrument and calibration details, certified reference materials, blanks, duplicate precision, recovery, and LOD/LOQ. Accordingly, the dataset is interpreted as a comparative geochemical survey of bulk atmospheric dust rather than as a size-resolved ambient PM monitoring campaign; the implications of the missing metadata are addressed explicitly in the Study Limitations section

.

Table 1. Major-oxide composition of atmospheric dust at the nine study sites (mass%).

Site	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	SO_3	K_2O
Angren Yangi Guzsoy	60.9	21.6	8.37	4.63	–	–
Alisher Mahalla	60	19.5	10.7	2.58	–	–
Ertosh	53.5	15.4	9.22	1.34	16.6	–
Copper Enrichment Plant 2–3	58.2	14.5	13.9	4.85	–	–
Oqbuloq	55	16.9	13.7	3.61	–	–
Quyun	50.8	17.2	13.8	4.78	9.54	–
Shougazsoy	48.6	15.8	18.1	4.51	3.84	–
Terakli	52.4	–	24.3	9.14	5.03	4.43
Terakli-2	21.5	7.54	49.4	3.03	16.4	–

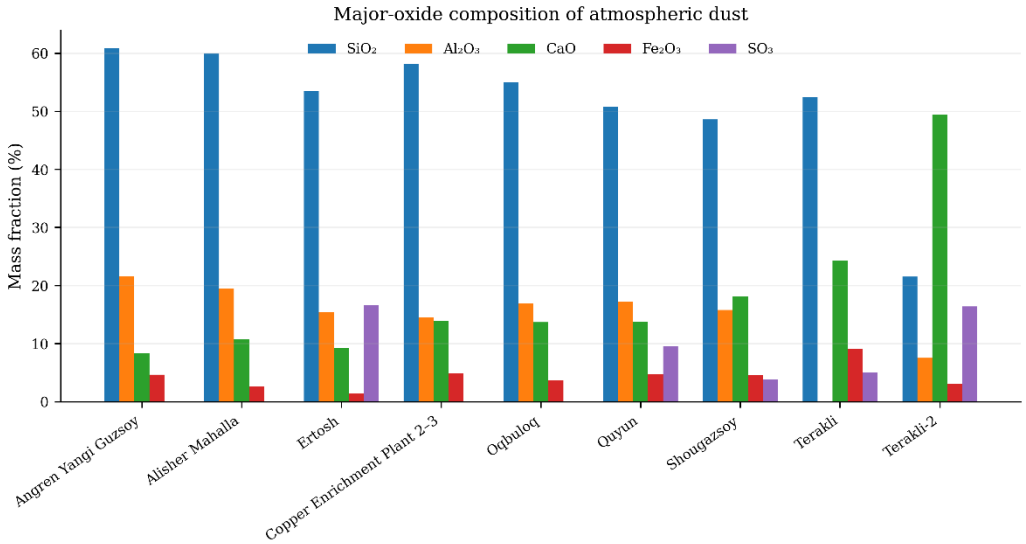


Figure 1. Major-oxide composition of atmospheric dust at the nine study sites. Missing entries were not reported in the available analytical summary and are shown as absent bars rather than numerical zeros.

2. Potentially toxic elements and descriptive reference ratios

Six elements were evaluated: Pb, Zn, Cu, Ni, As, and Mn. For descriptive comparison only, the upper benchmark values reported in the analytical summary were retained: Pb 40 mg kg^{-1}, Zn 300 mg kg^{-1}, Cu 100 mg kg^{-1}, Ni 50 mg kg^{-1}, As 10 mg kg^{-1}, and Mn 500 mg kg^{-1}. Because the available metadata do not establish these values as atmospheric regulatory limits, they are treated only as internal comparison benchmarks. A descriptive reference ratio (RR) was calculated as RR = C/U, where C is the measured concentration and U is the corresponding benchmark. RR > 1 therefore means only that the dust concentration is greater than the internal benchmark; it is not an air-quality exceedance or health-risk index.

The original working document also contained modeled PM2.5, PM10, and AQI values inferred from bulk dust chemistry. These estimates were excluded from the revised scientific analysis because a concentration in bulk dust (mg kg^{-1}) cannot be converted into an ambient particulate-matter concentration (μg m^{-3}) without measured air volume, gravimetric or real-time PM data, and particle-size information. WHO air-quality guideline values apply to ambient pollutant concentrations rather than the bulk composition of collected dust [7].

Table 2. Concentrations of potentially toxic elements in atmospheric dust (mg kg^{-1}).

Site	Pb	Zn	Cu	Ni	As	Mn
Angren Yangi Guzsoy	41	208	71	46	12	620
Alisher Mahalla	27	180	155	171	9	554

Site	Pb	Zn	Cu	Ni	As	Mn
Ertosh	19	165	105	149	7	317
Copper Enrichment Plant 2–3	239	1320	645	48	42	982
Oqbuloq	30	353	295	330	8	662
Quyun	252	739	285	44	37	729
Shougazsoy	67	658	790	1120	11	1230
Terakli	748	2570	1470	531	92	2730
Terakli-2	37	302	301	326	12	657

2.3. Statistical analysis

Descriptive statistics comprised the mean, median, minimum, maximum, and coefficient of variation (CV). Pearson correlation coefficients were calculated to quantify linear associations, while Spearman rank correlations were used as a robustness check because the sample size is small (n = 9) and several element distributions are strongly right-skewed. The influence of the extreme Terakli sample was evaluated by recalculating the principal strong Pearson associations after omitting that site.

PCA and HCA were conducted using log10-transformed concentrations followed by z-standardization. Log transformation was used because the raw distributions were highly heterogeneous (CV = 76–147%). PCA was applied as an exploratory dimensionality-reduction method. HCA used Euclidean distance and Ward linkage to group sites with similar multielement profiles. Given the limited number of sites, PCA and HCA are interpreted as geochemical pattern-recognition tools rather than definitive quantitative source-apportionment models.

3. RESULTS

3.1. Major-oxide matrix and mineral-dust differentiation

The major-oxide matrix varied markedly among sites (Table 1; Figure 1). Angren Yangi Guzsoy and Alisher Mahalla were dominated by silica-equivalent material, with SiO_2 contents of 60.9% and 60.0%, respectively, accompanied by Al_2O_3 of 21.6% and 19.5%. Silica-rich compositions also occurred at Copper Enrichment Plant 2–3 (58.2% SiO_2), Oqbuloq (55.0%), Ertosh (53.5%), Terakli (52.4%), and Quyun (50.8%). Shougazsoy contained 48.6% SiO_2 but a larger CaO fraction (18.1%), whereas Terakli-2 had a distinctly different matrix dominated by CaO (49.4%) and SO_3 (16.4%), with only 21.5% SiO_2.

Ertosh also showed a pronounced sulfur-oxide signal (SO_3 = 16.6%), while Quyun contained 9.54% SO_3. These contrasts indicate that the nine samples do not represent a single uniform mineral-dust population. Instead, the dataset

spans silica-rich aluminosilicate-type material, carbonate-rich material, and locally sulfur-rich material. Bulk oxide chemistry alone, however, cannot establish whether SiO_2 occurs as crystalline quartz or other silicate phases, nor whether SO_3 represents gypsum, metal sulfates, or other sulfur-bearing phases. Mineral-phase attribution would require X-ray diffraction and complementary microscopy or spectroscopy.

3.2. Magnitude and spatial heterogeneity of element concentrations

Table 3. Descriptive statistics for the six elements across the nine study sites.

Element	Mean	Median	Minimum	Maximum	CV (%)
Pb	162.2	41	19	748	146.7
Zn	721.7	353	165	2570	109.1
Cu	457.4	295	71	1470	98.3
Ni	307.2	171	44	1120	112.7
As	25.6	12	7	92	110
Mn	942.3	662	317	2730	76.3

Element concentrations were highly heterogeneous (Table 2; Table 3). Pb ranged from 19 to 748 mg kg^{-1}, Zn from 165 to 2570 mg kg^{-1}, Cu from 71 to 1470 mg kg^{-1}, Ni from 44 to 1120 mg kg^{-1}, As from 7 to 92 mg kg^{-1}, and Mn from 317 to 2730 mg kg^{-1}. Mean concentrations were 162.2 mg kg^{-1} Pb, 721.7 mg kg^{-1} Zn, 457.4 mg kg^{-1} Cu, 307.2 mg kg^{-1} Ni, 25.6 mg kg^{-1} As, and 942.3 mg kg^{-1} Mn. For every element, the mean exceeded the median, demonstrating positive skew driven by one or more high-burden sites. CV values ranged from 76.3% for Mn to 146.7% for Pb, confirming pronounced spatial variability rather than a uniform basin-wide loading

.

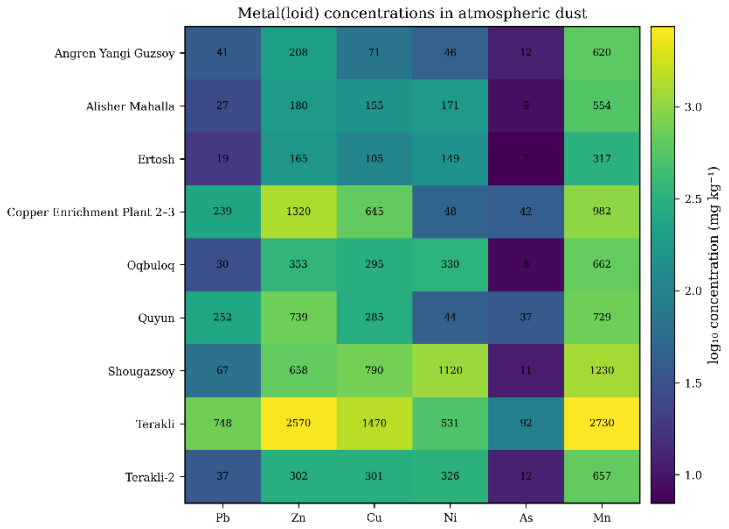


Figure 2. Spatial distribution of Pb, Zn, Cu, Ni, As, and Mn across the nine study sites. Cell labels show measured concentrations (mg kg^{-1}), while color intensity represents log_{10}-transformed concentration.

Terakli was the dominant polymetallic hotspot (Figure 2), containing 748 mg kg^{-1} Pb, 2570 mg kg^{-1} Zn, 1470 mg kg^{-1} Cu, 531 mg kg^{-1} Ni, 92 mg kg^{-1} As, and 2730 mg kg^{-1} Mn. It therefore recorded the maximum concentration of every analyzed element except Ni. Shougazsoy was the principal Ni hotspot, reaching 1120 mg kg^{-1} Ni together with 790 mg kg^{-1} Cu, 658 mg kg^{-1} Zn, and 1230 mg kg^{-1} Mn. Copper Enrichment Plant 2–3 and Quyun displayed a contrasting Pb–Zn–Cu–As–Mn-rich signature with comparatively low Ni (48 and 44 mg kg^{-1}, respectively). Oqbuloq and Terakli-2 showed intermediate Ni–Cu enrichment, whereas Angren Yangi Guzsoy, Alisher Mahalla, and Ertosh generally occupied the lower end of the multielement distribution.

3.3. Descriptive reference ratios and hotspot ranking

Reference ratios were used only to normalize the site profiles against the internal dataset benchmarks and thereby facilitate comparison across elements with different concentration ranges. They should not be interpreted as regulatory exceedance factors.

Table 4. Site ranking based on descriptive reference ratios relative to the comparison benchmarks reported in the analytical summary.

Site	Values > benchmark (n/6)	Mean RR	Maximum RR	Dominant element
Terakli	6	11.21	18.7	Pb
Shougazsoy	6	6.29	22.4	Ni
Copper Enrichment Plant 2–3	5	3.99	6.45	Cu

Site	Values > benchmark (n/6)	Mean RR	Maximum RR	Dominant element
Quyun	5	2.94	6.3	Pb
Terakli-2	5	2.33	6.52	Ni
Oqbuloq	4	2.27	6.6	Ni
Alisher Mahalla	3	1.38	3.42	Ni
Ertosh	2	1.06	2.98	Ni
Angren Yangi Guzsoy	3	0.96	1.24	Mn

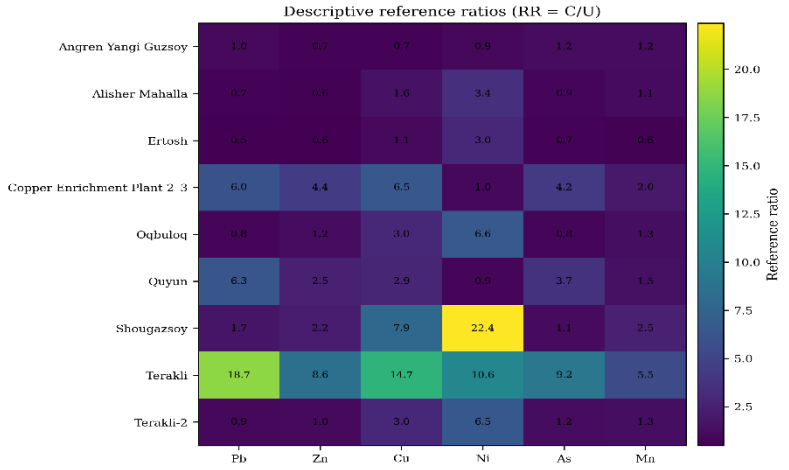


Figure 3. Descriptive reference ratios (RR = C/U) by site and element. RR > 1 indicates a concentration above the internal comparison benchmark, not an atmospheric air-quality exceedance.

Terakli had the highest mean RR (11.21) and values above all six benchmarks. Its largest ratios were Pb (18.7), Cu (14.7), Ni (10.6), As (9.2), Zn (8.6), and Mn (5.46). Shougazsoy also exceeded all six internal benchmarks and had the second-highest mean RR (6.29), largely because Ni reached 22.4 times the comparison value. Copper Enrichment Plant 2–3 and Quyun each exceeded five of six benchmarks, but their profiles were dominated by Pb, Zn, Cu, and As rather than Ni. This compositional separation is consistent with spatially variable material sources or process-related contributions.

3.4. Inter-element associations and sensitivity to the Terakli hotspot

Table 5. Strong Pearson associations (|r| ≥ 0.80) and corresponding Spearman rank correlations.

Pair	Pearson r	Pearson p	Spearman ρ	Spearman p
Pb–As	0.993	<0.001	0.912	<0.001

Pair	Pearson r	Pearson p	Spearman ρ	Spearman p
Zn–As	0.973	<0.001	0.812	0.008
Pb–Zn	0.970	<0.001	0.917	<0.001
Cu–Mn	0.968	<0.001	0.883	0.002
Zn–Mn	0.940	<0.001	0.950	<0.001
Zn–Cu	0.934	<0.001	0.800	0.010
Pb–Mn	0.919	<0.001	0.867	0.002
As–Mn	0.891	0.001	0.695	0.038
Pb–Cu	0.865	0.003	0.617	0.077
Cu–As	0.844	0.004	0.527	0.145

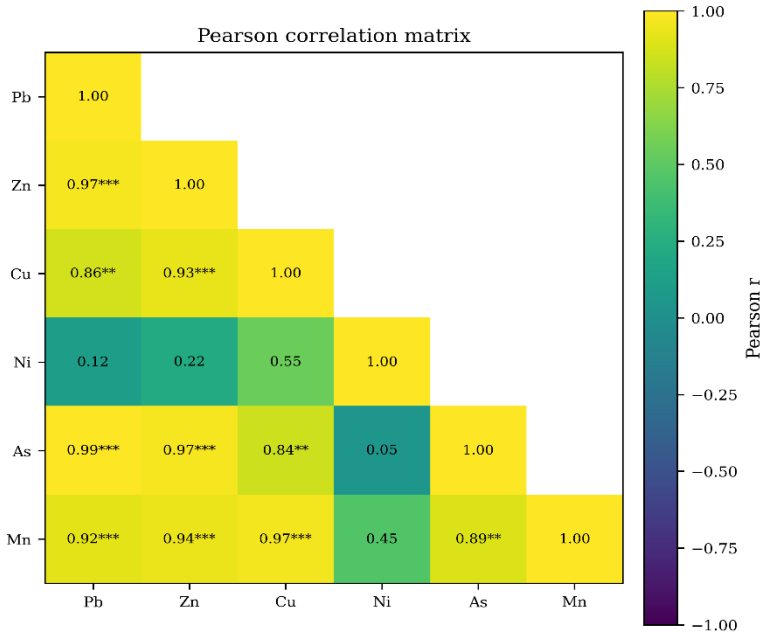


Figure 4. Pearson correlation matrix for the six elements. Significance notation: * p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001.

The correlation structure showed two prominent overlapping associations (Table 5; Figure 4). The strongest relationships were Pb–As (r = 0.993), Zn–As (r = 0.973), Pb–Zn (r = 0.970), Cu–Mn (r = 0.968), Zn–Mn (r = 0.940), and Zn–Cu (r = 0.934). Spearman analysis supported particularly strong monotonic relationships for Pb–Zn (ρ = 0.917), Pb–As (ρ = 0.912), Cu–Mn (ρ = 0.883), and Zn–Mn (ρ = 0.950). By contrast, the Pearson correlations of Ni with Pb (r = 0.118), Zn (r = 0.221), and As (r = 0.049) were weak, while Ni–Cu was moderate (r = 0.550). This behavior is consistent with a partially independent Ni-rich geochemical signal.

Some high Pearson correlations, notably Pb–Cu and Cu–As, were substantially weaker under Spearman analysis, indicating sensitivity to extreme concentrations and the small sample size. A targeted sensitivity analysis

therefore removed Terakli and recalculated the strongest core relationships. Pb–As remained very strong ($r = 0.985$, $p < 0.001$), Pb–Zn remained strong ($r = 0.860$, $p = 0.006$), Zn–As remained strong ($r = 0.876$, $p = 0.004$), and Cu–Mn remained very strong ($r = 0.936$, $p < 0.001$). Thus, the main Pb–Zn–As and Cu–Mn associations are not solely artifacts of the Terakli hotspot.

3.5. Principal component analysis and hierarchical clustering

PCA of log10-transformed, standardized concentrations produced a two-component solution explaining 96.7% of total variance. PC1 explained 74.4% and showed strong positive loadings for Pb (0.447), Zn (0.467), Cu (0.431), As (0.429), and Mn (0.446), whereas Ni loaded only weakly on PC1 (0.111). PC1 therefore represents a broad polymetallic gradient. PC2 explained 22.3% and was controlled primarily by Ni (loading = 0.834), with a smaller positive contribution from Cu (0.291) and negative contributions from Pb and As. This component separates Ni-rich dust from the Pb–Zn–As-rich pattern

.

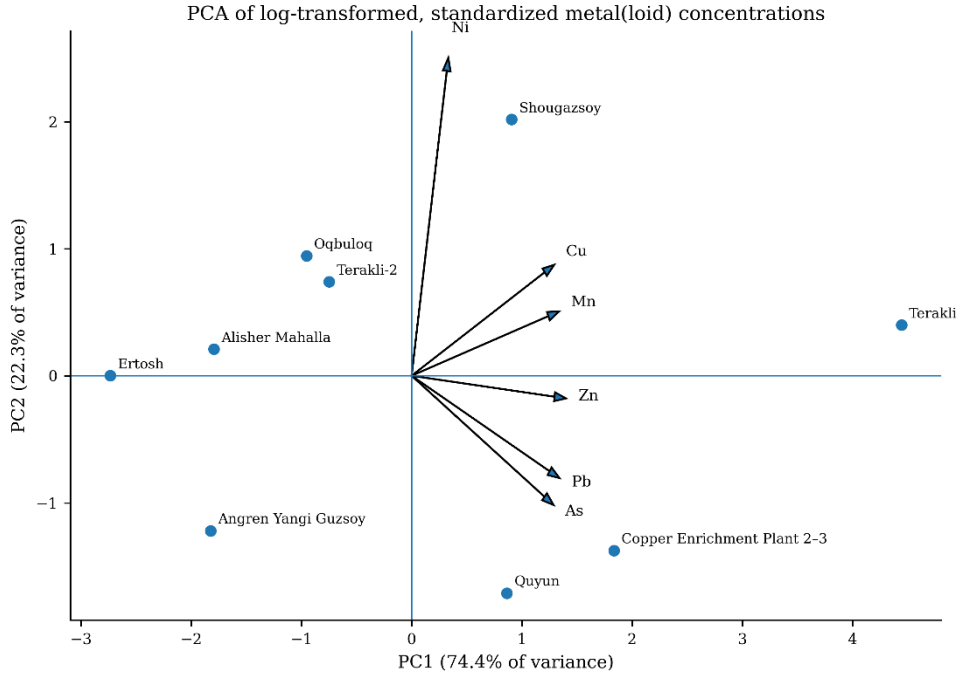


Figure 5. PCA biplot of log10-transformed and standardized element concentrations. PC1 represents the broad polymetallic gradient; PC2 is dominated by Ni.

Table 6. PCA site scores and exploratory HCA cluster membership.

Site	PC1	PC2	HCA cluster
Terakli	4.45	0.4	4
Copper Enrichment Plant 2–3	1.84	-1.38	3
Shougazsoy	0.91	2.02	2

Site	PC1	PC2	HCA cluster
Quyun	0.86	-1.71	3
Terakli-2	-0.75	0.74	2
Oqbuloq	-0.95	0.94	2
Alisher Mahalla	-1.79	0.21	1
Angren Yangi Guzsoy	-1.82	-1.22	1
Ertosh	-2.73	0	1

Terakli had by far the highest PC1 score (4.445), quantitatively confirming its role as the dominant polymetallic hotspot. Copper Enrichment Plant 2–3 (PC1 = 1.836) and Quyun (0.863) also occupied the positive PC1 domain. Shougazsoy had the highest PC2 score (2.017), separating its Ni-rich signature from the broader polymetallic trend; Oqbuloq and Terakli-2 likewise plotted on the Ni-positive side of PC2.

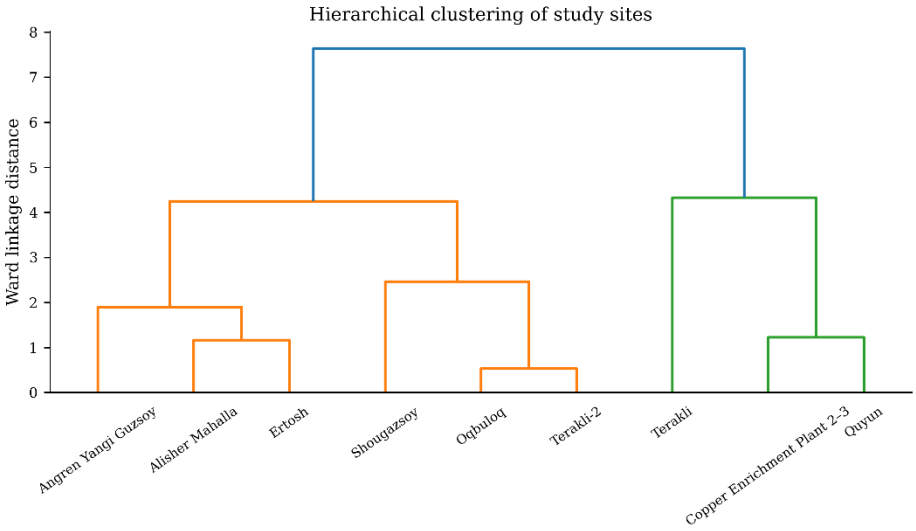


Figure 6. Ward hierarchical clustering of the nine study sites based on log10-transformed and standardized element concentrations.

HCA reinforced the PCA interpretation. Four broad site groups were resolved: (i) Angren Yangi Guzsoy–Alisher Mahalla–Ertosh, representing the relatively lower multielement group; (ii) Oqbuloq–Shougazsoy–Terakli-2, characterized by Ni–Cu enrichment; (iii) Copper Enrichment Plant 2–3–Quyun, characterized by Pb–Zn–As enrichment; and (iv) Terakli as an isolated high-burden polymetallic hotspot. Agreement among PCA, HCA, correlation analysis, and the raw concentration patterns strengthens the interpretation of real geochemical heterogeneity, although direct source attribution still requires source-profile and meteorological evidence

.

4. DISCUSSION

4.1. Multiple geochemical signatures within the basin

The Akhangaran dataset demonstrates that atmospheric dust composition cannot be represented by a single basin-wide geochemical signature. The high SiO_2–Al_2O_3 proportions at Angren Yangi Guzsoy and Alisher Mahalla are compatible with abundant silicate-bearing mineral material, whereas the CaO- and SO_3-rich composition of Terakli-2 indicates a markedly different dust matrix. In mining–metallurgical environments, such contrasts may arise from varying mixtures of local soil and rock, crushed ore, tailings, process residues, road dust, and industrial secondary particles [1,2]. The current data reveal these mixtures but cannot, by themselves, assign each signature to a unique emission source.

The Pb–Zn–As association is particularly relevant to ore-processing and metallurgical environments. Copper Enrichment Plant 2–3 and Quyun show simultaneous enrichment of Pb, Zn, Cu, and As while retaining low Ni, whereas Shougazsoy is dominated by an exceptional Ni signal. Mining and smelting studies elsewhere have likewise shown that As, Pb, Cu, and Zn may co-occur in resuspended mine waste or industrial particles, while Ni can reflect distinct lithologies, process streams, combustion inputs, or transport pathways [1,3,5]. The isolation of Ni on PC2 therefore provides a defensible working hypothesis for targeted source sampling rather than proof of a particular source.

4.2. Comparison with published atmospheric-dust studies

Cross-study comparison must be cautious because dust-collection methods, deposition periods, particle-size fractions, digestion protocols, and analytical techniques differ. Nevertheless, the magnitude of several concentrations in the Akhangaran dataset is notable. In atmospheric settled dust from Ulaanbaatar, Batbold et al. [4] reported mean concentrations of 51.7 mg kg^{-1} Pb, 571 mg kg^{-1} Zn, 65.5 mg kg^{-1} Cu, 21.3 mg kg^{-1} Ni, and 16.5 mg kg^{-1} As. The Terakli sample is substantially higher than those reported means for Pb, Zn, Cu, and Ni, while the Shougazsoy Ni concentration is especially pronounced. The contrast is consistent with intense local mining–metallurgical influence but should not be interpreted as a directly standardized exceedance because the study designs differ.

Evidence from other mining regions supports the plausibility of resuspended mine material as an important carrier of metals. At the Rio Tinto mining district in Spain, resuspended mine waste contributed materially to atmospheric As, Cu, Pb, Cd, Zn, and Sb [8]. Broader reviews similarly emphasize that mining and smelting operations can emit metal-bearing particles across a wide particle-size

range and that the fine fraction is especially important for exposure [1,2]. Multivariate atmospheric-dust studies from Nanjing, Xi'an, and Shiraz also demonstrate that mixed geogenic and anthropogenic signals are common and that PCA-type approaches are best used alongside spatial and source evidence [10–12].

Regional background is particularly important in Uzbekistan. Recent $PM_{2.5}$ and PM_{10} measurements showed substantial mineral-dust contributions during dusty seasons and identified changes in trace-element composition that may reflect metalworking, transport, and construction [6]. More specifically, the Almalyk literature provides an independent line of evidence that atmospheric transport from the mining–metallurgical complex has produced strong spatial gradients in surrounding soils. Shukurov et al. [13] documented decreasing heavy-metal deposition along a downwind transect; Kodirov and Shukurov [14] identified Cu, Zn, and Pb as the principal technogenic elements along five radial transects; and Shukurov et al. [15] directly described metal-bearing smelter particles in the heavy-mineral fraction of soils and reported declining dissolved and exchangeable metal concentrations with distance. Bandowe et al. [16] subsequently showed that the strongest industrial organic-pollutant signal occurred near the copper smelting facility along a 20-km transect, again emphasizing the spatial footprint of the Almalyk complex. The Pb–Zn–As-rich pattern observed at Copper Enrichment Plant 2–3 and Quyun, and the isolated polymetallic Terakli hotspot in the present dataset, are therefore regionally plausible; however, direct attribution to individual facilities still requires synchronized meteorology, source-emission sampling, and particle-size-resolved air measurements.

4.3. Environmental interpretation and limits of health inference

Pb, As, Ni, and Mn are toxicologically important, and high concentrations in environmental dust warrant attention [9]. However, concentration in bulk dust expressed as mg kg^{-1} is not equivalent to an inhaled air concentration expressed as μg m^{-3}. The present dataset therefore cannot support quantitative inhalation hazard quotients, cancer-risk estimates, $PM_{2.5}/PM_{10}$ compliance statements, or AQI classification. Such analyses require measured airborne concentrations, sampled air volume, exposure duration, inhalation rate, particle-size distribution, and preferably bioaccessible or soluble metal fractions.

Similarly, a high SiO_2-equivalent result does not establish a respirable crystalline-silica hazard because the bulk oxide value does not identify mineral phase or respirable fraction. Confirmation would require mineralogical identification (for example, XRD) together with size-selective respirable dust measurement. High SO_3-equivalent values at Ertosh and Terakli-2 identify sulfur-rich material but do

not by themselves establish acidic aerosol. Sulfate speciation, ion chromatography, particle pH, and mineralogical analysis would be required to distinguish gypsum, metal sulfates, and acidic secondary particles.

4.4. Monitoring priorities and study implications

The multivariate results provide a rational basis for follow-up monitoring. Terakli should receive the highest priority for repeat and size-resolved sampling because it is the dominant polymetallic hotspot and is isolated in multivariate space. Shougazsoy is the highest-priority site for Ni-specific investigation. Copper Enrichment Plant 2–3 and Quyun should be targeted for Pb–Zn–As–Cu source tracing, while Oqbuloq and Terakli-2 warrant follow-up as Ni–Cu-rich sites with contrasting mineral matrices. Angren Yangi Guzsoy, Alisher Mahalla, and Ertosh can serve as lower-burden comparison sites, although the strong sulfur-oxide signal at Ertosh requires additional phase characterization.

The main scientific contribution of this dataset is therefore not a regulatory air-quality classification, but the demonstration of spatially structured geochemical heterogeneity. The convergence of raw concentrations, robust correlation patterns, PCA, and HCA indicates that at least two principal multielement signatures—Pb–Zn–As-rich and Ni-rich—are superimposed on a variable mineral-dust matrix. This finding provides a testable basis for a subsequent receptor-oriented monitoring design.

5. STUDY LIMITATIONS

The interpretation is subject to several limitations. First, the dataset contains only nine bulk dust samples; therefore, statistical inference and multivariate groupings are exploratory. Second, the available analytical summary lacks complete sampling and QA/QC metadata, preventing assessment of temporal representativeness and analytical uncertainty. Third, the internal comparison benchmarks used to calculate RR are not treated as official atmospheric standards because their regulatory provenance is not documented in the available record. Fourth, the absence of size-resolved PM measurements precludes AQI and inhalation-risk calculations. Finally, mineral phases and source contributions cannot be uniquely identified from bulk oxide and total-element chemistry alone. Future campaigns should include replicate seasonal sampling, coordinates and source distances, wind data, $PM_{2.5}/PM_{10}$ mass, XRD/SEM–EDS characterization, and direct sampling of candidate source materials.

6. CONCLUSIONS

Atmospheric dust across the Akhangaran River Basin exhibits strong spatial geochemical heterogeneity. Terakli is the principal polymetallic hotspot, with the highest Pb, Zn, Cu, As, and Mn concentrations and a high Ni level, whereas Shougazsoy is distinguished by the maximum Ni

concentration (1120 mg kg^{-1}). Strong Pb–Zn–As and Cu–Zn–Mn associations persisted in rank-based and sensitivity analyses, while Ni behaved comparatively independently. PCA resolved a broad polymetallic PC1 (74.4% of variance) and a Ni-dominated PC2 (22.3%); together they explained 96.7% of total variance. HCA independently supported a relatively low-metal group, a Ni–Cu-rich group, a Pb–Zn–As-rich group, and the isolated Terakli hotspot.

Major-oxide composition also varied from silica-rich material to carbonate- and sulfur-rich dust, indicating that metal loading occurs within different mineral matrices. The combined evidence supports multiple source or process signatures rather than a single uniform contamination pattern. The current dataset is therefore valuable for geochemical screening and prioritization, but it should not be used to infer AQI, PM compliance, or quantitative inhalation risk. A future source-resolved campaign integrating size-selective PM sampling, meteorology, mineralogy, and complete QA/QC documentation would provide the evidence needed for formal air-quality and exposure assessment.

DATA AVAILABILITY

The numerical data analyzed in this study are derived from the laboratory summary for the nine Akhangaran Basin atmospheric-dust sites. The underlying laboratory certificates and field records are available from the corresponding author upon reasonable request, subject to applicable permissions.

REFERENCES

[1] Kasongo, J., Alleman, L.Y., Kanda, J.-M., Kaniki, A., Riffault, V. 2024. Metal-bearing airborne particles from mining activities: A review on their characteristics, impacts and research perspectives. Science of the Total Environment 951: 175426. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175426

[2] Csavina, J., Field, J., Taylor, M.P., Gao, S., Landázuri, A., Betterton, E.A., Sáez, A.E. 2012. A review on the importance of metals and metalloids in atmospheric dust and aerosol from mining operations. Science of the Total Environment 433: 58–73. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.06.013

[3] Csavina, J., Landázuri, A., Wonaschütz, A., Rine, K., Rheinheimer, P., Barbaris, B., Conant, W., Sáez, A.E., Betterton, E.A. 2011. Metal and metalloid contaminants in atmospheric aerosols from mining operations. Water, Air, & Soil Pollution 221: 145–157. https://doi.org/10.1007/s11270-011-0777-x

[4] Batbold, C., Chonokhuu, S., Buuveijargal, K., Gankhuyag, K. 2021. Source apportionment and spatial distribution of heavy metals in atmospheric settled dust of Ulaanbaatar, Mongolia. Environmental Science and Pollution Research 28(33): 45474–45485.

https://doi.org/10.1007/s11356-021-13861-2
[5] Chen, H., Wu, D., Wang, Q., Fang, L., Wang, Y., Zhan, C., Zhang, J., Zhang, S., Cao, J., Qi, S., Liu, S. 2022. The predominant sources of heavy metals in different types of fugitive dust determined by principal component analysis (PCA) and positive matrix factorization (PMF) modeling in Southeast Hubei: A typical mining and metallurgy area in Central China. International Journal of Environmental Research and Public Health 19(20): 13227. https://doi.org/10.3390/ijerph192013227
[6] Liu, X., Amonov, M., Turner, J.R. 2026. Quantifying dust contribution to particulate matter in Central Asia: Insights from the elemental composition of $PM_{2.5}$ and PM_{10} in Uzbekistan. Atmospheric Pollution Research 17(3): 102781. https://doi.org/10.1016/j.apr.2025.102781
[7] World Health Organization. 2021. WHO global air quality guidelines: particulate matter ($PM_{2.5}$ and PM_{10}), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization, Geneva. ISBN 978-92-4-003422-8.
[8] Sánchez de la Campa, A.M., de la Rosa, J.D., Fernández-Caliani, J.C., González-Castanedo, Y. 2011. Impact of abandoned mine waste on atmospheric respirable particulate matter in the historic mining district of Rio Tinto (Iberian Pyrite Belt). Environmental Research 111(8): 1018–1023. https://doi.org/10.1016/j.envres.2011.07.001
[9] Tchounwou, P.B., Yedjou, C.G., Patlolla, A.K., Sutton, D.J. 2012. Heavy metal toxicity and the environment. Experientia Supplementum 101: 133–164. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6
[10] Feng, D., Gong, P., Li, Y., Li, N., Dong, Z., Zhu, Z., Jiang, R., Deng, S. 2023. Risk assessment and source apportionment of heavy metals pollution from atmospheric deposition in Nanjing, China. Heliyon 9(8): e18858. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18858
[11] Chen, H., Lu, X., Li, L.Y., Gao, T., Chang, Y. 2014. Metal contamination in campus dust of Xi'an, China: A study based on multivariate statistics and spatial distribution. Science of the Total Environment 484: 27–35. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.03.026
[12] Karimian Torghabeh, A., Jahandari, A., Jamasb, R. 2019. Concentration, contamination level, source identification of selective trace elements in Shiraz atmospheric dust sediments (Fars Province, SW Iran). Environmental Science and Pollution Research 26(7): 6424–6435. https://doi.org/10.1007/s11356-018-04100-2
[13] Shukurov, N., Pen-Mouratov, S., Steinberger, Y. 2005. The impact of the Almalyk Industrial

Complex on soil chemical and biological properties. Environmental Pollution 136(2): 331–340. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.12.007

[14] Kodirov, O., Shukurov, N. 2009. Heavy Metal Distribution in Soils near the Almalyk Mining and Smelting Industrial Area, Uzbekistan. Acta Geologica Sinica (English Edition) 83(5): 985–990. https://doi.org/10.1111/j.1755-6724.2009.00127.x

[15] Shukurov, N., Kodirov, O., Peitzsch, M., Kersten, M., Pen-Mouratov, S., Steinberger, Y. 2014. Coupling geochemical, mineralogical and microbiological approaches to assess the health of contaminated soil around the Almalyk mining and smelter complex, Uzbekistan. Science of the Total Environment 476–477: 447–459. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.01.031

[16] Bandowe, B.A.M., Shukurov, N., Leimer, S., Kersten, M., Steinberger, Y., Wilcke, W. 2021. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in soils of an industrial area in semi-arid Uzbekistan: spatial distribution, relationship with trace metals and risk assessment. Environmental Geochemistry and Health 43: 4847–4861. https://doi.org/10.1007/s10653-021-00974-3

UDK 556.3(584.4)

SAMARQAND VILOYATIDA YER OSTI SUVLARINING SHAKLLANISHIGA TA’SIR ETUVCHI TABIIY VA ANTROPOGEN OMILLAR

Abdiaxatova Dilshoda Boxodir qizi-*Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti tayanch doktoranti*

abdiaxatovadilshoda8@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada Samarqand viloyati va unga tutash hududlarda yer osti va grunt suvlarining rejimini hamda gidrogeokimyo xususiyatlarini shakllantiruvchi tabiiy-geografik va texnogen omillar kompleks tahlil qilingan. Tadqiqotda Zarafshon artezian havzasi hamda O‘rta Zarafshon botiqligining geologik-struktura xususiyatlari, litometrik ko‘rsatkichlari, filtratsiya koeffitsiyenti (k_f), geomorfologik sharoitlari, iqlimiy ko‘rsatkichlar hamda Zarafshon daryosi va irrigatsiya-drenaj tarmoqlarining gidrodinamik aloqadorligi ilmiy jihatdan asoslab berilgan. Sug‘orma dehqonchilik intensivlashuvi, agrokimyoviy yuklama va kollektor-drenaj tizimlarining gidrodinamik faoliyati natijasida kapillyar-evaporatsion rejimning jadal kechishi hamda minerallashuv va umumiy qattiqlik darajasining hududiy differensiallashuvi ilmiy adabiyotlar, statistik ma’lumotlar hamda tumanlar kesimidagi gistogramma diagrammalari asosida tahlil qilingan. Tadqiqot yakunida yer osti suv

resurslarini muhofaza qilish, geoekologik barqarorlikni ta’minlash hamda suv-tuz balansini optimallashtirish bo‘yicha konseptual ilmiy-amaliy takliflar ilgari surilgan.

Kalit so‘zlar: *Zarafshon artezian havzasi, grunt suvlari, gidrodinamik rejim, gidrogeokimyo, infiltratsiya, kapillyar-evaporatsion rejim, minerallashuv, kollektor-drenaj tizimi, agrokimyoviy bosim.*

Аннотация. *В статье приведен комплексный гидрогеоэкологический анализ природных и техногенных факторов, определяющих режим и гидрогеохимические особенности подземных и грунтовых вод Самаркандской области. На основе научных источников и гистограмм обоснованы геолого-структурные особенности, литолого-фильтрационные свойства (k_f), геоморфологические условия Зарафшанского артезианского бассейна, а также гидравлическая связь реки Зарафшан с ирригационно-дренажной сетью. Проанализированы процессы интенсификации капиллярно-испарительного режима, пространственной дифференциации минерализации и общей жесткости вод в разрезе районов. Разработаны научно обоснованные рекомендации по оптимизации водно-солевого баланса и охране подземных вод.*

Ключевые слова: *Зарафшанский артезианский бассейн, грунтовые воды, гидродинамический режим, гидрогеохимия, инфильтрация, капиллярно-испарительный режим, минерализация, коллекторно-дренажная сеть.*

Abstract. *This scientific article presents a comprehensive hydrogeoecological analysis of natural and anthropogenic factors shaping the regime and hydrogeochemical characteristics of groundwater in the Samarkand region. The geological-structural framework, lithological filtration properties (k_f), geomorphological structure of the Zarafshan artesian basin, hydraulic connectivity, and spatial distribution of groundwater mineralization across administrative districts are rigorously examined using analytical diagrams. The paper highlights the intensification of capillary-evaporative regimes, spatial differentiation of mineralization, and total hardness under intense agricultural pressure. Conceptual recommendations are proposed to optimize the water-salt balance and protect groundwater resources.*

Keywords: *Zarafshan artesian basin, groundwater, hydrodynamics, hydrogeochemistry, infiltration, capillary-evaporative regime, mineralization, collector-drainage network.*

Kirish. Yer osti suvlari tabiiy suv resurslarining muhim tarkibiy qismi bo‘lib, aholini ichimlik suvi bilan ta’minlash, qishloq xo‘jaligi va boshqa xo‘jalik faoliyatida muhim ahamiyatga ega. Ularning shakllanishi hududning geologik

tuzilishi, relyefi, iqlimi, gidrografik tarmog‘i hamda yer usti suvlarining yer ostiga singishi bilan chambarchas bog‘liq. Global iqlimiy transformatsiyalar, arid zonalarda gidrometeorologik takrorlanishlarning ortishi hamda antropogen-texnogen bosimning jadallashuvi sharoitida chuchuk yer osti suv resurslarining miqdoriy va sifat ko‘rsatkichlarini muhofaza qilish biosfera barqarorligini ta’minlashning eng ustuvor strategik yo‘nalishlaridan biridir. Yer osti suvlari gipsometrik, geologik va ijtimoiy-iqtisodiy jihatdan murakkab hududlarda aholini kafolatli va xavfsiz ichimlik suvi bilan ta’minlash hamda qishloq xo‘jaligi tarmoqlarini barqaror faoliyat yuritishida strategik zaxira vazifasini bajaradi.

Yer osti suvli majmualarining shakllanish mexanizmi, ularning gidrodinamik va gidrogeokimyo ko‘rsatkichlari hududning geologik-tektonik tuzilishi, geodezik-relyef xususiyatlari, litofatsial tarkibi, infiltratsion to‘yinish salohiyati hamda daryo tarmoqlarining gidravlik aloqadorligiga bevosita bog‘liqdir. So‘nggi yillarda O‘rta Zarafshon botig’i hamda unga tutash hududlarda sug‘orma dehqonchilikning jadallashuvi, yer usti suvlarining gidrotexnik boshqaruvi, tik va gorizontal drenaj tarmoqlarining gidrogeologik samaradorligi o‘zgarishi natijasida grunt suvlari sathining kritik chuqurliklargacha ko‘tarilishi va kapillyar bug‘lanish natijasida ikkilamchi tuz akkumulyatsiyasi jarayonlari chuqurlashmoqda.

Zarafshon botig’ining gidrogeologik sharoiti va yer osti suvlarining regional tarqalish qonuniyatlari V.A. Nikolayev [1], A.N. Sultonxo‘jayev va boshqalar [2], X.S. Siddiqov [3], N.M. Reshetkina [4], V.L. Shults, R. Mashrapov [5], F.H. Hikmatov va boshqalar [6] hamda K.S. Yarashev va boshqalarning [7] ilmiy izlanishlarida ma’lum darajada yoritilgan bo‘lsa-da, iqlimiy aridlashuv va texnogen yuklamaning zamonaviy bosqichida tabiiy va antropogen omillarning sinergetik ta’sirini qayta baholash dolzarb ilmiy-amaliy vazifa sanaladi.

Tadqiqotning maqsadi. Samarqand viloyati hududida yer osti suvli majmualarining shakllanishida ishtirok etuvchi tabiiy-geografik va antropogen omillarning gidrodinamik hamda gidrogeokimyo mexanizmlarini aniqlash, ularning spatial (hududiy) differensiallashuvini kompleks baholash va gidrogeoekologik barqarorlikni ta’minlash bo‘yicha ilmiy xulosalar ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqot obyekti va metodlari. Tadqiqot obyekti sifatida Samarqand viloyati va unga tutash bo‘lgan O‘rta Zarafshon botiqligi, Zarafshon daryosining allyuvial terrasalar hamda adir va tog‘oldi prolyuvial tekisliklaridagi yer osti va grunt suvli majmualari tanlab olindi.

Metodologik bazasini quyidagi zamonaviy ilmiy va empirik usullar tashkil etadi:

Gidrodinamik va gidrogeokimyo tahlil usuli: Suvli

qatlamlarning filtratsiya koeffitsiyenti (k_f), minerallashuv darajasi, ionlar qatnashuvi (sulfat, xlorid, kalsiy, magniy) hamda umumiy qattiqlik darajasi (mg-ekv/l) ko‘rsatkichlarini baholash. Gidrogeologik va kartografik modellashtirish: Hududiy litofatsial o‘zgarishlar, grunt suvlari joylashish chuqurligi va sifatining hududiy tarqalishini fazoviy tahlil qilish. Faktorli-analitik kompleks baholash: Tabiiy (geologik-litologik, relyef, iqlim, daryo oqimi) va antropogen (sug‘orish va kollektor-drenaj tarmoqlari, agrokimyoviy vositalar) omillarning o‘zaro sinergetik ta’sir doirasini aniqlash. Samarqand viloyatining geologik-gidrogeologik va geomorfologik sharoiti. Samarqand viloyati geomorfologik jihatdan Zarafshon tog‘ tizmalarining g‘arbiy tarmoqlari (Turg‘unali, Gobduntog‘, Zirabuloq-Ziyaetdin va b.) hamda ular orasidagi tog‘oldi va daryo vodiysi tekisliklarida joylashgan. Hududning gidrogeologik karkasini To‘rtlamchi davr (quaternary) va Neogen davrining allyuvial, prolyuvial hamda fluvioglatsial yotqiziqlari tashkil etadi.

Zarafshon artezian havzasi doirasida suvli majmualar geologik va litofatsial nuqtai nazardan bir-biridan keskin farqlanadi [2, 3]. Tog‘oldi va adir depressiya zonalari prolyuvial shag‘al, valun va iriqlashgan qum jinslaridan tashkil topgan bo‘lib, ular yuqori infiltratsiya va filtratsiya koeffitsiyentiga (k_f = 15-50\ m/sutka) ega [1, 2]. Daryo terrasalarining o‘rta va quyi qismlariga borgan sari litologik tarkib mayda qum, qumloq va loyqa-gilli litofatsiyalar bilan almashinib, filtratsiya qobiliyati keskin pasayadi (k_f = 1-5\ m/sutka), bu esa yer osti oqimining gidrodinamik harakatini sekinlashtiradi va turg‘un rejimni shakllantiradi [3].

Yer osti suvlarining shakllanishiga ta’sir etuvchi tabiiy omillar tahlili:

Geologik-litologik va tektogenez omil: Yotqiziqlarning g‘ovakligi hamda litologik gipotezasi yer usti va atmosfera suvlari infiltratsiyasini belgilaydi [1, 2]. Qum-shag‘alli fatsiyalar yer osti suv havzalarining asosiy to‘yinish zonalari hisoblansa, gilli va mergelli suv o‘tkazmas qatlamlar gipsonomik bosim ostidagi artezian suvlarining saqlanishini ta’minlaydi [2, 3].

Geomorfologik va gipsometrk omil: Tog‘oldi adir zonalaridan botiqlar markaziga qarab relyef nishabligining kamayishi (i = 0,005 dan 0,0005 gacha) yer osti oqimining sarfini kamaytiradi, natijada grunt suvlarining to‘planishi va sathining yer yuzasiga gipsometrik yaqinlashuvi yuzaga keladi [3].

1-jadval.

Samarqand viloyatida yer osti va grunt suvlari shakllanishining omillar bo‘yicha gidrogeologik differensiallashuvi

№	Omillar	Gidrogeologik va texnogen ko‘rsatkichlar	Gidrodinamik hamda gidrogeokimyo oqibati

1	Geologik-litologik	Qum, shag‘al, valun va loyqa-gilli fatsiyalar almashinuvi	Filtratsiya koeffitsiyentini (kf = 1-50 m/sutka) va oziqlanish sifatini belgilaydi.
2	Geomorfologik	Relyef nishabligining kamayishi (i = 0,005 -> 0,0005)	Yer osti oqimini sekinlashtirib, botiqlarda suv to‘planishini keltirib chiqaradi.
3	Iqlimiy-arid	Yuqori potentsial bug‘lanish (1200–1400 mm/yil)	Grunt suvlari kapillyar ko‘tarilishini hamda to‘planishini jadallashtiradi.
4	Gidrografik (Zarafshon daryosi)	Daryo oqimining allyuvial yotqiziqlar bilan gidravlik aloqadorligi	Daryo va grunt suvlari o‘rtasidagi mavsumiy gidravlik muvozanatni ta’minlaydi.
5	Irrigatsion-antropogen	Sug‘orish suvlarining vertikal infiltratsiyasi va sizishi	Grunt suvlari sathining kritik (1,5–2,0 m) ko‘tarilishini belgilaydi.
6	Kollektor-drenaj	Gorizontal va vertikal drenaj tizimlarining gidrotexnik holati	Grunt suvlari oqimini sun’iy drenajlaydi va tuz rejimini boshqaradi.
7	Agrokimyoviy bosim	Mineral o‘g‘itlar va pestitsidlarning yuqori solishtirma dozasi	Suvdagi sulfat, xlorid va nitrat ionlari konsentratsiyasini oshiradi.

Iqlimiy-evaporatsion omil: Regionning keskin kontinental va arid iqlimi, yillik yog‘in miqdorining kamligi (250–450 mm) va potentsial bug‘lanish ko‘rsatkichining yuqoriligi (1200–1400 mm) yer osti suvlarining tabiiy oziqlanish balansida salbiy farqni keltirib chiqaradi hamda tuproq-grunt qatlamida tuz akkumulyatsiyasini jadallashtiradi [6].

Zarafshon daryosining gidravlik va infiltratsion ta’siri:

Sug‘orma dehqonchilik va infiltratsion profil: Irrigatsiya tarmoqlarining (Katta Samarqand kanali va b.) past foydali ish koeffitsiyenti (FIK) va ekin maydonlarini intensiv sug‘orish natijasida sug‘orish suvlarining 25–30% qismi yer ostiga infiltratsiya bo‘ladi [4]. Bu jarayon grunt suvlari sathining lokal va regional miqyosda 1,5–2,0 metr kritik chuqurlikkacha ko‘tarilishiga olib keladi [4].

Zarafshon daryosi mintaqaning asosiy drenajlovchi va to‘yintiruvchi gidrografik o‘qi hisoblanadi [5, 6]. Daryo oqimi va allyuvial qatlam grunt suvlari o‘rtasida gidravlik bog‘liqlik mavjud bo‘lib, toshqin davrida daryo suvlari yer osti suvlarini to‘yintirsa, kam suvli davrlarda grunt suvlari daryo oqimini subgorizontal sub-drenajlash orqali to‘ldiradi [5].

Antropogen va texnogen omillarning gidrogeologik ta’siri tahlili:

Kollektor-drenaj tizimlarining gidrodinamik rejimga ta’siri: Drenaj tarmoqlarining yetarli darajada tozalanmaganligi yoki gidrotexnik nosozligi natijasida grunt suvlari oqimining sun’iy drenajlanishi sustlashadi, bu esa hududda gidrostagnatsiya (suv bosishi) va yerlarning ikkilamchi sho‘rlanish jarayonlarini faollashtiradi.

Agrokimyoviy va maishiy-texnogen transformatsiya: Qishloq

xo‘jaligida ammiakli selitra, superfosfat va boshqa agrokimyoviy birikmalarning qo‘llanilishi sug‘orish suvlari bilan birga tuproqning aeratsiya zonasidan o‘tib, grunt suvlarining gidrogeokimyo tuzilmasini o‘zgartiradi va nitratli hamda sulfatli kimyoviy ifloslanishni vujudga keltirishi mumkin.

Yer osti va grunt suvlari minerallashuvining gidrogeokimyoviy xususiyatlari. O‘rta Zarafshon botiqligi doirasida grunt suvlarining gidrogeokimyo ko‘rsatkichlari, minerallashuvi hamda umumiy qattiqlik darajasi hududiy gidrodinamik zonalarga bog‘liq holda yaqqol gradatsiya ko‘rsatadi [1, 3, 7]. Gidrogeologik oziqlanish zonasida (tog‘oldi va adir fatsiyalari, daryo terrasalarining yuqori qismlarida) suvning faol gidrodinamik almashinuvi va yuqori filtratsiya koeffitsiyenti (k_f) sababli oson eruvchan tuzlar intensiv yuviladi [1, 8]. Natijada, ushbu zonalarda grunt suvlarining minerallashuvi 0,5–1,0 g/l oralig‘ida saqlanib, gidrokarbonat-kalsiyli va chuchuk suvlar sinfiga kiradi [5, 8].

2-jadval.

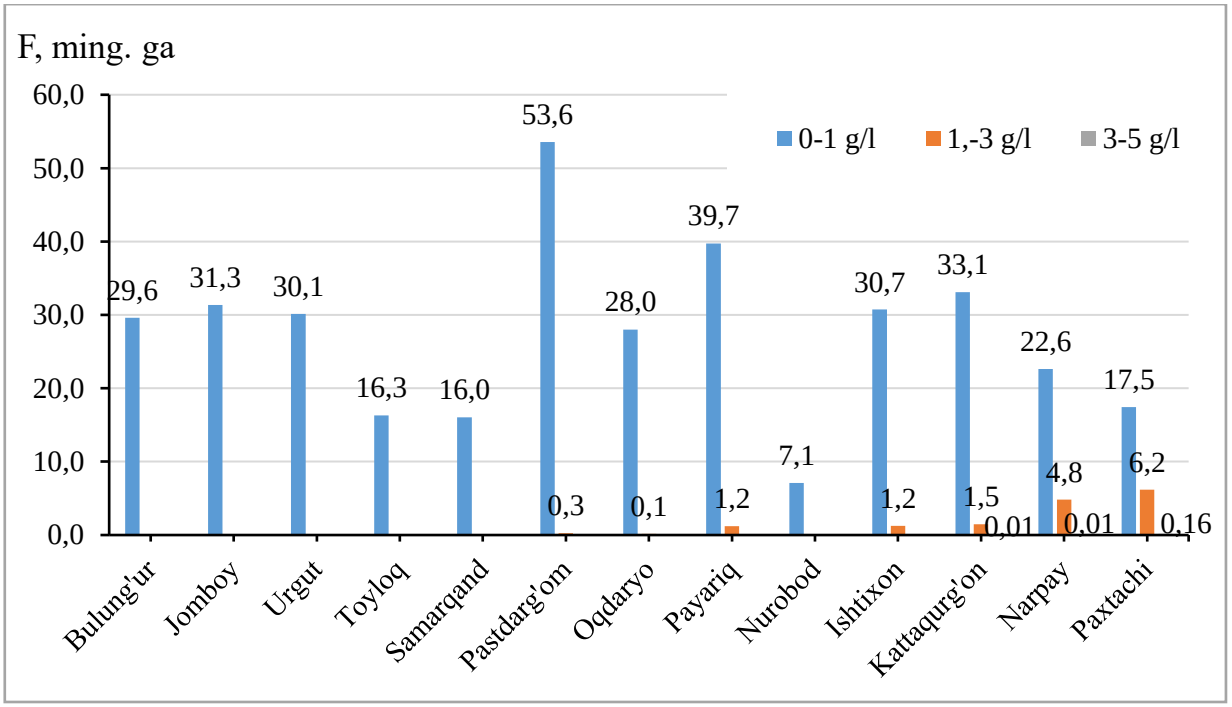
Samarqand viloyatining turli gidrogeologik zonalarida grunt suvlari sathi va sifat ko‘rsatkichlarining qiyosiy tahlili

Gidro-geologik zona	**Ustun bo‘lgan litologik tarkib**	**Grunt suvlari joylashish chuqurligi (m)**	**Mineral-lashuv darajasi (g/l)**	**Umumiy qattiqlik (mg-ekv/l)**	**Dominant anion va kationlar**
Tog‘oldi adir zonasi (Urgut, Toyloq)	Shag‘al, valun, iriqlashgan qum	> 5,0–10,0	0,3 – 0,8	3,5 – 5,5	HCO_3^-, Ca^{2+}
Yuqori allyuvial terrasa (Samarqand, Jomboy)	Qum-shag‘alli fatsiyalar	2,5 – 5,0	0,8 – 1,2	5,5 – 7,0	HCO_3^-, SO_4^{2-}, Ca^{2+}
O‘rta va quyi terrasa (Pastdarg‘om, Kattaqo‘rg‘on)	Mayda qum, qumloq, soz	1,5 – 2,5	1,5 – 2,8	7,5 – 10,5	SO_4^{2-}, Na^+, Mg^{2+}
Botiq va berk zonalar (Narpay, Paxtachi)	Soz, gil, loyqa fatsiyalar	< 1,5 – 2,0	2,5 – 4,5 va undan yuqori	11,0 – 16,0	SO_4^{2-}, Cl^-, Na^+

2-jadval ma’lumotlaridan ko‘rinib turibdiki, gipsometrik belgilari past bo‘lgan Narpay va Paxtachi tumanlari doirasida grunt suvlari sathining yer yuzasiga juda yaqin joylashganligi (1,5 m dan kam) hamda oqimning sekinlashishi natijasida minerallashuv ko‘rsatkichi 2,5–4,5 g/l gacha, qattiqlik esa 16,0 mg-ekv/l gacha ko‘tarilib kelmoqda.

Tumanlar kesimida grunt suvlari minerallashuv darajasining hududiy differensiallashuvi tahlili. Samarqand viloyatining ma’muriy tumanlari bo‘yicha sug‘oriladigan maydonlardagi grunt suvlari minerallashuv darajasining tarqalish sur’ati sezilarli darajada farq qiladi. Ushbu ko‘rsatkichlar 1-diagrammada keltirilgan ma’lumotlar asosida tahlil qilindi

.



1-diagramma. *O‘rta Zarafshon hududidagi (Samarqand viloyati tumanlari bo‘yicha) grunt suvlari minerallashuv darajasining tarqalishi (ming ga).*

1-diagramma ma’lumotlarining spatial va gidrogeokimyo tahlili ko‘rsatadiki: Chuchuk suvli (0–1\ g/l) hududlar dominantligi: Tog‘oldi va daryoning yuqori allyuvial terrasalarida joylashgan Bulung‘ur (29,6 ming ga), Jomboy (31,3 ming ga), Urgut (30,1 ming ga), Pastdarg‘om (53,6 ming ga), Payariq (39,7 ming ga), Ishtixon (30,7 ming ga) hamda Kattaqo‘rg‘on (33,1 ming ga) tumanlarida grunt suvlari minerallashuvi asosan 0–1\ g/l diapazonida tebranadi. Bu holat mazkur tumanlarda intensiv infiltratsion oziqlanish va yuqori filtratsion gipoteza mavjudligini tasdiqlaydi. O‘rtacha va yuqori minerallashgan (1–3\ g/l va 3–5\ g/l) suvlarning paydo bo‘lishi: Daryo oqimining quyi botiqlariga to‘g‘ri keluvchi Narpay hamda Paxtachi tumanlarida 1–3\ g/l minerallashgan maydonlar mos ravishda 4,8 ming ga va 6,2 ming ga ni, 3–5\ g/l minerallashgan maydonlar esa 0,01 ming ga hamda

0,16 ming ga ni tashkil etadi. Bu maydonlarning shakllanishi O‘rta Zarafshon botiqligining quyi qismida kapillyar bug‘lanish va kollektor-drenaj oqimining sustlashuvi hisobiga sodir bo‘ladi. Aksincha, Zarafshon daryosining o‘rta va quyi oqimi tekisliklarida alluvial va prolyuvial tekisliklarning tutashgan botiq qismlarida ham sug‘orma dehqonchilik intensiv rivojlangan massivlarda yer osti suvlarining minerallashuv darajasi keskin ortishi kuzatiladi [4, 7]. Ushbu zonalarda grunt suvlari sathining yer yuzasiga yaqin joylashishi (1,5–2,5 m) va intensiv quyosh radiatsiyasi ta’sirida kapillyar ko‘tarilish hamda bug‘lanish jarayonlari jadallashadi [3]. Natijada, aeratsiya zonasi tuproq-grunt qatlamlarida hamda suvli majmualarda mineral tuzlarning (asosan sulfat va xlorid ionlari) gidrogeokimyo tuzilmasi o‘zgarib, tuz to‘planish (akkumulyatsiya) jarayonlari ustun keladi [3, 7]. Agrogen va texnogen omillar ta’sirida sug‘oriladigan ekin maydonlaridan chiquvchi zaxkash va kollektor-drenaj suvlarining minerallashuv darajasi ham ortib boradi

.

3-jadval.

Samarqand viloyati yer osti suvlarining sanitar-gigiyenik va normativ talablarga (O‘zDSt 950:2011) moslik ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkichlar nomi	O‘zDSt 950:2011 bo‘yicha me’yor	Adir va tog‘oldi zonalari suvlari	Tekislik va sug‘oriladigan tumanlar suvlari	Normadan chetlanish darajasi (tekislik zonalarda)
Minerallashuv (quruq qoldiq)	≤ 1000 mg/l	300 – 800 mg/l	1500 – 3500 mg/l	**1,5 – 3,5 baravar yuqori**
Umumiy qattiqlik	≤ 7,0 mg-ekv/l	3,5 – 5,5 mg-ekv/l	8,0 – 14,0 mg-ekv/l	**1,1 – 2,0 baravar yuqori**
Sulfatlar (SO_4^{2-})	≤ 500 mg/l	100 – 300 mg/l	650 – 1400 mg/l	**1,3 – 2,8 baravar yuqori**
Xloridlar (Cl^-)	≤ 350 mg/l	50 – 150 mg/l	400 – 900 mg/l	**1,1 – 2,5 baravar yuqori**
Nitratlar (NO_3^-)	≤ 45 mg/l	10 – 25 mg/l	50 – 110 mg/l	**1,1 – 2,4 baravar yuqori**

3-jadval tahlillari shuni isbotlaydiki, sug‘oriladigan tekislik tumanlarida yer osti suvlari tarkibidagi minerallashuv, sulfat, xlorid va nitrat ionlari miqdori belgilangan davlat me’yorlaridan

(O‘zDSt 950:2011) sezilarli darajada yuqori hisoblanadi [9]. Bu holat Samarqand viloyatining markazlashmagan va qishloq joylarida chuchuk yer osti suv manbalarini muhofaza qilishni taqozo etadi [7, 9].

Natijalar va muhokama. Olib borilgan ilmiy-metodologik va gidrogeologik tahlillar shuni ko‘rsatadiki, Samarqand viloyatida yer osti suvlarining shakllanishi tabiiy-geografik karkas va intensiv antropogen-texnogen omillarning o‘zaro sinergetik ta’siri natijasida kechadigan murakkab jarayondir. Tadqiqot natijalari, jadvallar hamda 1-diagrammaning kompleks tahlili quyidagi asosiy ilmiy-amaliy xulosalarni shakllantirish imkonini beradi: Tog‘oldi va daryo terrasalari yuqori qismlarida yer osti suvlari rejimida tabiiy infiltratsion va gidrodinamik oziqlanish ustunlik qilsa, tekislik va botiq hududlarda sug‘orish va kollektor-drenaj tarmoqlarining antropogen-evaporatsion rejimi yetakchi rolni o‘ynamoqda. O‘rta va quyi botiqlarda (xususan Narpay va Paxtachi tumanlarida) grunt suvlari minerallashuvining 1,5–3,5 g/l va qattiqlikning 7–12 mg-ekv/l gacha ortishi bevosita kapillyar-evaporatsion tuz akkumulyatsiyasi hamda agrokimyoviy infiltratsiyaning natijasidir. Yer osti va grunt suvlari rejimining va sifatining yomonlashuvi mintaqaning ichimlik suv xavfsizligiga hamda tuproq undorligiga salbiy gidrogeoekologik ta’sir ko‘rsatmoqda.

Xulosa. Samarqand viloyatida yer osti va grunt suvli majmualarining shakllanishi, gidrodinamikasi hamda gidrogeokimyosi geologik-litologik tuzilish, geomorfologik nishablik, arid iqlim va Zarafshon daryosi kabi tabiiy omillar hamda sug‘orma dehqonchilik va kollektor-drenaj tizimlarining texnogen ta’siri ostida kechmoqda. Regionda yer osti suv resurslarini muhofaza qilish, ulardan oqilona foydalanish hamda gidrogeoekologik barqarorlikni ta’minlash maqsadida quyidagi ilmiy-amaliy va muhandislik-gidrogeologik tadbirlarni amalga oshirish tavsiya etiladi:

Raqamli gidrogeologik monitoringni joriy etish: Viloyat doirasidagi kuzatuv quduqlarida grunt suvlari sathi, harorati va minerallashuvini real vaqt rejimida kuzatuvchi avtomatlashtirilgan telemetrik tizimlarni bosqichma-bosqich tatbiq etish.

Kollektor-drenaj tarmoqlarini rekonstruksiya qilish: Sug‘oriladigan hududlarda drenaj tizimlarining muhandislik FIKini oshirish hamda suvni tejovchi (tomchilatib, tomchilatib-ostdan) sug‘orish texnologiyalarini kengaytirish orqali grunt suvlari sathining kritik ko‘rsatkichga ko‘tarilishini cheklash.

Agrokimyoviy yuklamani me’yorlashtirish: Tuproq va yer osti suvlarini nitrat va boshqa kimyoviy birikmalar bilan ifloslanishining oldini olish maqsadida mineral o‘g‘itlarni ilmiy asoslangan differensial me’yorlarda qo‘llash.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Николаев В.А. Гидрогеологический очерк

правобережья Зарафшана // Материалы по гидрогеологии. Ташкент, 1926. Вып. 8. 118 с.

2. Султанходжаев А.Н., Ибрагимов Д.С., Джураев У.Д. Гидрогеологические особенности Зеравшанской долины. Ташкент: Фан, 1975. 99 с.

3. Сиддиков Х.С. Некоторые особенности формирования подземных вод Зарафшанского артезианского бассейна // Природопользование Юго-Западного Узбекистана. Сборник научных статей. Самарканд, 1989. С. 56–61.

4. Решеткина Н.М. Перспективы использования грунтовых вод долины р. Зарафшан // Вопросы сельского хозяйства Зарафшанского бассейна. Ташкент, 1957. С. 44–49.

5. Шульц В.Л., Машрапов Р. Ўрта Осиё гидрографияси. Тошкент: Ўқитувчи, 1969. 328 б.

6. Ҳикматов Ф.Ҳ., Ҳайдаров С.А., Ярашев Қ.С. ва бошқалар. Зарафшон дарёси ҳавзасининг гидрометеорологик шароити ва сув ресурслари. Монография. Тошкент: Fan va texnologiya, 2016. 276 б.

7. Yarashev K.S., Ulugmurodov E.B., Norboyeva M.O. Changes in mineralization and hardness of ground waters in the middle Zarafshan oasis // Вестник Ошского Государственного Университета. Ош, 2022. P. 217–223.

8. O'zbekiston Respublikasi Suv qonunchiligi va suv resurslarini boshqarish me'yoriy hujjatlari.

9. O'zDSt 950:2011. Ichimlik suvi. Gigiyenik talablar va sifatni nazorat qilish. – Toshkent: O'zstandart, 2011.

UDK 551.577.38:004.9(584.4)

GAT TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA ZARAFSHON HAVZASIDA QURG'OQCHILIK DARAJASINI BAHOLASH VA KARTALASHTIRISH

Ravshanov Aliqul Xudoyberdiyevich - *Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti dotsenti.*

Jurayev Jamshid Sunatilloyevich- *Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti assistenti PhD.*

Sharipova Mehribon Zafar qizi - *Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti tayanch doktoranti.*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada Zarafshon havzasida qurg'oqchilik darajasini geografik axborot tizimlari (GAT) va masofadan zondlash texnologiyalari asosida baholash hamda kartalashtirish masalalari tadqiq etilgan. Tadqiqotda qurg'oqchilikning hududiy va vaqt bo'yicha o'zgarishini aniqlash maqsadida masofadan zondlash ma'lumotlari hamda geofazoviy tahlil usullaridan foydalanildi. Zarafshon havzasida qurg'oqchilik darajasining hududlar bo'yicha farqlanishini aniqlash, qurg'oqchilikka ta'sirchan hududlarni ajratish va ularning dinamikasini baholash imkonini beradi.*

Kalit so‘zlar: *Zarafshon havzasi, qurg‘oqchilik, GAT, masofadan zondlash, TVDI, kartalashtirish, cho‘llanish.*

Kirish. Qurg‘oqchilik atrof-muhitga salbiy ta’sir ko‘rsatuvchi asosiy omillardan biri sifatida e’tirof etiladi. Qurg‘oqchilik natijasida ekinzorlar va yaylovlarning qayta tiklanmaydigan darajada degradatsiyaga uchrashi, ya’ni cho‘llanish jarayonining rivojlanishiga olib kelishi mumkin. Qurg‘oqchilik iqlimning tabiiy va davriy ravishda takrorlanib turuvchi hodisasi bo‘lib, deyarli barcha iqlim mintaqalarda kuzatiladi. Qurg‘oqchilik atmosfera yog‘inlar miqdori yuqori bo‘lgan mintaqalarda ham, yog‘in miqdori kam bo‘lgan hududlarda ham yuzaga kelishi mumkin. Qurg‘oqchilik dunyoning quruq hududlarida yog‘in rejimining takroran kuzatiladigan xususiyati bo‘lib, mavjud suv resurslarining o‘rtacha ko‘p yillik miqdordan kam bo‘lishini anglatadi. Bunda o‘rtacha qiymat bir necha yillik kuzatuvlar qatori asosida hisoblangan arifmetik o‘rtacha orqali aniqlanadi. Qurg‘oqchilik yog‘in miqdorining o‘rtacha ko‘p yillik qiymatdan kamayishi, daryo oqimining o‘rtacha ko‘p yillik qiymatdan kamayishi, yer osti suv resurslarining kamayishi yoki zaxiralarining tugab borishi (FAO) kabi ko‘rinishlarda namoyon bo‘lishi mumkin.

Asosiy qism. Biz tadqiqotimizda Zarafshon havzasi qurg‘oqchilik xaritasini yaratish uchun Landsat sun’iy yo‘ldoshining tasvirlaridan foydalandek. 1990, 2000, 2010, 2020 va 2025 yillar tanlab olindi, 1990, 2000 va 2010 yillar uchun Landsat 5, 2020-yil uchun Landsat 8, 2025 yil uchun esa Landsat 8 va Landsat 9 tasvirlaridan foydalanildi. Har bir yil uchun iyul va avgust oylari tanlab olindi, chunki bu paytda o‘simlik bilan qoplangan va ochiq yer yuzalari orasidagi farq eng aniq ko‘rinadi. Ushbu ma’lumotlarda yer yuzasi harorati qiymatlarini aniqlash bilan bog‘liq noaniqliklar oldini olish maqsadida bulut, bulut soyasi, qor va suv yuzasi olib tashlandi. Tadqiqotda qurg‘oqchilik indekslarini aniqlash uchun harorat–vegetatsiya qurg‘oqchilik indeksi (TVDI — Temperature Vegetation Dryness Index) qo‘llanildi.

Masofadan zondlash asosida ishlab chiqilgan qurg‘oqchilik indekslari sohasidagi muhim yutuqlardan biri — harorat–vegetatsiya quruqchilik indeksi (TVDI) bo‘lib, u yer yuzasining namlik holatini chuqurroq tushunishda ilmiy yondashuv hisoblanadi.

TVDI (Harorat Vegetatsiya Qurg‘oqchilik Indeksi) — bu yer yuzasi harorati (LST) va o‘simlik indeksi (NDVI) yordamida tuproq namligini va qurg‘oqchilikni baholaydigan masofadan zondlash indeksidir. U 0 dan 1 gacha qiymatga ega bo‘lib, qiymat oshgani sayin qurg‘oqchilik kuchayishini ko‘rsatadi.

TVDI ikkita oddiy kuzatuvga asoslanadi. Birinchisi: nam tuproqdan suv bug‘lanadi, bug‘lanish esa yer yuzasini sovutadi. Tuproq quruq bo‘lsa, bug‘lanadigan

suv qolmaydi va yer yuzasi qizib ketadi. Demak, yer yuzasi qancha issiq bo‘lsa, tuproq shuncha quruq. Ikkinchisi: harorat faqat namlikka emas, o‘simlik qoplamiga ham bog‘liq. Yalang‘och yer o‘simlikli yerdan doim issiqroq bo‘ladi. Shuning uchun bir pikselni butun hudud bilan emas, aynan o‘ziga o‘xshash shu darajada o‘simlikka ega piksellar bilan solishtirish kerak.

TVDI quyidagi formula asosida hisoblanadi:

$$TVDI = \frac{LST - LSTmin}{LSTmax - LSTmin}$$

Bunda pikselning harorati nam chegaradan qancha yuqori ekanini olamiz va uni quruq bilan nam chegara orasidagi butun masofaga bo‘lamiz. Bu yerda LST_{max} va LST_{min} har bir piksel uchun alohida hisoblanadi, yuqoridagi tenglamalarga aynan o‘sha pikselning NDVI qiymati qo‘yiladi. Agar piksel nam chegarada tursa, natija 0 ga, quruq chegarada bo‘lsa 1 teng bo‘ladi. Qolgan barcha piksellar shu oraliqdagi qiymatlarni oladi. Chegaralardan tashqaridagi ayrim piksellar natija 0 dan kichik yoki 1 dan katta bo‘lsa, mos ravishda 0 va 1 ga tenglashtirildi.

quruq chegara: $LSTmax=a_1 +b_1 \cdot NDVI$,

nam chegara: $LST_{min}=a_2+b_2 \cdot NDVI$

Quruq va nam chegaralarni topish uchun avval barcha piksellarning NDVI va LST qiymatlari bitta grafikka joylashtiriladi. Grafikda nuqtalar uchburchakka o‘xshash shakl hosil qiladi. Uning yuqori qirrasi quruq chekka deb ataladi bu eng issiq, ya’ni eng quruq piksellar. Pastki qirrasi esa nam chegara - eng salqin, ya’ni suv bilan yaxshi ta’minlangan piksellar hisoblanadi. Quruq chegara pasayib borishi kerak, ya’ni b_1 manfiy chiqishi shart. Buning sababi oddiy bo‘lib o‘simlik ko‘p bo‘lgan joyda hatto eng quruq yer ham biroz salqinroq bo‘ladi. Chegaralar besh yillik ma’lumotlari birga qo‘shilgan holda hisoblandi. Agar har bir yil uchun alohida hisoblansa, har yilning o‘z shkalasi paydo bo‘ladi va yillarni bir-biri bilan solishtirib bo‘lmaydi.

Hisoblangan TVDI qiymatlari qurg‘oqchilik darajasi bo‘yicha sinflarga ajratildi. Barcha yillar uchun bir xil chegaralar qo‘llanildi. Shu sababli 1990-yildan 2025-yilgacha bo‘lgan davrda qurg‘oqchilik maydonlari qanday o‘zgarganini bevosita taqqoslash va har bir hudud bo‘yicha maydonlarni hisoblash mumkin.

Tadqiqotning mazkur bosqichida, Zarafshon havzasining qurg‘oqchilik darajasi baholash maqsadida qurg‘oqchilik qiymatlari juda nam, nam, normal, quruq, kuchli quruq, ekstremal kabi oltita sinfga ajratilib tahlil qilindi (1-jadval).

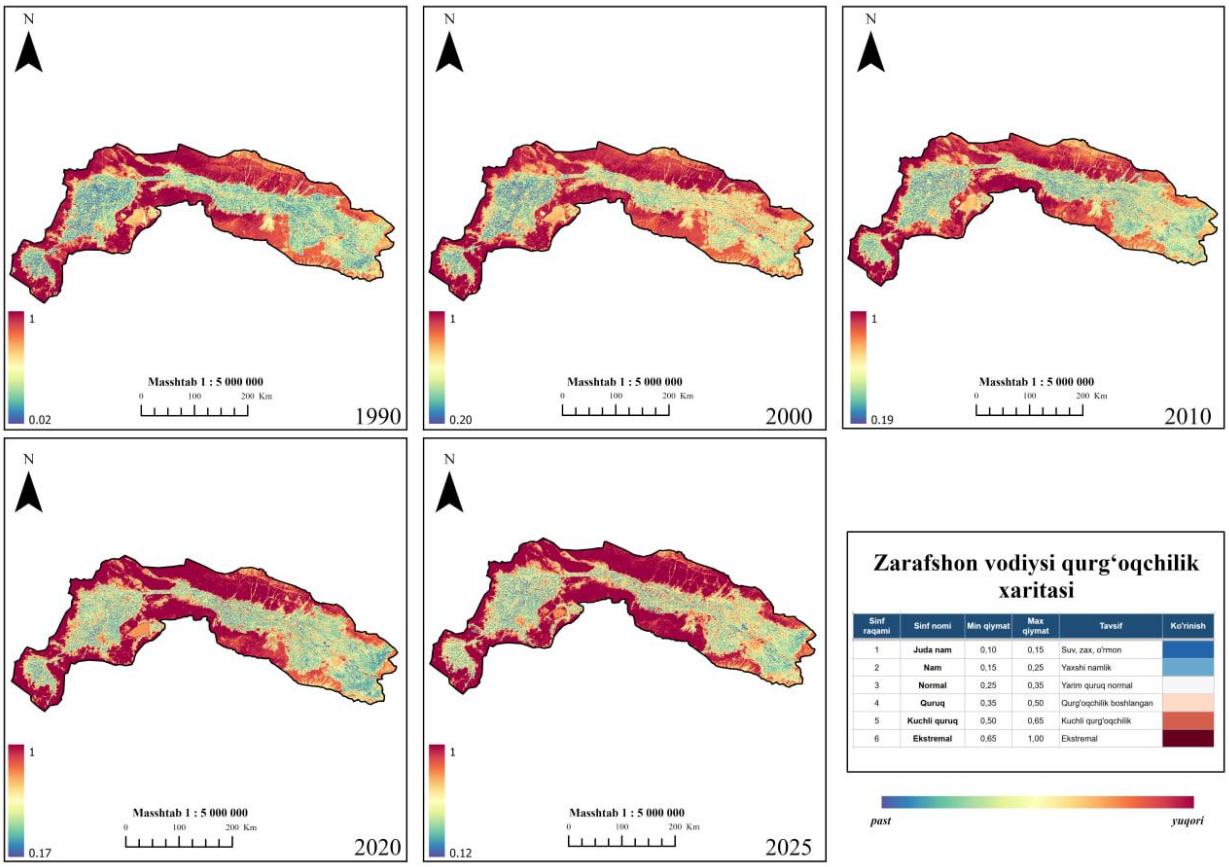
1-jadval

Zarafshon havzasi qurg‘oqchilik darajasi qiymatlar sinfi

Sinf	Sinf nomi	Minimal qiymat	Maksimal qiymat	Tavsif
1	Juda nam	0.10	0.15	Suv, zax, o‘rmon

2	Nam	0.15	0.25	Yaxshi namlik
3	Normal	0.25	0.35	Yarim quruq normal
4	Quruq	0.35	0.50	Qurg‘oqchilik boshlangan
5	Kuchli quruq	0.50	0.65	Kuchli qurg‘oqchilik
6	Ekstremal	0.65	1.00	Ekstremal

Zarafshon havzasi qurg‘oqchilik xaritalarining qiyosiy tahlili quydagicha. Zarafshon vodiysida qurg‘oqchilik holati 1990-2025 yillar davomida hududiy va vaqt bo‘yicha sezilarli darajada o‘zgaruvchanligini ko‘rsatadi. Tadqiqot davrining dastlabki bosqichlarida, xususan, 1990-2010 yillarda, havzaning markaziy qismidagi Samarqand botig‘i hamda Zarafshon daryosining quyi qismida joylashgan Buxoro va Qorako‘l vohalarining sug‘oriladigan mintaqalarida 0.15 dan 0.35 gacha bo‘lgan nam va normal sinflarni ifodalovchi qiymatlar nisbatan keng tarqalganligi kuzatiladi. Shuningdek, havzaning shimoliy va janubi qismlaridagi to‘g‘ va tog‘oldi hududlarida hamda Buxoro va Qorako‘l vohalarining atrofidagi cho‘l yaylovlarida quruq, kuchli qurg‘oqchilik va ekstremal sinflarni ifodolavchi 0.35 dan 1.00 gacha qiymatlar bilan band hisoblanadi. 2020-2025 yillarda yuqori darajadagi qurg‘oqchilikni ifodalovchi 0.35 va 1.00 qiymatlardagi quruq, kuchli qurg‘oqchilik va ekstremal sinflar maydoni keskin ko‘paygan, bu qurg‘oqchilik intensivligining kuchayish tendensiyasini aks ettiradi. Ekstremal sinfga mansub 1.00 qiymatdagi mintaqalar, 2025-yilda, ayniqsa, havzaning sug‘oriladigan maydonlarning atrofida jiddiy o‘sish kuzatilgan.



1-Rasm. Zarafshon havzasi qurg‘oqchilik xaritasi 1990-2025 yillar

O‘rganilayotgan davr mobaynida, Zarafshon havzasida ekstremal qurg‘oqchilik zonalari muntazam ravishda oshib borishi, iqlim o‘zgarishi, suv resurslaridan noto‘g‘ri foydalanish, yaylovlardan me’yordan ortiq foydalanish, yer degradatsiyasi, urbanizatsiya va boshqa tabiiy hamda antropogen omillar bilan bog‘liq hisoblanadi. Shuningdek, havzaning vegetatsiya qoplami zich qishloq xo‘jaligi ekinlari bilan band maydonlari bo‘ylab 0.15 dan 0.35 gacha nam va normal sinflarni ifodalovchi qiymatlar saqlanib qolgan. Bu mintaqaning suv bilan ta’minlanganligi, yer qoplamining xususiyatlari qurg‘oqchilikning hududiy taqsimotiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini tavsiflaydi. So‘nggi yillarda havza bo‘ylab qurg‘oqchilikning ortib borishi hududda cho‘llanish jarayonlarining jadallashuvini belgilovchi omillardan biri sifatida baholanadi.

Xulosa. Tadqiqotda Zarafshon havzasida qurg‘oqchilik darajasining hududiy tarqalishini aniqlashda GAT texnologiyalari hamda masofadan zondlash ma’lumotlaridan foydalanish samarali vosita ekanligini tasdiqladi. TVDI indeksining yuqori qiymatlari hududda namlik tanqisligi va qurg‘oqchilik sharoitlarining kuchayganligini ifodalovchi muhim ko‘rsatkich sifatida baholandi. GAT va masofadan zondlash texnologiyalaridan foydalanish Zarafshon havzasida qurg‘oqchilikni monitoring qilish, uning hududiy

tarqalishini baholash va kartalashtirish uchun samarali ilmiy-metodik asos bo‘lib xizmat qiladi. Tadqiqot natijalaridan suv va yer resurslarini boshqarish, qishloq xo‘jaligi hududlarida qurg‘oqchilik xavfini baholash, ekologik monitoringni takomillashtirish hamda qurg‘oqchilik oqibatlarini kamaytirishga qaratilgan chora-tadbirlarni rejalashtirishda foydalanish mumkin.

Adabiyotlar ro‘yxati

1. Belal Abdel-Aziz, et al. Drought risk assessment using remote sensing and GIS techniques. Arabian Journal of Geosciences 7.1 (2014): 35-53.
2. Chang Tiao J., and Xenia A. Kleopa. A proposed method for drought monitoring 1. Jawra Journal of the American Water Resources Association 27.2 (1991): 275-281.
3. Ghulam Abduwasit, et al. Modified perpendicular drought index (MPDI): a real-time drought monitoring method. ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing 62.2 (2007): 150-164.
4. Gulmuratova Sevara. O ‘zbekiston qishloq xo'jaligiga iqlim o ‘zgarishining ta’siri va moslashuv strategiyalar. Integration of education and science: global challenges and solutions 1, no. 1 (2025): 424-427.
5. Hao Zengchao, et al. An overview of drought monitoring and prediction systems at regional and global scales." Bulletin of the American Meteorological Society 98.9 (2017): 1879-1896.
6. Ochilov Z. A., M. A. Juraev, and O. H. Amirov. Qurg ‘oqchilikka chidamli bo ‘lgan yumshoq bug ‘doyning nav va tizmalari. Portugal-scientific review of the problems and prospects of modern science and education 1.16 (2026): 4-7.
7. Patel Rinali, and Anant Patel. Evaluating the impact of climate change on drought risk in semi-arid region using GIS technique. Results in Engineering 21 (2024): 101957.
8. Soxibjan Yunusovich, Mo‘minov, and Asadbek Umidbekovich Sobirov. GAT va mashinaviy o ‘rganish usullari asosida Orolbo ‘yi hududida qurg ‘oqchilik riskini baholash. Conferences. Vol. 2. No. 3. 2026.
9. Zare M., Hobart M., & Schirrmann, M. (2026). Assessing agricultural drought risk under CMIP6 scenarios using hybrid AI models and satellite-derived TVDI. npj Natural Hazards, 3(1), 42.

UDK: 528.9:004.6:551.4(584.4)

GIS texnologiyalari va raqamli relyef modeli asosida Andijon viloyati hududini muhandislik-geomorfologik xaritalash

t.f.f.d. Egamberdiyeva Shaxnoza Abdurashidovna -*Andijon davlat texnika instituti "Gidrotexnika va gidroenergetika" kafedrasi,*
EMAIL:egamberdiyevashaxnoza85@gmail.com

ANNOTATSIYA

Maqolada GIS texnologiyalari va Copernicus DEM GLO-30 ma'lumotlari asosida Andijon viloyati hududini muhandislik-geomorfologik xaritalash metodikasi ishlab chiqilgan. Tadqiqotda mutlaq balandlik, qiyalik burchagi, yonbag'ir ekspozitsiyasi, relyef egriligi, vertikal parchalanish va drenaj zichligini ifodalovchi morfometrik qatlamlar shakllantirilgan. Ko'rsatkichlar standartlashtirilib, ularning hududning muhandislik jihatdan o'zlashtirilishiga ta'sirini hisobga oluvchi vazn koeffitsiyentlari asosida integrallashtirilgan. Natijada hududlar muhandislik nuqtayi nazaridan qulay, o'rtacha qulay, cheklangan qulay, murakkab va noqulay sinflarga ajratilgan. Taklif etilgan yondashuv relyef sharoitlarining fazoviy farqlanishini miqdoriy baholash hamda gidrotexnika inshootlari, irrigatsiya tarmoqlari va boshqa muhandislik obyektlarini joylashtirishda dastlabki hududiy qarorlarni asoslash imkonini beradi. Tadqiqot natijalari mintaqaviy rejalashtirish va muhandislik izlanishlarini tashkil etish uchun amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: GIS, raqamli relyef modeli, Copernicus DEM, muhandislik geomorfologiyasi, morfometrik tahlil, qiyalik, relyef egriligi, drenaj zichligi, hududiy rayonlashtirish, Andijon viloyati.

АННОТАЦИЯ

В статье разработана методика инженерно-геоморфологического картографирования территории Андижанской области на основе ГИС-технологий и данных Copernicus DEM GLO-30. В ходе исследования сформированы морфометрические слои, характеризующие абсолютную высоту, крутизну и экспозицию склонов, кривизну рельефа, вертикальную расчленённость и плотность дренажной сети. Показатели стандартизированы и интегрированы с применением весовых коэффициентов, учитывающих их влияние на инженерное освоение территории. В результате территория разделена на благоприятные, умеренно благоприятные, ограниченно благоприятные, сложные и неблагоприятные классы. Предложенный подход позволяет количественно оценивать пространственную дифференциацию рельефных условий и обосновывать предварительные решения по размещению гидротехнических сооружений, ирригационных сетей и других инженерных объектов. Полученные результаты имеют практическое

значение для регионального планирования и организации инженерных изысканий.

Ключевые слова: ГИС, цифровая модель рельефа, Copernicus DEM, инженерная геоморфология, морфометрический анализ, крутизна склонов, кривизна рельефа, плотность дренажной сети, территориальное районирование, Андижанская область.

ABSTRACT

This article develops a methodology for engineering-geomorphological mapping of the Andijan Region using GIS technologies and Copernicus DEM GLO-30 data. Morphometric layers representing absolute elevation, slope gradient, slope aspect, terrain curvature, vertical dissection, and drainage density were generated. The indicators were standardized and integrated through weighting coefficients reflecting their influence on the engineering suitability of the territory. The resulting classification distinguishes favorable, moderately favorable, conditionally favorable, complex, and unfavorable zones. The proposed approach enables quantitative assessment of the spatial differentiation of terrain conditions and supports preliminary decisions concerning the location of hydraulic structures, irrigation networks, and other engineering facilities. The findings have practical significance for regional planning, preliminary site assessment, and the organization of engineering surveys within the study area.

Keywords: GIS, digital elevation model, Copernicus DEM, engineering geomorphology, morphometric analysis, slope gradient, terrain curvature, drainage density, spatial zoning, Andijan Region.

1. KIRISH

Hududlardan oqilona foydalanish, yangi qurilish maydonlarini tanlash, gidrotexnika inshootlari va irrigatsiya tarmoqlarini loyihalash jarayonida relyefning morfologik hamda morfometrik xususiyatlarini to‘g‘ri baholash muhim ilmiy-amaliy vazifalardan hisoblanadi. Relyef hududning geologik rivojlanishi, yer usti oqimining shakllanishi, eroziya va akkumulyatsiya jarayonlari, gruntlarning namlanishi, yonbag‘irlarning barqarorligi hamda muhandislik inshootlariga ta’sir etuvchi boshqa tabiiy omillar bilan bevosita bog‘liq. Shu sababli muhandislik izlanishlarida relyef faqat yer yuzasining tashqi shakli sifatida emas, balki hududning geodinamik holati va muhandislik jihatdan o‘zlashtirilish darajasini belgilovchi kompleks omil sifatida o‘rganilishi zarur.

An’anaviy geomorfologik tadqiqotlarda relyef shakllari topografik xaritalar, dala kuzatuvlari, geologik kesmalar va aerofotosuratlar asosida tavsiflangan. Mazkur usullar muayyan maydon to‘g‘risida batafsil ma’lumot olish imkonini bersa-da, katta hududlarda ko‘p vaqt va mehnat talab qiladi. Bundan tashqari, qiyalik, ekspozitsiya, relyef

egriligi, vertikal parchalanish va drenaj tarmog‘i zichligi kabi ko‘rsatkichlarni an’anaviy usulda uzluksiz fazoviy maydon ko‘rinishida hisoblash murakkab. Raqamli relyef modellari va geografik axborot tizimlarining rivojlanishi ushbu masalalarni sifat jihatdan yangi bosqichga olib chiqdi. Raqamli relyef modeli yer yuzasi balandliklarining georeferensiyalangan muntazam to‘ri bo‘lib, uning asosida relyefning birlamchi va ikkilamchi morfometrik parametrlarini avtomatik aniqlash mumkin (Guth et al., 2021).

GIS texnologiyalari turli manbalardan olingan fazoviy ma’lumotlarni yagona koordinatalar tizimida jamlash, qayta ishlash, tasniflash va kartografik tasvirlash imkonini beradi. Muhandislik-geomorfologik tadqiqotlarda GIS vositalari yordamida mutlaq va nisbiy balandlik, yonbag‘ir qiyaligi, ekspozitsiya, profil va plan egriligi, oqim yo‘nalishi, suv yig‘ilish maydoni, eroziya bazisi chuqurligi hamda relyefning parchalanish darajasi aniqlanadi. Ushbu ko‘rsatkichlarni geologik tuzilish, gidrografik tarmoq, yer qoplami va mavjud muhandislik obyektlari bilan birgalikda tahlil qilish hududning muhandislik sharoitlarini kompleks baholash imkonini beradi. Muhandislik-geologik xaritalashda GISdan foydalanish hududiy ma’lumotlarning o‘zaro bog‘liqligini aniqlash va loyiha qarorlarini geologik-geotexnik jihatdan asoslash samaradorligini oshiradi (Chaminé & Fernandes, 2023).

Andijon viloyati hududi relyef tuzilishining murakkabligi va antropogen o‘zlashtirilish darajasining yuqoriligi bilan ajralib turadi. Viloyatning asosiy qismi Farg‘ona vodiysining tekislik hududlarida joylashgan bo‘lsa, sharqiy va janubi-sharqiy qismlarida adirlar hamda tog‘oldi relyef shakllari rivojlangan. Balandlik va qiyalikning qisqa masofalarda o‘zgarishi yer usti oqimining hududiy taqsimlanishiga, eroziya jarayonlarining jadalligiga, sug‘orish tarmoqlarining ishlash sharoitiga va muhandislik obyektlarini joylashtirish imkoniyatlariga ta’sir ko‘rsatadi. Tekisliklarda sug‘orish va drenaj tizimlari bilan bog‘liq antropogen o‘zgarishlar ustun bo‘lsa, adir va tog‘oldi hududlarida yonbag‘ir yuvilishi, jarlanish hamda mahalliy gravitatsion jarayonlarning rivojlanish ehtimoli ortadi. Shu bois viloyat hududini faqat ma’muriy yoki umumiy geografik belgilar asosida emas, balki miqdoriy morfometrik ko‘rsatkichlar bo‘yicha rayonlashtirish zarur.

Andijon viloyatida aholi punktlari, sanoat obyektlari, avtomobil yo‘llari, magistral va xo‘jaliklararo kanallar hamda boshqa infratuzilma elementlarining keng rivojlanganligi muhandislik-geomorfologik baholashning amaliy ahamiyatini yanada oshiradi. Yer qoplamining vaqt davomida o‘zgarishi hududning tabiiy relyef sharoitlariga antropogen bosim kuchayayotganini ko‘rsatadi (Isayev, 2023). Bundan tashqari, Farg‘ona vodiysining seysmik faol

hududlardan biri ekanligi grunt sharoiti, relyef holati va qurilish obyektlarining fazoviy joylashuvini o‘zaro bog‘liq holda o‘rganishni talab qiladi. O‘zbekiston hududida bajarilgan mintaqaviy seysmik xavf tadqiqotlari mahalliy grunt sharoitlari va geologik muhit xususiyatlarini hisobga olish zarurligini ko‘rsatgan (Ismailov, 2024). Bunday sharoitda relyefning qiyaligi, parchalanishi va geomorfologik holati hududlarning muhandislik barqarorligini baholashda muhim boshlang‘ich ko‘rsatkich vazifasini bajaradi.

MATERIALLAR VA METODLAR

Tadqiqot hududi va dastlabki ma’lumotlar. Tadqiqot hududi sifatida Farg‘ona vodiysining sharqiy qismida joylashgan Andijon viloyati tanlandi. Maydoni taxminan 4,3 ming km² bo‘lgan viloyat relyefida g‘arbiy va markaziy tekisliklar, sharqiy hamda janubi-sharqiy qismlarda esa adir va tog‘oldi shakllari ajralib turadi. Ushbu morfologik farqlanish qiyalik, yer usti oqimi, eroziya jarayonlari va muhandislik obyektlarini joylashtirish sharoitlarining hududiy o‘zgarishiga sabab bo‘ladi.

Relyef haqidagi asosiy ma’lumot sifatida taxminan 30 m fazoviy aniqlikka ega **Copernicus DEM GLO-30** raqamli sirt modelidan foydalanildi. Mazkur model yer yuzasi bilan bir qatorda ayrim bino va o‘simliklarning yuqori qismini ham aks ettirishi sababli zich qurilgan hududlardagi lokal balandlik anomaliyalari hisoblash jarayonida tekshirildi. Viloyatning vektor chegarasi DEMni kesish va tumanlar kesimida statistik hisoblash uchun qo‘llanildi. Gidrografik tarmoq va Sentinel-2 tasvirlaridan esa DEM asosida olingan natijalarni fazoviy tekshirishda foydalanildi.

Raster ma’lumotlar masofa va maydonlarni metrik birliklarda hisoblash imkonini beruvchi **WGS 84/UTM Zone 43N** koordinatalar tizimiga o‘tkazildi. DEMdagi lokal bo‘shliqlar va sun’iy botiqlar bartaraf etilib, gidrologik jihatdan uzluksiz raqamli model shakllantirildi. Barcha hosilaviy raster qatlamlar 30 m o‘lchamdagi bir xil fazoviy to‘rda hisoblandi.

Morfometrik tahlil. Andijon viloyati relyefini tavsiflash uchun mutlaq balandlik, yonbag‘ir qiyaligi, ekspozitsiya, relyef egriligi, mahalliy vertikal parchalanish, drenaj zichligi va topografik namlanish indeksi hisoblandi. Mutlaq balandlik va ekspozitsiya hududning geomorfologik tuzilishini sharhlashda yordamchi ko‘rsatkich sifatida ishlatildi. Integral baholashga esa muhandislik murakkabligiga bevosita ta’sir qiluvchi beshta mezon — qiyalik, vertikal parchalanish, egrilik, drenaj zichligi va topografik namlanish indeksi kiritildi.

Yonbag‘ir qiyaligi balandlikning gorizontal yo‘nalishlardagi o‘zgarishi asosida aniqlandi:

$$S = \arctan\left[\sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2}\right]\frac{180}{\pi},$$

bu yerda S— qiyalik burchagi, gradus; z — mutlaq balandlik, m; x va y — gorizontal koordinatalar.

Qiyalik muhandislik obyektlarini joylashtirish, yer ishlari hajmi, yonbag‘ir barqarorligi va sirt oqimining tezligiga ta’sir qiluvchi asosiy morfometrik mezon sifatida qabul qilindi. Qiyalik 0–3°, 3–7°, 7–15°, 15–25° va 25° dan katta sinflarga ajratildi.

Mahalliy vertikal parchalanish taxminan 1×11\times1 km o‘lchamdagi harakatlanuvchi oynada eng katta va eng kichik balandliklar farqi orqali hisoblandi:

$$R_v = Z_{\max} - Z_{\min},$$

bu yerda R_v — mahalliy vertikal parchalanish, m; Z_{max} va Z_{min}— hisoblash oynasidagi eng katta va eng kichik balandliklar. Ko‘rsatkichning ortishi relyef kontrasti va yer ishlarining murakkablashishini bildiradi.

Profil va plan egriligi sirt oqimining tezlashishi, sekinlashishi, yig‘ilishi yoki tarqalishini tavsiflash uchun hisoblandi. Integral baholashda ularning mutlaq qiymatlari yig‘indisidan foydalanildi:

$$K = |K_{\text{profil}}| + |K_{\text{plan}}|.$$

Drenaj tarmog‘i gidrologik jihatdan to‘g‘rilangan DEM asosida D8 oqim modeli yordamida ajratildi. Oqim to‘planishi 1000 raster katagidan oshgan yo‘nalishlar boshlang‘ich tabiiy oqim yo‘llari sifatida qabul qilindi. Drenaj zichligi oqim yo‘llarining umumiy uzunligini hisoblash maydoniga bo‘lish orqali aniqlandi:

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A}$$

bu yerda D_d— drenaj zichligi, km/km²; L_i— oqim yo‘llarining uzunligi, km; A— hisoblash maydoni, km². Sun’iy kanallar va kollektorlar tabiiy drenaj tarmog‘idan alohida ko‘rib chiqildi.

1-jadval.

Integral baholashda qo‘llanilgan mezonlar

Mezon	Muhandislik mazmuni	Vazn
Qiyalik	Yer ishlari, sirt oqimi va yonbag‘ir barqarorligi	0,35

Vertikal parchalanish	Relyef kontrasti va hududni rejalashtirish murakkabligi	0,18
Drenaj zichligi	Relyefning parchalanishi va eroziya faolligi	0,18
Topografik namlanish indeksi	Suv to‘planishiga topografik moyillik	0,18
Relyef egriligi	Oqimning yig‘ilishi, tarqalishi va yuzaning notekisligi	0,11
Jami		**1,00**

Relyefga bog‘liq potensial namlanish sharoiti topografik namlanish indeksi orqali baholandi:

$$TWI = \ln\left(\frac{a}{\tan S}\right)$$

bu yerda aa — kontur uzunligi birligiga to‘g‘ri keluvchi yuqori oqim yig‘ilish maydoni; S— qiyalik burchagi, radian. TWI qiymatining kattalashishi suv to‘planish ehtimolining ortishini bildiradi. Mazkur indeks grunt suvlarining haqiqiy chuqurligini emas, relyefga bog‘liq namlanish moyilligini ifodalaydi.

Integral baholash va rayonlashtirish. Turli o‘lchov birliklariga ega morfometrik ko‘rsatkichlar 1 dan 5 gacha bo‘lgan yagona shkalaga standartlashtirildi. Bunda 1 ball relyef bilan bog‘liq murakkablikning eng past, 5 ball esa eng yuqori darajasini ifodaladi. Ekstremal qiymatlarning ta’sirini kamaytirish uchun standartlashtirish 2 va 98-persentillar oralig‘ida amalga oshirildi

:

$$r_i = 1 + 4 \cdot \mathrm{clip}\left(\frac{x_i - P_{2,i}}{P_{98,i} - P_{2,i}}, 0, 1\right).$$

Mezonlarning vaznlari ularning relyef bilan bog‘liq muhandislik murakkabligiga nisbiy ta’sirini hisobga olgan holda analitik ierarxiya usuli orqali belgilandi. Juft taqqoslash matritsasining muvofiqlik nisbati CR<0,10CR shartiga ko‘ra tekshirildi. Standartlashtirilgan qatlamlar vaznli chiziqli kombinatsiya yordamida birlashtirildi:

$$I_{MG} = 0,35R_S + 0,18R_V + 0,18R_D + 0,18R_T + 0,11R_K$$

bu yerda I_{MG}— relyefga bog‘liq integral muhandislik-geomorfologik murakkablik indeksi; R_S, R_V, R_D, R_T va R_K— mos

ravishda qiyalik, vertikal parchalanish, drenaj zichligi, topografik namlanish va egrilikning standartlashtirilgan qiymatlari.

Integral indeks asosida hududlar beshta sinfga ajratildi:

- 1,00–1,80 — juda past murakkablik;
- 1,81–2,60 — past murakkablik;
- 2,61–3,40 — o‘rtacha murakkablik;
- 3,41–4,20 — yuqori murakkablik;
- 4,21–5,00 — juda yuqori murakkablik.

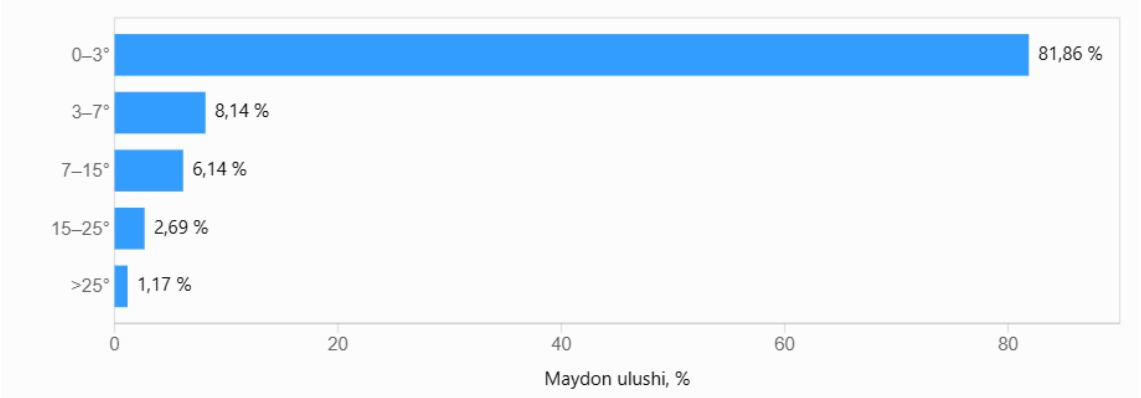
Modelning barqarorligini tekshirish uchun mezonlarning vaznlari ±10% diapazonda o‘zgartirilib, hosil bo‘lgan zonalar asosiy rayonlashtirish natijalari bilan solishtirildi. Morfometrik qatlamlar va yakuniy zonalarning fazoviy mosligi mavjud gidrografik ma’lumotlar, Sentinel-2 tasvirlari hamda topografik materiallar asosida tekshirildi.

NATIJALAR.

Relyefning gipsometrik va qiyalik xususiyatlari.

Copernicus DEM GLO-30 ma’lumotlarini qayta ishlash natijasida Andijon viloyatining raster bo‘yicha hisoblangan maydoni 4311,4 km² ni tashkil etdi. Hududning mutlaq balandligi 386,0 m dan 1538,4 m gacha o‘zgarib, o‘rtacha balandlik 569,6 m, mediana qiymati esa 524,5 m ga teng bo‘ldi. O‘rtacha qiymatning medianadan yuqoriligi viloyatning asosiy qismini past balandlikdagi tekisliklar egallashi, sharqiy va janubi-sharqiy qismlarida esa nisbatan baland adir hamda tog‘oldi hududlari mavjudligi bilan izohlanadi.

Yonbag‘ir qiyaligi 0–67,4° oralig‘ida o‘zgarib, o‘rtacha qiymati 2,54°, mediana qiymati 0,77° ni tashkil etdi. Qiyaligi 0–3° bo‘lgan tekis va deyarli tekis maydonlar 3529,3 km² yoki viloyat hududining 81,86 foizini egalladi. Qiyaligi 3–7° bo‘lgan yotiq yuzalar 350,8 km², 7–15° bo‘lgan o‘rtacha qiya hududlar 264,9 km² ni tashkil etdi. 15° dan katta qiyaliklar jami 166,4 km² yoki hududning 3,86 foizida aniqlandi.



1-rasm. Andijon viloyatida qiyalik sinflarining maydon ulushi.

Qiyaliklar taqsimoti viloyat relyefida tekisliklar ustunligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, 7°7^\circ dan katta qiyaliklar egallagan 431,3 km² maydon muhandislik obyektlarini joylashtirishda batafsil relyef va yonbag‘ir barqarorligi tahlilini talab qiladigan hudud sifatida ajralib turadi.

Morfometrik ko‘rsatkichlarning statistik tavsifi. Mahalliy vertikal parchalanishning o‘rtacha qiymati 33,2 m, mediana qiymati 11,8 m ni tashkil etdi. Ko‘rsatkichning 2 va 98-persentillari mos ravishda 3,0 va 226,7 m ga teng bo‘ldi. Mediana qiymatining o‘rtacha qiymatdan sezilarli darajada kichikligi past darajada parchalangan tekisliklar hudud bo‘yicha ustun ekanini, yuqori parchalanish qiymatlari esa nisbatan kichik maydonlarda to‘planganini ko‘rsatadi.

DEM asosida ajratilgan oqim yo‘llari bo‘yicha hisoblangan drenaj zichligining o‘rtacha qiymati 1,15 km/km² ni tashkil etdi. Topografik namlanish indeksining o‘rtacha qiymati 9,35, mediana qiymati esa 9,04 ga teng bo‘ldi. TWI qiymatlari bo‘yicha 2–98-persentil oralig‘i 5,48–16,01 ni tashkil etib, tekis va oqim yig‘iladigan maydonlarda topografik namlanish moyilligi yuqoriligini ko‘rsatdi.

2-jadval.

Asosiy morfometrik ko‘rsatkichlarning statistik qiymatlari

Ko‘rsatkich	Minimum	Maksimum	O‘rtacha	Mediana
Mutlaq balandlik, m	386,0	1538,4	569,6	524,5
Qiyalik, gradus	0,0	67,4	2,54	0,77
Mahalliy vertikal parchalanish, m	—	—	33,2	11,8
Drenaj zichligi, km/km²	—	—	1,15	1,17
Topografik namlanish indeksi	—	—	9,35	9,04
Integral murakkablik indeksi	1,12	4,61	1,80	1,70

Muhandislik-geomorfologik rayonlashtirish. Qiyalik, mahalliy vertikal parchalanish, drenaj zichligi, topografik namlanish va relyef egriligi qatlamlarini integratsiyalash natijasida muhandislik-geomorfologik murakkablik indeksi 1,12–4,61 oralig‘ida o‘zgardi. Indeksning o‘rtacha qiymati 1,80, mediana qiymati 1,70 ni tashkil etdi.

3-jadval.

Relyefga bog‘liq muhandislik murakkabligi bo‘yicha rayonlashtirish

Murakkablik darajasi	Indeks oralig‘i	Maydon, km²	Ulushi, %
Juda past	1,00–1,80	2675,1	62,05
Past	1,81–2,60	1386,3	32,15
O‘rtacha	2,61–3,40	208,1	4,83
Yuqori	3,41–4,20	41,8	0,97
Juda yuqori	4,21–5,00	0,04	<0,01
Jami	—	**4311,4**	**100,00**

Juda past va past murakkablikdagi hududlar birgalikda viloyat maydonining 94,20 foizini tashkil etdi. Ushbu maydonlarda relyef bilan bog‘liq cheklovlar nisbatan kam bo‘lsa-da, yakuniy loyiha qarorlarida grunt tarkibi, yer osti suvlari va seysmik sharoitlar alohida baholanishi lozim.

O‘rtacha murakkablikdagi hududlar 208,1 km², yuqori va juda yuqori murakkablikdagi hududlar esa jami 41,85 km² maydonni egalladi. Mazkur zonalar katta qiyalik, kuchli vertikal parchalanish, yuqori drenaj zichligi yoki suv to‘planish moyilligining birgalikda namoyon bo‘lishi bilan tavsiflanadi. Shu sababli ular gidrotexnika va boshqa muhandislik obyektlarini joylashtirishda batafsil topografik hamda muhandislik-geologik izlanishlar o‘tkazilishi zarur bo‘lgan ustuvor maydonlar sifatida qaraladi.

MUHOKAMA.

Tadqiqot natijalari Andijon viloyati relyefida tekis va kam qiya maydonlar ustunligini ko‘rsatdi. Qiyaligi 0–3◦0–3^\circ bo‘lgan hududlarning 81,86 foizni tashkil etishi viloyatning asosiy qismi Farg‘ona vodiysining akkumulyativ tekisliklarida joylashganini miqdoriy jihatdan tasdiqlaydi. Biroq o‘rtacha balandlikning medianadan yuqori bo‘lishi va qiyalikning maksimal

qiymati 67,4∘67,4^\circ ga yetishi relyef tuzilishining bir xil emasligini koʻrsatadi. Katta qiyalik va vertikal parchalanish qiymatlari asosan adir hamda togʻoldi hududlariga toʻgʻri kelib, bu joylarda eroziya, yonbagʻir oqimi va gravitatsion jarayonlarning rivojlanish ehtimoli tekisliklarga nisbatan yuqori hisoblanadi.

Mahalliy vertikal parchalanishning oʻrtacha qiymati 33,2 m boʻlgan holda mediananing 11,8 m ni tashkil etishi koʻrsatkichlarning assimetrik taqsimlanganini bildiradi. Demak, viloyatning katta qismida relyef energiyasi past, kuchli parchalangan yuzalar esa nisbatan kichik maydonlarda toʻplangan. Oʻzbekiston hududining muhandislik-geologik sharoitlarini oʻrgangan Ismailov va boshqalar tekisliklarda allyuvial, lyossimon va qumoq yotqiziqlar, togʻoldi qismlarida esa eroziya, surilma va boshqa ekzogen jarayonlar rivojlanishini qayd etgan. Mazkur holat Andijon viloyati boʻyicha olingan morfometrik natijalarning mintaqaviy geologik qonuniyatlarga muvofiqligini koʻrsatadi (Ismailov et al., 2024).

Integral baholash natijasida hududning 94,20 foizi relyefga bogʻliq muhandislik murakkabligining juda past va past sinflariga kiritildi. Ushbu natija viloyat hududining katta qismi topografik jihatdan qurilish va muhandislik infratuzilmasini joylashtirish uchun nisbatan sodda ekanini koʻrsatadi. Biroq past morfometrik murakkablik hududning toʻliq muhandislik jihatdan qulayligini anglatmaydi. Tekisliklarda kichik qiyalik sirt suvlarining sekin oqishi, namlikning toʻplanishi, grunt suvlari sathining koʻtarilishi va irrigatsiya taʼsirida grunt xossalarining oʻzgarishiga sabab boʻlishi mumkin. Shuning uchun tekis relyefli hududlarni baholashda topografik namlanish indeksi bilan bir qatorda grunt suvlari chuqurligi, litologik tarkib va filtratsiya xususiyatlarini ham hisobga olish zarur.

Oʻrtacha murakkablikdagi maydonlarning 4,83 foiz, yuqori va juda yuqori murakkablikdagi maydonlarning esa taxminan 0,97 foizni tashkil etishi murakkab relyef shakllari hududiy jihatdan cheklanganini koʻrsatadi. Shunga qaramay, bunday maydonlarda gidrotexnika inshootlari, kanallar, yoʻllar yoki boshqa chiziqli obyektlarni joylashtirishda qiyalikni kesish, koʻtarma hosil qilish va tabiiy oqim yoʻnalishini oʻzgartirish mahalliy barqarorlikni pasaytirishi mumkin. Shu bois ushbu zonalarda loyihaoldi bosqichida yirik masshtabli topografik syomka, muhandislik-geologik burgʻilash va yonbagʻir barqarorligi hisoblarini bajarish talab etiladi.

Juda yuqori murakkablik sinfining atigi 0,04 km² maydonni egallashi ushbu sinfning mustaqil mintaqaviy zona emas, balki bir nechta ekstremal morfometrik koʻrsatkichlar ustma-ust kelgan

lokal kataklardan tashkil topganini anglatadi. Bunday kichik maydonlarni real xavf zonasi sifatida qabul qilishdan oldin yuqori aniqlikdagi relyef ma'lumotlari va dala kuzatuvlari bilan tekshirish lozim. Amaliy rayonlashtirishda yuqori va juda yuqori murakkablik sinflarini yagona ustuvor tekshiruv zonasi sifatida ko'rib chiqish maqsadga muvofiq.

Tadqiqotda qo'llanilgan Copernicus DEM GLO-30 mintaqaviy morfometrik tahlil uchun bir xil fazoviy qamrov va yetarli aniqlikni ta'minladi. Shu bilan birga, ushbu mahsulot yalang'och yer yuzasini emas, bino va o'simliklarni ham qamrab oluvchi raqamli sirt modelidir. DEM turlarini talqin qilishda sensor xususiyatlari, fazoviy aniqlik va tasvirlanayotgan sirt turini hisobga olish zarurligi Guth et al. (2021) tomonidan ham ta'kidlangan. Shu sababli zich qurilgan aholi punktlari va baland o'simliklar mavjud joylarda hosil qilingan qiyalik hamda egrilik qiymatlari haqiqiy yer yuzasidan biroz farq qilishi mumkin.

Global DEMlarni LiDAR ma'lumotlari bilan taqqoslagan Meadows et al. (2024) Copernicus DEM zamonaviy ochiq balandlik modellaridan biri ekanini, biroq bino, o'rmon va tik yonbag'irlarda vertikal xatolar ortishini aniqlagan. Andijon viloyatida 15◦15^\circ dan katta qiyaliklar hududning 3,86 foizini tashkil etgani sababli ushbu cheklov umumiy mintaqaviy natijaga keskin ta'sir ko'rsatmaydi. Ammo murakkab zonalarni yirik masshtabda tekshirishda dron fotogrammetriyasi, geodezik o'lchash yoki yuqori aniqlikdagi DTM ma'lumotlaridan foydalanish zarur.

GIS asosidagi muhandislik-geologik xaritalash katta hududlarda bir nechta fazoviy ko'rsatkichlarni o'zaro bog'lash va batafsil izlanish talab qilinadigan joylarni oldindan aniqlash imkonini beradi (Chaminé & Fernandes, 2023). Mazkur tadqiqotning amaliy qiymati ham shunda: ishlab chiqilgan indeks yakuniy geotexnik xulosa bermaydi, balki Andijon viloyatida muhandislik izlanishlarini hududiy jihatdan rejalashtirish va murakkab maydonlarni dastlabki bosqichda ajratishga xizmat qiladi.

Modelning asosiy cheklovi vazn koeffitsiyentlari va sinf chegaralarining tanlanishiga bog'liqligidir. Shuningdek, DEMdan olingan drenaj tarmog'i tabiiy topografik oqim yo'llarini ifodalaydi, ammo mavjud kanal va kollektor-drenaj tizimlarini to'liq aks ettirmaydi. Keyingi tadqiqotlarda modelga litologiya, grunt suvlari chuqurligi, seysmik rayonlashtirish, yer qoplami va dala kuzatuvlarini kiritish Andijon viloyatining kompleks muhandislik-geologik xaritasini ishlab chiqish imkonini beradi.

XULOSA

Copernicus DEM GLO-30 va GIS texnologiyalari asosida Andijon

viloyati relyefining asosiy morfometrik ko‘rsatkichlari hisoblanib, hudud relyefga bog‘liq muhandislik murakkabligi bo‘yicha rayonlashtirildi. Tadqiqot natijasida viloyat hududining mutlaq balandligi 386,0–1538,4 m, o‘rtacha qiyaligi 2,54∘2,54^\circ ekanligi aniqlandi. Qiyaligi 0–3∘0–3^\circ bo‘lgan tekis va deyarli tekis maydonlar hududning 81,86 foizini, 15∘15^\circ dan katta qiyaliklar esa 3,86 foizini tashkil etdi.

Qiyalik, vertikal parchalanish, drenaj zichligi, topografik namlanish va relyef egriligi ko‘rsatkichlarini integratsiyalash orqali muhandislik-geomorfologik murakkablik indeksi shakllantirildi. Indeks asosida hududning 62,05 foizi juda past, 32,15 foizi past, 4,83 foizi o‘rtacha va 0,97 foizi yuqori murakkablikdagi zonalarga ajratildi. Juda yuqori murakkablik lokal maydonlarda qayd etildi.

Olingan natijalar Andijon viloyatida gidrotexnika inshootlari, irrigatsiya tarmoqlari, yo‘llar va boshqa muhandislik obyektlarini dastlabki joylashtirishda relyef bilan bog‘liq cheklovlarni aniqlash imkonini beradi. Yuqori murakkablikdagi hududlarda yirik masshtabli topografik syomka, muhandislik-geologik burg‘ilash, grunt suvlari monitoringi va yonbag‘ir barqarorligi hisoblarini bajarish zarur.

Ishlab chiqilgan xarita hududning to‘liq geotexnik yaroqliligini emas, relyefga bog‘liq muhandislik murakkabligini ifodalaydi. Kelgusida modelga litologiya, gruntlarning fizik-mexanik xossalari, yer osti suvlari, seysmiklik va yer qoplami ma’lumotlarini kiritish orqali Andijon viloyatining kompleks muhandislik-geologik rayonlashtirish xaritasini yaratish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Beven, K. J., & Kirkby, M. J. (1979). A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrological Sciences Bulletin, 24*(1), 43–69. https://doi.org/10.1080/02626667909491834

2. Chaminé, H. I., & Fernandes, I. (2023). The role of engineering geology mapping and GIS-based tools in geotechnical practice. In *Springer Tracts in Civil Engineering* (pp. 3–27). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05875-2_1

3. Copernicus Programme. (n.d.). *Copernicus DEM—Global and European digital elevation model* [Data set]. Copernicus Data Space Ecosystem. https://dataspace.copernicus.eu/explore-data/data-collections/copernicus-contributing-missions/collections-description/COP-DEM

4. Guth, P. L., Van Niekerk, A., Grohmann, C. H., Muller, J.-P., Hawker, L., Florinsky, I. V., Gesch, D., Reuter, H. I., Herrera-Cruz, V.,

Riazanoff, S., López-Vázquez, C., Carabajal, C. C., Albinet, C., & Strobl, P. (2021). Digital elevation models: Terminology and definitions. *Remote Sensing, 13*(18), 3581. https://doi.org/10.3390/rs13183581

5. Horn, B. K. P. (1981). Hill shading and the reflectance map. *Proceedings of the IEEE, 69*(1), 14–47. https://doi.org/10.1109/PROC.1981.11918

6. Isayev, A. A., Tillakhojayev, S. S., & Abdurahmonova, H. L. (2023). Assessment of land cover changes in Andijan region for 1997–2020 using remote sensing. *Journal of Geology, Geography and Geoecology, 32*(4), 765–773. https://doi.org/10.15421/112367

7. Ismailov, V. A., Yodgorov, S. I., Khusomiddinov, A. S., Yadigarov, E. M., Aktamov, B. U., & Avazov, S. B. (2024). Regional seismic risk assessment based on ground conditions in Uzbekistan. *Natural Hazards and Earth System Sciences, 24*, 2133–2146. https://doi.org/10.5194/nhess-24-2133-2024

8. Meadows, M., Jones, S., & Reinke, K. (2024). Vertical accuracy assessment of freely available global DEMs (FABDEM, Copernicus DEM, NASADEM, AW3D30 and SRTM) in flood-prone environments. *International Journal of Digital Earth, 17*(1), 2308734. https://doi.org/10.1080/17538947.2024.2308734

9. Natural Earth. (n.d.). *Admin 1—States, provinces: 1:10m cultural vectors* [Data set]. https://www.naturalearthdata.com/downloads/10m-cultural-vectors/10m-admin-1-states-provinces/

10. Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill.

УДК 627.8:528.2:004.9:528.9(575.1).

GIDROTEXNIKA INSHOOTLARI QURILISHIDA BIM VA GEODEZIK O‘LCHASH MA’LUMOTLARINI INTEGRATSIYALASH

Xalimov Ibrohimjon Turg‘unboy o‘g‘li -*Andijon davlat texnika instituti “Gidrotexnika va gidroenergetika” kafedrasi assistenti*
halimovibrohimjon777@gmail.com

ANNOTATSIYA

Maqolada gidrotexnika inshootlarini qurish jarayonida BIM modelidagi loyihaviy geometrik axborotlarni ijro geodezik o‘lchash natijalari bilan integratsiyalash metodikasi ishlab chiqilgan. Tadqiqotning maqsadi BIM va geodezik ma’lumotlarni yagona koordinatalar tizimiga keltirish hamda qurilgan konstruktiv elementlarning loyihadan fazoviy og‘ishlarini baholashdan iborat. Geodezik ma’lumotlar GNSS RTK va elektron taxeometr yordamida olinib, BIM modeliga tayanch nuqtalar asosida bog‘lanadi. Loyihaviy va ijro koordinatalari orasidagi gorizontal, vertikal va fazoviy farqlar hisoblanadi. Natijalarni baholashda o‘rta mutlaq og‘ish,

o‘rta kvadratik xatolik va ruxsat etilgan qurilish dopusklari qo‘llaniladi. Taklif etilgan yondashuv geometrik nomuvofiqliklarni aniqlash, ularni BIM muhitida rangli xaritalash va qurilish sifatini raqamli nazorat qilish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: *gidrotexnika inshooti, BIM, geodezik o‘lchash, ijro syomkasi, GNSS RTK, elektron taxeometr, IFC, koordinatalar transformatsiyasi, geometrik og‘ish, qurilish sifati.*

АННОТАЦИЯ

В статье разработана методика интеграции проектной геометрической информации BIM-модели с результатами исполнительных геодезических измерений при строительстве гидротехнических сооружений. Цель исследования заключается в приведении BIM и геодезических данных к единой системе координат и оценке пространственных отклонений построенных конструктивных элементов от проектного положения. Геодезические данные получают с применением GNSS RTK и электронного тахеометра, после чего связывают с BIM-моделью по опорным точкам. Определяются горизонтальные, вертикальные и пространственные различия между проектными и исполнительными координатами. Для оценки результатов применяются среднее абсолютное отклонение, средняя квадратическая ошибка и допустимые строительные отклонения. Предложенный подход позволяет выявлять геометрические несоответствия, отображать их в BIM-среде в виде цветовой карты и осуществлять цифровой контроль качества строительства.

Ключевые слова: *гидротехническое сооружение, BIM, геодезические измерения, исполнительная съёмка, GNSS RTK, электронный тахеометр, IFC, преобразование координат, геометрическое отклонение, качество строительства.*

ABSTRACT

The article develops a methodology for integrating design geometry contained in a BIM model with as-built geodetic survey data during hydraulic structure construction. The study aims to transform BIM and surveying data into a common coordinate reference system and evaluate spatial deviations of constructed elements from their design positions. Geodetic data are acquired using GNSS RTK and an electronic total station and then linked to the BIM model through common control points. Horizontal, vertical, and three-dimensional differences between design and as-built coordinates are calculated. Mean absolute deviation, root-mean-square error, and permissible construction tolerances are applied to assess geometric conformity. The proposed approach enables geometric discrepancies to be identified, visualized as a colour-coded deviation map within the

BIM environment, and used for digital construction quality control.

Keywords: *hydraulic structure, BIM, geodetic survey, as-built survey, GNSS RTK, electronic total station, IFC, coordinate transformation, geometric deviation, construction quality*.

KIRISH

Gidrotexnika inshootlarining qurilish sifati ularning loyihaviy geometrik parametrlariga qanchalik aniq rioya etilganiga bevosita bog‘liq. To‘g‘on, kanal, suv tashlama, rostlash inshooti, nasos stansiyasi va himoya dambalarini barpo etishda konstruktiv elementlarning planli holati, balandligi, qiyaligi, o‘q yo‘nalishi hamda ko‘ndalang kesim o‘lchamlaridagi og‘ishlar inshootning suv o‘tkazish qobiliyati, mustahkamligi va foydalanish xavfsizligiga ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli qurilish davomida bajarilgan geodezik o‘lchashlarni loyiha ma’lumotlari bilan tezkor taqqoslash va aniqlangan nomuvofiqliklarni qurilish jarayonining o‘zida bartaraf etish muhim vazifalardan biridir.

Amaldagi qurilish amaliyotida loyiha yechimlari, geodezik ijro o‘lchovlari va sifat nazorati natijalari ko‘pincha turli dasturiy muhitlarda yuritiladi. Loyiha ma’lumotlari chizma yoki BIM modelida, geodezik o‘lchash natijalari esa koordinatalar jadvali, dala jurnali yoki alohida CAD fayllari ko‘rinishida saqlanadi. Ushbu ma’lumotlarni qo‘lda o‘zaro solishtirish ko‘p vaqt talab qiladi hamda koordinatalar tizimi, o‘lchov birligi, balandlik asosi, inshoot o‘qi va elementlarni identifikatsiyalash bilan bog‘liq xatolar yuzaga kelish ehtimolini oshiradi. Natijada loyihaviy va amaldagi geometrik holat o‘rtasidagi farqlar kech aniqlanishi mumkin.

Building Information Modeling — BIM texnologiyasi inshootning uch o‘lchamli geometrik modelini uning texnik va atributiv ma’lumotlari bilan yagona axborot muhitida birlashtirish imkonini beradi. BIM faqat vizual uch o‘lchamli model emas, balki inshootning hayotiy sikli davomida axborotni yaratish, almashish, boshqarish va yangilash vositasi hisoblanadi. ISO 19650 standartlar tizimida BIM asosidagi axborot boshqaruvi ma’lumotlarni tartibli ishlab chiqish, versiyalash, almashish va ulardan foydalanish tamoyillariga asoslanishi belgilangan (ISO 19650-1, 2018). Mazkur yondashuv gidrotexnika inshootlari qurilishida loyiha modeli bilan ijro geodezik ma’lumotlarini yagona raqamli muhitda boshqarish uchun metodik asos yaratadi.

Geodezik o‘lchashlar qurilayotgan obyektning amaldagi fazoviy holati haqidagi ishonchli ma’lumot manbai hisoblanadi. GNSS RTK usulida tayanch va ochiq hududdagi nuqtalarning koordinatalari tezkor aniqlansa, elektron taxeometriya yordamida signal qabul qilinishi cheklangan joylar, konstruksiya burchaklari, o‘qlar va balandlik elementlari yuqori aniqlikda o‘lchanadi. Biroq ushbu natijalarni BIM modeliga oddiy import qilish yetarli emas. O‘lchangan nuqtalar bilan BIM elementlarini to‘g‘ri taqqoslash

uchun ular bir xil gorizontal koordinatalar va balandlik tizimida ifodalanishi kerak.

Bunda asosiy texnik muammo BIM modelining shartli lokal koordinatalari bilan geodezik o‘lchashlarning davlat, hududiy yoki obyekt koordinatalar tizimi o‘rtasidagi bog‘lanishni o‘rnatishdan iborat. Transformatsiya jarayonida koordinatalar boshi, o‘qlar yo‘nalishi, burilish burchagi, masshtab, ellipsoid balandligi va normal balandlik o‘rtasidagi farqlar hisobga olinmasa, modelda sun’iy fazoviy siljishlar paydo bo‘ladi. IFC formatining geografik bog‘lash imkoniyatlarini o‘rgangan tadqiqotlarda georeferensiyalash usullarining dasturiy ta’minotlarda turlicha talqin qilinishi va ayrim holatlarda koordinata ma’lumotlarining to‘liq uzatilmasligi ko‘rsatilgan (Uggla va Horemuz, 2018). GeoBIM benchmark tadqiqoti ham IFC geometriyasi, semantikasi va georeferensiyalash parametrlarini turli dasturlar o‘rtasida almashishda muvofiqlik muammolari mavjudligini qayd etgan (Noardo va boshq., 2020).

Loyihaviy model va qurilgan konstruksiyaning o‘lchangan holatini avtomatlashtirilgan tarzda taqqoslash qurilish sifatini nazorat qilish samaradorligini oshiradi. Bunday yondashuvda amaldagi koordinatalar BIM modelidagi tegishli elementlar bilan bog‘lanib, ularning planli, balandlik va umumiy fazoviy og‘ishlari hisoblanadi. Uch o‘lchamli loyiha modeli bilan geodezik yoki lazerli skanerlash ma’lumotlarini solishtirish asosida konstruksiyalarning amaldagi o‘lchamlarini aniqlash va ularni ruxsat etilgan chegaralar bo‘yicha baholash mumkinligi avvalgi tadqiqotlarda asoslangan (Bosché, 2010). Scan-to-BIM va Scan-vs-BIM usullarini birgalikda qo‘llash esa obyekt elementlarini aniqlash hamda qurilish holatini model asosida nazorat qilish imkoniyatlarini kengaytiradi (Bosché va boshq., 2015).

Mazkur yondashuvlarning katta qismi bino va muhandislik kommunikatsiyalari misolida ishlab chiqilgan. Gidrotexnika inshootlari esa katta hudud bo‘ylab joylashishi, o‘q bo‘yicha uzunligi, balandlik aniqligiga yuqori talab qo‘yilishi, takrorlanuvchi ko‘ndalang kesimlari hamda yer va beton konstruksiyalarining birgalikda mavjudligi bilan ajralib turadi. Shu bois BIM modelini geodezik koordinatalar bilan bog‘lashda inshoot piketaji, loyiha o‘qi, kesimlar holati, balandlik asosi va konstruktiv elementlarning yagona identifikatorlarini hisobga oluvchi maxsus integratsiya tartibi zarur.

Ushbu tadqiqotning maqsadi gidrotexnika inshootlari qurilishida BIM modelidagi loyihaviy geometriya bilan GNSS RTK va elektron taxeometriya orqali olingan ijro geodezik ma’lumotlarini yagona koordinatalar muhitida integratsiyalash hamda konstruktiv elementlarning fazoviy og‘ishlarini baholash metodikasini ishlab chiqishdan iborat. Mazkur maqsadga erishish uchun BIM modelini geodezik koordinatalar

tizimiga bog‘lash, umumiy tayanch nuqtalar bo‘yicha transformatsiya parametrlarini aniqlash, BIM elementlari va ijro nuqtalarini identifikatorlar orqali moslashtirish, koordinata farqlarini hisoblash hamda natijalarni ruxsat etilgan qurilish dopusklari bo‘yicha tasniflash nazarda tutiladi.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi gidrotexnika inshootlarining o‘ziga xos fazoviy tuzilishini hisobga olgan holda BIM va geodezik ma’lumotlarni integratsiyalashning ketma-ket texnologik sxemasini taklif etishdan iborat. Taklif qilinayotgan yondashuvda har bir nazorat nuqtasining planli, balandlik va uch o‘lchamli og‘ishi hisoblanib, natijalar BIM modelida rangli muvofiqlik xaritasi ko‘rinishida aks ettiriladi. Bu qurilishdagi geometrik nomuvofiqliklarni tezkor aniqlash, tuzatish ishlarini manzilli rejalashtirish va ijro hujjatlarini raqamli shakllantirish imkonini beradi.

MATERIALLAR VA METODLAR

Tadqiqot materiallari. Tadqiqotda gidrotexnika inshootining BIM loyiha modeli, geodezik ijro o‘lchovlarini ifodalovchi koordinatalar jadvali, loyiha koordinatalar tizimi parametrlari hamda konstruktiv elementlar uchun belgilangan geometrik dopusklardan foydalanish nazarda tutiladi. BIM modelini turli dasturiy muhitlarda almashish uchun ochiq IFC formati asosiy axborot formati sifatida qabul qilindi.

BIM modelida har bir konstruktiv elementning yagona identifikatori, turi, loyihaviy koordinatalari, balandlik belgisi, blok yoki piket raqami va ruxsat etilgan geometrik og‘ishi saqlanadi. Geodezik ma’lumotlar tarkibiga nazorat nuqtasining identifikatori, o‘lchangan koordinatalari, o‘lchash usuli va aniqlik ko‘rsatkichi kiritiladi.

Taklif etilgan metodika to‘rtta asosiy bosqichdan iborat:

1. BIM modeli va geodezik ma’lumotlarni tayyorlash;
2. koordinatalarni yagona fazoviy tizimga keltirish;
3. BIM elementlari bilan geodezik nuqtalarni bog‘lash;
4. loyihaviy va ijro holatlari orasidagi og‘ishlarni baholash.
5.

1-jadval.

Integratsiyalash uchun zarur ma’lumotlar

Ma’lumotlar guruhi	Asosiy parametrlar	Vazifasi
BIM elementlari	Element identifikatori, turi, loyiha koordinatalari	Loyihaviy holatni ifodalash
Geodezik nuqtalar	Nuqta identifikatori, EE, NN, HH koordinatalari	Amaldagi holatni ifodalash
Koordinatalar tizimi	Boshlang‘ich nuqta, o‘qlar yo‘nalishi, masshtab va balandlik asosi	Ma’lumotlarni yagona tizimga keltirish
Bog‘lovchi ma’lumotlar	Element va nuqta identifikatorlari, blok yoki piket raqami	BIM elementi bilan o‘lchov nuqtasini moslashtirish
Nazorat mezonlari	Planli va balandlik dopusklari	Geometrik muvofiqlikni baholash

Birinchi bosqichda BIM modelidan geodezik nazorat qilinadigan xarakterli nuqtalar ajratiladi. Gidrotexnika inshootlarida bunday nuqtalarga inshoot o‘qi, beton bloklar burchaklari, poydevor chegaralari, devorlarning yuqori va quyi belgilari, deformatsiya choklari hamda suv o‘tkazuvchi qismlarning kirish va chiqish kesimlari kiritiladi. Har bir nazorat nuqtasiga tegishli BIM elementi bilan bog‘langan yagona kod beriladi.

Ikkinchi bosqichda BIM modelining lokal x,y,zx,y,z koordinatalari geodezik E,N,HE,N,H koordinatalar tizimiga keltiriladi. IFC modelida koordinatalar tizimi IfcProjectedCRS, lokal va geodezik koordinatalar o‘rtasidagi bog‘lanish esa IfcMapConversion parametrlari orqali ifodalanadi. Lokal koordinatalarni geodezik tizimga o‘tkazish quyidagi tenglamalar asosida bajariladi:

$$E = E_0 + s\,(x\cos\alpha - y\sin\alpha)$$
$$N = N_0 + s\,(x\sin\alpha + y\cos\alpha)$$
$$H = H_0 + sz,$$

bu yerda: x,y,z — BIM modelining lokal koordinatalari; E,N,H— geodezik tizimdagi koordinatalar; E_0, N_0, H_0— BIM modeli koordinatalar boshining geodezik tizimdagi holati; s — masshtab koeffitsiyenti; α— lokal va geodezik koordinata o‘qlari orasidagi burilish burchagi.

Agar IFC modelida georeferensiyalash parametrlari mavjud bo‘lmasa, ular BIM modeli va geodezik tizimda koordinatalari ma’lum bo‘lgan umumiy tayanch nuqtalar asosida aniqlanadi. Transformatsiya natijasi hisoblashda qatnashmagan nazorat nuqtalari orqali tekshiriladi. Qoldiq xatoliklar tekshirilayotgan konstruktiv element uchun talab etilgan aniqlikdan oshsa, koordinatalarni bog‘lash natijasi qabul qilinmaydi.

Uchinchi bosqichda BIM elementlari va geodezik nuqtalar yagona identifikatorlar bo‘yicha moslashtiriladi. Asosiy bog‘lovchi belgi sifatida BIM elementining GlobalId identifikatori va geodezik nuqtaning Point_ID kodi qo‘llanadi. Zarur holatlarda blok raqami, piket, element turi va nuqtaning fazoviy joylashuvi yordamchi belgilar sifatida ishlatiladi.

Geometrik og‘ishlarni baholash. Koordinatalar yagona tizimga keltirilgandan keyin har bir nazorat nuqtasining ijro va loyiha koordinatalari orasidagi farqlar aniqlanadi:

$$\Delta E_i = E_{I,i} - E_{L,i}$$
$$\Delta N_i = N_{I,i} - N_{L,i}$$
$$\Delta H_i = H_{I,i} - H_{L,i}$$

bu yerda: $E_{I,i}, N_{I,i}, H_{I,I}$— i-nuqtaning ijro-geodezik koordinatalari; $E_{L,i}, N_{L,i}, H_{L,I}$— shu nuqtaning BIM modelidagi loyihaviy koordinatalari; $\Delta E_i, \Delta N_i, \Delta H_i$— koordinata o‘qlari bo‘yicha og‘ishlar.

Nuqtaning umumiy fazoviy og‘ishi quyidagicha hisoblanadi:

$$d_{3D,i} = \sqrt{(\Delta E_i)^2 + (\Delta N_i)^2 + (\Delta H_i)^2}$$

Hisoblangan og‘ishlar konstruktiv element uchun loyiha yoki tegishli me’yoriy hujjatda belgilangan dopusklar bilan taqqoslanadi. Barcha elementlar uchun bitta umumiy chegara qabul qilinmaydi. Beton blok, inshoot o‘qi, poydevor, devor va balandlik belgilarining har biri o‘ziga tegishli aniqlik talabi asosida baholanadi.

Metodikani tekshirish. Metodik maqolada real obyekt bo‘yicha bajarilmagan o‘lchovlarni natija sifatida ko‘rsatmaslik uchun algoritmning ishlash qobiliyati nazorat ma’lumotlari yordamida tekshiriladi. Bunda BIM modelidan olingan loyihaviy nuqtalarga oldindan ma’lum bo‘lgan planli va balandlik siljishlari kiritilib, shartli ijro koordinatalari shakllantiriladi. Keyin integratsiya algoritmi aniqlagan og‘ishlar dastlab kiritilgan qiymatlar bilan taqqoslanadi.

Algoritm aniqligining umumiy ko‘rsatkichi quyidagi o‘rtacha kvadratik xatolik orqali baholanadi :

$$RMSE_{\delta} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left\|\hat{\boldsymbol{\delta}}_i - \boldsymbol{\delta}_i^*\right\|^2}$$

bu yerda: δ_i^*— nazorat ma’lumotlariga oldindan kiritilgan og‘ish vektori; δ_i — algoritm yordamida aniqlangan og‘ish vektori; n — nazorat nuqtalari soni.

Metodikaning ishlash qobiliyati koordinatalarni transformatsiyalash aniqligi, BIM elementlari bilan geodezik nuqtalarni to‘g‘ri bog‘lash darajasi va kiritilgan og‘ishlarni qayta aniqlash xatoligi asosida baholanadi.

Taklif etilgan metodika natijasida har bir BIM elementiga uning ijro koordinatalari, planli va balandlik og‘ishlari, umumiy fazoviy og‘ishi hamda geometrik muvofiqlik holati biriktiriladi. Shu tariqa BIM modeli gidrotexnika inshooti qurilishining geometrik sifatini nazorat qilish uchun yagona raqamli axborot muhiti sifatida shakllantiriladi.

NATIJALAR

Taklif etilgan BIM–geodezik integratsiya metodikasining ishlash qobiliyati nazorat qilinadigan model ma’lumotlari asosida tekshirildi. Hisoblash eksperimenti real gidrotexnika inshootida bajarilgan dala o‘lchovi sifatida emas, balki algoritmning koordinatalarni bog‘lash va berilgan geometrik og‘ishlarni qayta aniqlash imkoniyatini baholovchi sinov sifatida tashkil etildi.

Nazorat ma’lumotlari to‘plamiga to‘rtta tayanch nuqta va gidrotexnika inshootining shartli o‘qi, poydevori, beton devori

hamda suv tashlama ostonasiga tegishli 20 ta tekshiruv nuqtasi kiritildi. BIM modelini geodezik tizimga bog‘lash uchun quyidagi boshlang‘ich transformatsiya parametrlari qabul qilindi:

E_0=500 000.000 m,
N_0=4 500 000.000 m,
H_0=425.000 m, s=1.000000,

Geodezik o‘lchashlarda yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan tasodifiy xatoliklarni modellashtirish uchun planli koordinatalarga 22 mm, balandlik koordinatasiga esa 1.5 mm darajasida tasodifiy ta’sir kiritildi. Transformatsiya parametrlari ushbu modellashtirilgan koordinatalar asosida qayta hisoblandi.

Koordinatalarni transformatsiyalash natijalari. Hisoblash natijasida aniqlangan transformatsiya parametrlari ularning nazorat qiymatlariga yaqin bo‘ldi. Natijalar 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval.

Transformatsiya parametrlarini aniqlash natijalari

Parametr	Nazorat qiymati	Hisoblangan qiymat	Farq
E_0, m	500 000.0000	499 999.9999	−0.1 mm
N_0, m	4 500 000.0000	4 499 999.9978	−2.2 mm
H_0, m	425.0000	425.0001	+0.1 mm
s	1.000000	1.0000119	11.911.9 ppm
α, gradus	1.5	1.5	1.5

Nazorat nuqtalaridagi uch o‘lchamli qoldiq xatoliklarning o‘rtacha kvadratik qiymati: $RMSE_{tr}$=2.53 mm ni tashkil etdi. Olingan qiymat modelga kiritilgan tasodifiy koordinata xatoliklari darajasiga mos keladi. Bu tanlangan tayanch nuqtalar konfiguratsiyasida BIM modelining lokal koordinatalarini geodezik tizimga keltirish algoritmi barqaror ishlaganini ko‘rsatdi.

:

BIM elementlari va geodezik nuqtalarni bog‘lash. BIM modelidagi 20 ta nazorat nuqtasi GlobalId–Point_ID bog‘lanishi asosida geodezik ma’lumotlar bilan moslashtirildi. Barcha identifikatorlar bir qiymatli shakllantirilgani sababli 20 ta nuqtaning barchasi tegishli BIM elementi bilan to‘g‘ri bog‘landi

$$K_{mos} = \frac{20}{20} \times 100\% = 100\%.$$

Mazkur natija identifikatorga asoslangan bog‘lash usuli fazoviy yaqinlik bo‘yicha qidirishga nisbatan aniqroq ekanini ko‘rsatadi. Chunki bir-biriga yaqin joylashgan konstruksiyalarda faqat koordinata masofasiga asoslangan usul nuqtaning noto‘g‘ri elementga

biriktirilishiga olib kelishi mumkin.

Geometrik og‘ishlarni aniqlash natijalari. Nazorat nuqtalariga oldindan ma’lum bo‘lgan planli va balandlik siljishlari kiritildi. Integratsiya algoritmi yordamida qayta aniqlangan og‘ishlar bilan dastlab kiritilgan qiymatlar o‘rtasidagi umumiy farq quyidagini tashkil etdi:

RMSEδ=2.99 mm.

3-jadval.

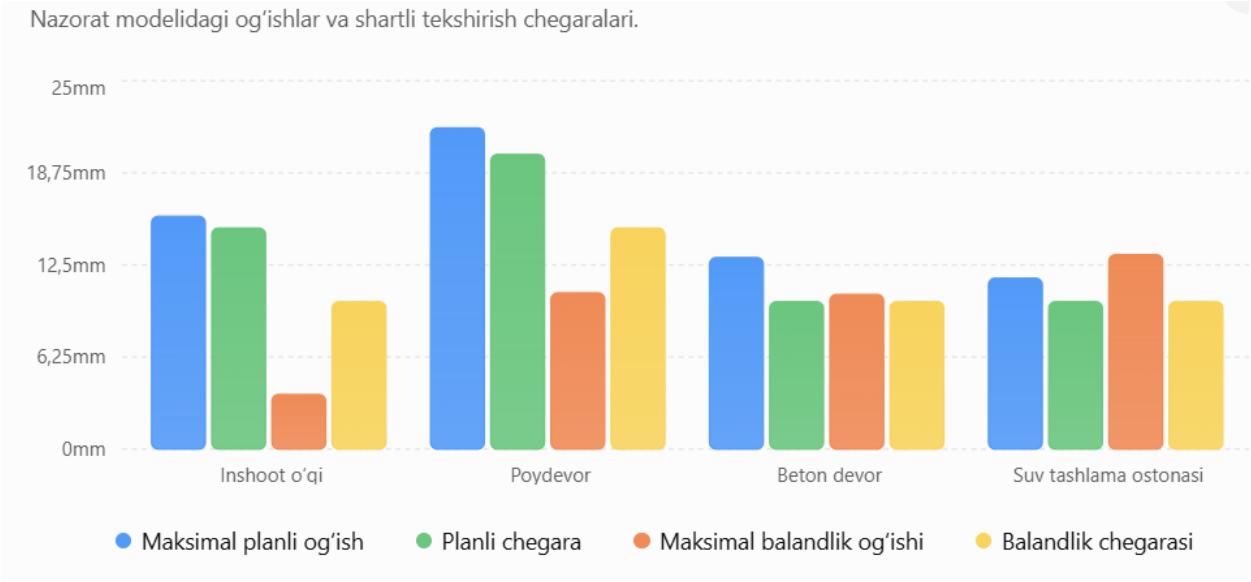
Konstruktiv elementlar bo‘yicha nazorat natijalari

Element guruhi	**Planli dopusk, mm**	**Balandlik dopuski, mm**	**Eng katta planli og‘ish, mm**	**Eng katta balandlik og‘ishi, mm**	**Muvofiq nuqtalar**	**Nomuvofiq nuqtalar**
Inshoot o‘qi	15	10	15.8	3.7	4	1
Poydevor	20	15	21.8	10.6	3	2
Beton devor	10	10	13.0	10.5	1	4
Suv tashlama ostonasi	10	10	11.6	13.2	3	2
Jami	—	—	—	—	**11**	**9**

Alohida koordinata komponenti bo‘yicha eng katta qayta aniqlash xatoligi 4.284.28 mm bo‘ldi. Bu qiymatlar koordinatalarga kiritilgan tasodifiy ta’sirlar va transformatsiya qoldiqlarining birgalikdagi natijasidir.

Metodikaning geometrik nomuvofiqliklarni aniqlash imkoniyatini ko‘rsatish uchun nazorat modelida elementlar bo‘yicha shartli dopusklar belgilandi. Ushbu qiymatlar qurilish me’yori sifatida emas, faqat algoritmni tekshirish chegaralari sifatida qabul qilindi.

Hisoblash natijasida 20 ta nazorat nuqtasining 11 tasi belgilangan chegaralarga muvofiq, 9 tasi esa kamida bitta koordinata yo‘nalishi bo‘yicha nomuvofiq deb topildi. Eng katta planli og‘ish poydevor nuqtasida 21.821.8 mm, eng katta balandlik og‘ishi esa suv tashlama ostonasida 13.213.2 mm ni tashkil etdi.



1-rasm. Elementlar bo‘yicha maksimal og‘ishlar va nazorat chegaralari

Natijalarni BIM modelida ifodalash. Hisoblangan ΔE, ΔN, ΔH va d_{3D} qiymatlari tegishli BIM elementlarining atributiv ma’lumotlariga biriktirildi. Belgilangan dopusklardan oshmagan elementlar muvofiq, kamida bitta yo‘nalish bo‘yicha dopuskdan oshgan elementlar esa nomuvofiq holatda tasniflandi. Natijada loyiha modeli qurilish sifatini nazorat qilish ma’lumotlari bilan boyitilgan raqamli modelga aylantirildi.

Nazorat hisoblari taklif etilgan metodika quyidagi vazifalarni yagona ketma-ketlikda bajarishini ko‘rsatdi:

- BIM va geodezik koordinatalarni yagona fazoviy tizimga keltirish;
- nazorat nuqtalarini tegishli konstruktiv elementlar bilan bog‘lash;
- loyihaviy va ijro koordinatalari orasidagi og‘ishlarni aniqlash;
- natijalarni elementlar bo‘yicha tasniflash;
- geometrik nazorat ma’lumotlarini BIM modeliga qaytarish.

Olingan natijalar metodikaning algoritmik jihatdan ishlashini tasdiqlaydi. Biroq keltirilgan aniqlik ko‘rsatkichlari model ma’lumotlariga tegishli bo‘lib, ularni real gidrotexnika inshootidagi geodezik o‘lchash aniqligi sifatida talqin qilish mumkin emas. Metodikani amaliyotga tatbiq etishda dopusklar inshoot turi, loyiha talablari, qo‘llanilgan geodezik asboblar aniqligi va amaldagi me’yoriy hujjatlar asosida belgilanadi.

MUHOKAMA

Nazorat ma’lumotlari asosida o‘tkazilgan hisoblash eksperimenti taklif etilgan BIM–geodezik integratsiya metodikasining algoritmik jihatdan ishlashini ko‘rsatdi. Transformatsiya qoldiqlarining o‘rtacha kvadratik qiymati 2.532.53 mm, oldindan kiritilgan geometrik og‘ishlarni qayta aniqlash xatoligi esa 2.992.99 mm ni tashkil etdi. Ushbu qiymatlar modelga kiritilgan tasodifiy

koordinata xatoliklari darajasiga mos keladi. Biroq ular metodikaning real qurilish maydonidagi aniqligini emas, tanlangan hisoblash sxemasining barqarorligini ifodalaydi. Amaliy sharoitda yakuniy aniqlikka geodezik asboblar, tayanch tarmog‘i, kuzatuv sharoiti, konstruksiyaning turi va koordinatalarni transformatsiyalash sifati ham ta’sir qiladi.

BIM modelidagi elementlar bilan geodezik nazorat nuqtalarining to‘liq moslashtirilishi yagona identifikatorlardan foydalanish samaradorligini ko‘rsatdi. Nazorat modelida moslashtirish darajasining 100% bo‘lishi barcha nuqtalarga oldindan to‘g‘ri identifikator berilgani bilan izohlanadi. Shu sababli bu ko‘rsatkichni murakkab real obyektlar uchun avtomatik ravishda umumlashtirish mumkin emas. Qurilish maydonida element kodining noto‘g‘ri kiritilishi, bir BIM elementiga bir nechta nazorat nuqtasining tegishliligi yoki geodezik jadvaldagi to‘liq bo‘lmagan ma’lumotlar bog‘lash aniqligini pasaytirishi mumkin. Demak, integratsiyaning ishonchliligi faqat koordinatalar aniqligiga emas, balki axborot tuzilmasining to‘g‘ri shakllantirilishiga ham bog‘liq.

Qurilish sifatini BIM modeli asosida baholash yondashuvi avvalgi tadqiqotlarda ishlab chiqilgan Scan-vs-BIM usullari bilan umumiy metodik asosga ega. Bosché uch o‘lchamli loyiha modeli bilan lazerli skanerlash natijalarini birlashtirish orqali qurilgan elementlarning amaldagi o‘lchamlari va loyihadan og‘ishlarini avtomatlashtirilgan tarzda aniqlash mumkinligini ko‘rsatgan (Bosché, 2010). Mazkur tadqiqotda esa zich nuqtalar buluti o‘rniga GNSS RTK va elektron taxeometriya yordamida aniqlanadigan alohida nazorat nuqtalaridan foydalanish nazarda tutilgan. Bu ma’lumotlar hajmini kamaytiradi va inshoot o‘qi, beton blok burchagi, chok yoki balandlik belgisi kabi aniq elementlarni nazorat qilishni soddalashtiradi.

Taklif etilgan yondashuv lazerli skanerlash usulini to‘liq almashtirmaydi. Nuqtalar buluti konstruksiya sirtining uzluksiz geometrik holatini baholash, murakkab deformatsiyalarni aniqlash va qurilgan obyektning batafsil raqamli nusxasini yaratishda ustunlikka ega. Biroq nuqtalar bulutini olish, filtrlash, segmentlash va BIM modeli bilan ro‘yxatga olish katta hisoblash resurslarini hamda ma’lumotlar sifatini puxta nazorat qilishni talab etadi (Valero, 2022). Geodezik nazorat nuqtalariga asoslangan metodika esa qurilish jarayonida tezkor tekshirilishi zarur bo‘lgan elementlar uchun amaliy jihatdan ixchamroq yechim hisoblanadi. Shuning uchun bu ikki usul raqobatchi emas, balki obyektning murakkabligi va nazorat vazifasiga qarab bir-birini to‘ldiruvchi texnologiyalardir.

Metodikaning muhim jihati BIM modelini geodezik koordinatalar tizimiga aniq bog‘lashdir. IFC formatida buning uchun maxsus georeferensiyalash vositalari mavjud bo‘lsa-da, turli BIM dasturlarida ushbu parametrlarni eksport va import

qilish bir xil darajada qo‘llab-quvvatlanmaydi. Uggla va Horemuz IFC formatining geografik imkoniyatlarini tahlil qilib, koordinatalar tizimi, masshtab va joylashuv parametrlarini dasturiy vositalar o‘rtasida uzatishda cheklovlar mavjudligini ko‘rsatgan (Uggla va Horemuz, 2018). GeoBIM benchmark tadqiqotida ham IFC geometriyasi, semantik ma’lumotlari va georeferensiyalash parametrlarini turli dasturlarda talqin qilish bilan bog‘liq nomuvofiqliklar aniqlangan (Noardo va boshq., 2020).

Mazkur muammoni kamaytirish uchun taklif etilgan metodikada koordinatalar tizimining nomi, balandlik asosi, o‘lchov birligi, model koordinatalari boshi, burilish burchagi va masshtab koeffitsiyentini alohida “koordinatalar pasporti” ko‘rinishida saqlash maqsadga muvofiq. IFC modelidagi georeferensiyalash parametrlarini mustaqil nazorat nuqtalari orqali tekshirish dasturiy almashinuvda yuzaga kelgan xatolarni aniqlash imkonini beradi. Ayniqsa, katta uzunlikka ega kanal, damba va himoya inshootlarida kichik burilish yoki masshtab xatosi inshootning chekka qismlarida sezilarli koordinata siljishini keltirib chiqarishi mumkin.

Nazorat modelida aniqlangan 11 ta muvofiq va 9 ta nomuvofiq nuqta metodikaning belgilangan dopuskdan oshgan holatlarni ajrata olishini ko‘rsatdi. Biroq sinov uchun qabul qilingan dopusklar shartli bo‘lib, ularni gidrotexnika inshootlari uchun me’yoriy qiymatlar sifatida qo‘llash mumkin emas. Real loyihada ruxsat etilgan og‘ishlar konstruktiv element turi, qurilish texnologiyasi, loyiha hujjatlari va amaldagi me’yoriy talablar asosida belgilanadi. Bundan tashqari, dopusk geodezik o‘lchash xatoligidan yetarlicha katta bo‘lishi kerak; aks holda o‘lchash noaniqligi konstruksiyaning haqiqiy og‘ishidan ajratilmay qoladi.

Taklif etilgan metodikaning gidrotexnika qurilishi uchun amaliy afzalligi nazorat natijalarining bevosita konstruktiv element bilan bog‘lanishidir. An’anaviy ijro sxemasida koordinatalar va og‘ishlar alohida jadval yoki chizmada saqlansa, integratsiyalangan BIM modelida har bir elementning loyihaviy holati, ijro koordinatalari, nazorat sanasi va muvofiqlik holati yagona raqamli muhitda aks ettiriladi. Bu nomuvofiq elementlarni tez aniqlash, tuzatish ishlarini manzilli rejalashtirish va ijro hujjatlarini shakllantirishni soddalashtiradi.

Tadqiqotning asosiy cheklovi metodikaning model ma’lumotlari asosida tekshirilganidir. Hisoblash tajribasida geodezik tayanch punktlarining siljishi, atmosfera refraksiyasi, asbobni markazlashtirish xatosi, GNSS signalining ko‘p yo‘lliligi, geoid modeli aniqligi va qurilish maydonidagi ko‘rish sharoitlari hisobga olinmagan. Shuningdek, metodika hozircha deformatsiyani vaqt bo‘yicha monitoring qilishga emas, qurilishning ma’lum bosqichidagi loyihaviy va ijro holatlarini taqqoslashga mo‘ljallangan.

Keyingi tadqiqotlarda metodikani real kanal, suv tashlama yoki beton gidrotexnika inshootida sinovdan o‘tkazish, GNSS RTK va elektron taxeometriya natijalarini lazerli skanerlash ma’lumotlari bilan taqqoslash zarur. Shuningdek, turli BIM dasturlari o‘rtasida IFC georeferensiyalash parametrlarining saqlanishi, uzun chiziqli inshootlarda koordinata proyeksiyasi ta’siri va nazorat natijalarini avtomatik ravishda BIM atributlariga yozish imkoniyatlarini baholash metodikaning amaliy ishonchliligini aniqlashga xizmat qiladi.

XULOSA

Gidrotexnika inshootlari qurilishida BIM modeli va geodezik ijro o‘lchovlarini integratsiyalashga mo‘ljallangan metodika ishlab chiqildi. Metodika BIM elementlarining loyihaviy koordinatalari bilan GNSS RTK va elektron taxeometriya orqali olinadigan ijro koordinatalarini yagona fazoviy va axborot muhitida bog‘lashga asoslandi.

Tadqiqot natijalari asosida quyidagi xulosalar shakllantirildi:

1. BIM modeli va geodezik o‘lchovlarni integratsiyalashda koordinatalar tizimi, balandlik asosi, o‘lchov birligi, modelning boshlang‘ich nuqtasi, burilish burchagi va masshtab koeffitsiyenti majburiy ravishda hisobga olinishi kerak. Ushbu parametrlarning noto‘g‘ri berilishi konstruktiv elementlarda sun’iy fazoviy siljishlar paydo bo‘lishiga olib keladi.

2. BIM elementining GlobalId identifikatori bilan geodezik nazorat nuqtasining Point_ID kodini o‘zaro bog‘lash loyihaviy va ijro ma’lumotlarini avtomatik moslashtirish imkonini beradi. Mazkur yondashuv faqat fazoviy yaqinlik asosida bajariladigan bog‘lashga nisbatan ishonchliroq hisoblanadi.

3. Nazorat ma’lumotlarida koordinatalarni transformatsiyalashning o‘rtacha kvadratik qoldiq xatoligi 2.532.53 mm, oldindan kiritilgan geometrik og‘ishlarni qayta aniqlash xatoligi esa 2.992.99 mm ni tashkil etdi. Bu natijalar algoritmning berilgan hisoblash sharoitida barqaror ishlaganini ko‘rsatdi.

4. Taklif etilgan metodika har bir konstruktiv element uchun planli, balandlik va umumiy fazoviy og‘ishlarni aniqlash, ularni loyiha dopusklari bilan taqqoslash hamda nazorat natijalarini BIM modelining atributiv ma’lumotlariga kiritish imkonini beradi.

5. Metodikaning ilmiy yangiligi gidrotexnika inshootlarining BIM modeli, geodezik koordinatalar va qurilish dopusklarini yagona integratsion jarayonda birlashtirish hamda nazorat natijalarini alohida chizma yoki jadvalda emas, bevosita konstruktiv element bilan bog‘langan holda ifodalashdan iborat.

6. Taklif etilgan yondashuv qurilishdagi geometrik nomuvofiqliklarni tezkor aniqlash, tuzatish ishlarini manzilli rejalashtirish, ijro hujjatlarini shakllantirish va qurilish sifati haqidagi ma’lumotlarning kuzatuvchanligini oshirishga xizmat qiladi.

Olingan sonli natijalar nazorat modeli asosida shakllantirilganligi sababli ularni real gidrotexnika inshootidagi geodezik o‘lchash aniqligi sifatida qabul qilish mumkin emas. Metodikaning amaliy samaradorligini to‘liq baholash uchun uni real qurilish obyektida GNSS RTK, elektron taxeometriya va zarur hollarda lazerli skanerlash ma’lumotlari asosida sinovdan o‘tkazish lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Bosché, F. (2010). Automated recognition of 3D CAD model objects in laser scans and calculation of as-built dimensions for dimensional compliance control in construction. *Advanced Engineering Informatics, 24*(1), 107–118. https://doi.org/10.1016/j.aei.2009.08.006

2. Bosché, F., Ahmed, M., Turkan, Y., Haas, C. T., & Haas, R. (2015). The value of integrating Scan-to-BIM and Scan-vs-BIM techniques for construction monitoring using laser scanning and BIM: The case of cylindrical MEP components. *Automation in Construction, 49*, 201–213. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.014

3. International Organization for Standardization. (2018a). *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM)—Information management using building information modelling—Part 1: Concepts and principles* (ISO 19650-1:2018). https://www.iso.org/standard/68078.html

4. International Organization for Standardization. (2018b). *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM)—Information management using building information modelling—Part 2: Delivery phase of the assets* (ISO 19650-2:2018). https://www.iso.org/standard/68080.html

5. International Organization for Standardization. (2024). *Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries—Part 1: Data schema* (ISO 16739-1:2024). https://www.iso.org/standard/84123.html

6. Noardo, F., Krijnen, T., Arroyo Ohori, K., Biljecki, F., Ellul, C., Harrie, L., Eriksson, H., Polia, L., Salheb, N., Tauscher, H., van Liempt, J., Goerne, H., Hintz, D., Kaiser, T., Leoni, C., Warchol, A., & Stoter, J. (2021). Reference study of IFC software support: The GeoBIM benchmark 2019—Part I. *Transactions in GIS, 25*(2), 805–841. https://doi.org/10.1111/tgis.12709

7. Uggla, G., & Horemuz, M. (2018). Geographic capabilities and limitations of Industry Foundation Classes. *Automation in Construction, 96*, 554–566. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.10.014

8. Valero, E., Bosché, F., & Bueno, M. (2022). Laser scanning for BIM. *Journal of Information*

Technology in Construction, 27, 486–495. https://doi.org/10.36680/j.itcon.2022.023

UDK: 528.2:528.4:627.8(584.4)

ANDIJON VILOYATIDAGI GIDROTEXNIKA INSHOOTLARINING DEFORMATSIYALARINI GNSS VA ELEKTRON TAXEOMETRIYA ASOSIDA GEODEZIK MONITORING QILISH.

Boltaboyev Otamirza Sattarovich *-Andijon davlat texnika instituti "Gidrotexnika va gidroenergetika" kafedrasi*

ANNOTATSIYA

Maqolada Andijon viloyatidagi gidrotexnika inshootlarining fazoviy holatini GNSS va elektron taxeometr yordamida geodezik monitoring qilish masalalari ko'rib chiqilgan. Tadqiqotning maqsadi takroriy geodezik o'lchashlar asosida inshootlarning gorizontal va vertikal siljishlarini aniqlash hamda natijalarning ishonchliligini baholashdan iborat. Monitoring tizimi tayanch geodezik punktlar va inshootlarning konstruktiv elementlarida o'rnatilgan deformatsion belgilar asosida shakllantirilgan. Kuzatuv davrlarida aniqlangan koordinatalar o'zaro taqqoslanib, fazoviy siljish vektorlari hisoblanadi. O'lchash natijalarini qayta ishlashda geodezik tarmoqni tenglashtirish, o'rta kvadratik xatolikni aniqlash va siljishlarning statistik ahamiyatini baholash usullaridan foydalanilgan. Natijada gidrotexnika inshootlarining barqaror, kuchaytirilgan kuzatuv talab qiluvchi va potensial xavfli qismlarini ajratishga imkon beruvchi monitoring algoritmi taklif etilgan.

Kalit so'zlar: *gidrotexnika inshooti, geodezik monitoring, GNSS, elektron taxeometr, deformatsiya, gorizontal siljish, vertikal siljish, geodezik tarmoq, o'rta kvadratik xatolik, monitoring algoritmi.*

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены вопросы геодезического мониторинга пространственного положения гидротехнических сооружений Андижанской области с применением GNSS и электронного тахеометра. Цель исследования заключается в определении горизонтальных и вертикальных перемещений сооружений по результатам повторных геодезических измерений и оценке достоверности полученных данных. Система мониторинга формируется на основе опорных геодезических пунктов и деформационных марок, установленных на конструктивных элементах сооружений. Координаты, определённые в различные циклы наблюдений, сопоставляются для вычисления векторов пространственного смещения. Обработка результатов включает уравнивание геодезической сети, определение средних квадратических погрешностей и оценку статистической значимости выявленных перемещений. Предложен алгоритм мониторинга, позволяющий выделять устойчивые участки сооружений, зоны усиленного наблюдения и потенциально опасные участки.

Ключевые слова: *гидротехническое сооружение, геодезический мониторинг, GNSS, электронный тахеометр,*

деформация, горизонтальное смещение, вертикальное смещение, геодезическая сеть, средняя квадратическая погрешность, алгоритм мониторинга.

ABSTRACT

The article addresses geodetic monitoring of the spatial stability of hydraulic structures in the Andijan region using GNSS and electronic total-station measurements. The study aims to determine horizontal and vertical displacements from repeated geodetic surveys and to assess the reliability of the obtained results. The monitoring system is based on stable reference points and deformation marks installed on structural elements of the investigated facilities. Coordinates determined during different observation cycles are compared to calculate three-dimensional displacement vectors. Data processing includes least-squares adjustment of the geodetic network, estimation of root-mean-square errors, and statistical assessment of the detected movements. A monitoring algorithm is proposed for distinguishing stable structural sections, areas requiring intensified observation, and potentially hazardous zones. The methodology provides a basis for supporting operational safety decisions for hydraulic structures.

Keywords: *hydraulic structure, geodetic monitoring, GNSS, electronic total station, deformation, horizontal displacement, vertical displacement, geodetic network, root-mean-square error, monitoring algorithm.*

KIRISH

Gidrotexnika inshootlari suv oqimini boshqarish, sug‘orish tizimlarini barqaror suv bilan ta’minlash, suv resurslarini to‘plash va hududlarni suv bilan bog‘liq xavflardan himoya qilishda muhim ahamiyatga ega. Ushbu inshootlarning qurilishi va ekspluatatsiyasi jarayonida gidrostatik bosim, gruntlarning cho‘kishi, filtratsiya, harorat o‘zgarishi, seysmik ta’sir hamda konstruktiv elementlarga tushadigan notekis yuklanishlar natijasida turli deformatsiyalar yuzaga kelishi mumkin. Deformatsiyalarning ruxsat etilgan chegaradan ortishi inshootning mustahkamligi, barqarorligi va xavfsiz ishlashiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli ularning fazoviy holatini muntazam geodezik kuzatish gidrotexnika inshootlari xavfsizligini ta’minlashning asosiy tarkibiy qismlaridan hisoblanadi.

Geodezik monitoring inshootning tayanch va deformatsion punktlarida takroriy o‘lchashlarni bajarish, kuzatuv davrlari orasidagi koordinata hamda balandlik o‘zgarishlarini aniqlash va ularning statistik ahamiyatini baholashga asoslanadi. Bunda aniqlangan siljish qiymati faqat geometrik farq sifatida emas, balki o‘lchash xatoliklari bilan birgalikda tahlil qilinishi kerak. Aks holda, o‘lchash jarayonidagi tasodifiy xatolik haqiqiy deformatsiya sifatida noto‘g‘ri talqin qilinishi mumkin. Gidrotexnika inshootlarida qo‘llaniladigan zamonaviy geodezik va masofadan zondlash vositalari tahlili turli texnologiyalarni birgalikda qo‘llash deformatsiyalarni aniqlashning fazoviy qamrovi hamda ishonchliligini oshirishini ko‘rsatadi.

GNSS texnologiyalari deformatsion punktlarning uch o‘lchamli koordinatalarini yagona geodezik tizimda aniqlash, uzoq muddatli kuzatuvlarni avtomatlashtirish va turli kuzatuv davrlarida olingan natijalarni o‘zaro taqqoslash imkonini beradi. Biroq GNSS o‘lchashlarining aniqligiga sun’iy yo‘ldoshlar geometriyasi, signalning ko‘p yo‘lliligi, ionosfera va

troposfera ta’siri, antenna atrofidagi to‘siqlar hamda kuzatuv davomiyligi ta’sir qiladi. Shu bois gidrotexnika inshootlarining barcha konstruktiv qismlarida faqat GNSS usulidan foydalanish yetarli natija bermasligi mumkin. GNSS vaqt qatorlarini statistik tahlil qilish orqali umumiy deformatsiya tendensiyasini mavsumiy va davriy o‘zgarishlardan ajratish mumkinligi amaliy tadqiqotlarda ko‘rsatilgan.

Elektron taxeometriya qisqa va o‘rta masofalarda gorizontal hamda vertikal burchaklar, qiya masofalar va nuqtalarning fazoviy koordinatalarini yuqori aniqlikda aniqlash imkonini beradi. Mazkur usul sun’iy yo‘ldosh signali cheklangan, konstruktiv elementlar zich joylashgan yoki to‘g‘ridan-to‘g‘ri GNSS kuzatuvini tashkil etish qiyin bo‘lgan hududlarda ayniqsa samaralidir. Shu bilan birga, taxeometrik o‘lchashlarda ko‘rish nurining atmosferada sinishi, harorat va bosim o‘zgarishi, asbobni markazlashtirish hamda vizirlash xatolari natijalarning aniqligiga ta’sir ko‘rsatadi. Robotlashtirilgan taxeometr yordamida to‘g‘on deformatsiyalarini kuzatish bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar refraksiya ta’sirini hisobga olish millimetr darajasidagi siljishlarni ishonchli aniqlash uchun zarurligini ko‘rsatgan.

Andijon viloyatidagi suv omborlari, kanallar, suv taqsimlash tugunlari, dambalar va boshqa gidrotexnika inshootlarining xavfsiz ishlashi hududning suv xo‘jaligi barqarorligi uchun muhimdir. Mazkur inshootlarning ayrimlari murakkab muhandislik-geologik va seysmik sharoitlarda ekspluatatsiya qilinadi. O‘zbekiston hududida grunt sharoitlari va seysmik xavfning hududiy farqlanishi inshootlarni baholashda mahalliy geologik omillarni hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi. Bunday sharoitda inshootning faqat tashqi texnik holatini ko‘zdan kechirish yetarli bo‘lmaydi. Konstruktiv elementlarning kichik siljishlarini dastlabki bosqichda aniqlash uchun barqaror tayanch punktlari, deformatsion belgilar va davriy o‘lchashlardan iborat geodezik monitoring tizimi talab etiladi.

Amaliyotda GNSS va elektron taxeometriya ko‘pincha alohida o‘lchash vositalari sifatida qo‘llanadi. Natijada turli usullarda olingan koordinatalarni yagona tizimda birlashtirish, geodezik tarmoq barqarorligini tekshirish va aniqlangan siljishning statistik ahamiyatini baholash masalalari yetarlicha hal etilmasligi mumkin. Mazkur tadqiqotda GNSSning yagona koordinatalar tizimini ta’minlash imkoniyati elektron taxeometrning lokal yuqori aniqligi bilan birlashtiriladi. Bunda kuzatuv natijalari eng kichik kvadratlar usulida tenglashtirilib, koordinatalarning o‘rta kvadratik xatoliklari va kuzatuv davrlari orasidagi siljishlarning ishonchlilik darajasi aniqlanadi.

Tadqiqotning maqsadi GNSS va elektron taxeometr yordamida bajarilgan takroriy geodezik o‘lchashlar asosida Andijon viloyatidagi tanlangan gidrotexnika inshootlarining gorizontal va vertikal siljishlarini aniqlash, natijalarning aniqligini baholash hamda deformatsiyalarni monitoring qilish metodikasini takomillashtirishdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun geodezik monitoring tarmog‘ini shakllantirish, tayanch punktlarning barqarorligini tekshirish, kuzatuv davrlarida punktlar koordinatalarini aniqlash, tarmoqni tenglashtirish, fazoviy siljish vektorlarini hisoblash va aniqlangan deformatsiyalarni statistik mezonlar asosida baholash vazifalari belgilandi. Tadqiqotning ilmiy

yangiligi GNSS va elektron taxeometriya natijalarini yagona geodezik modelda integratsiyalash hamda aniqlangan siljishlarni ularning o‘rta kvadratik xatoliklari bilan birgalikda baholashga asoslangan monitoring algoritmini ishlab chiqishdan iborat.

MATERIALLAR VA USULLAR

Tadqiqot obyektlarini tanlash. Tadqiqot obyekti sifatida Andijon viloyatida joylashgan, konstruktiv tuzilishi va ekspluatatsiya sharoiti bilan farqlanuvchi gidrotexnika inshootlari qabul qilindi. Obyektlarni tanlashda ularning suv xo‘jaligidagi ahamiyati, foydalanish davomiyligi, seysmik va gidrostatik yuklar ta’siri, deformatsion belgilarni o‘rnatish imkoniyati hamda geodezik ko‘rish sharoiti hisobga olindi. Monitoring tadqiqotlari inshootlarning asosiy konstruktiv elementlari, tayanch qismlari, deformatsion choklari va grunt bilan tutashgan uchastkalariga yo‘naltirildi.

Kuzatuvlar uchun inshoot hududidan tashqarida joylashgan barqaror tayanch punktlari va bevosita konstruksiyalarda o‘rnatilgan deformatsion belgilar tizimi shakllantirildi. Tayanch punktlari suv sathi o‘zgarishi, transport vibratsiyasi, qurilish ishlari va mahalliy grunt deformatsiyalarining bevosita ta’siridan tashqarida joylashtirildi. Deformatsion belgilar esa konstruksiyaning kutilayotgan siljishlarini ifodalashi mumkin bo‘lgan xarakterli nuqtalarda o‘rnatildi.

Geodezik monitoring tarmog‘i. Monitoring tarmog‘i tayanch va deformatsion qismlardan tashkil topgan ikki pog‘onali sxema asosida shakllantirildi. Birinchi pog‘ona GNSS yordamida aniqlanadigan tashqi tayanch punktlaridan, ikkinchi pog‘ona esa elektron taxeometr orqali kuzatiladigan lokal deformatsion belgilardan iborat. Bunday tuzilish GNSSning yagona koordinatalar tizimini shakllantirish imkoniyatini elektron taxeometrning lokal yuqori aniqligi bilan birlashtiradi.

Tayanch tarmog‘ida kamida uchta o‘zaro bog‘langan barqaror punktdan foydalanish nazarda tutildi. Deformatsion belgilar soni va joylashuvi inshootning geometrik o‘lchamlari, konstruktiv sxemasi va deformatsiya rivojlanishi ehtimoli yuqori bo‘lgan qismlariga qarab belgilandi. Tarmoq geometriyasi ortiqcha o‘lchashlarni ta’minlaydigan tarzda loyihalashtirildi. Bu alohida kuzatuvlardagi qo‘pol xatolarni aniqlash va koordinatalar ishonchliligini baholash imkonini beradi. Gidrotexnika inshootlarida deformatsion tarmoqlarni tashkil etishda aniqlik, sifat nazorati va takroriy o‘lchashlarning bir xil sxemada bajarilishi asosiy talab hisoblanadi.



1-rasm. Gidrotexnika inshootlarini geodezik monitoring qilishning umumiy sxemasi.

Geodezik o‘lchashlar. GNSS kuzatuvlari ko‘p chastotali geodezik qabul qilgichlar yordamida nisbiy statik usulda bajarilishi ko‘zda tutildi. Boshlang‘ich kuzatuv siklida tayanch punktlarning koordinatalari aniqlanib, keyingi sikllarda ularning barqarorligi tekshirildi. Kuzatuvlar bir xil vaqt oralig‘i, antenna balandligini majburiy markazlashtirish va imkon qadar o‘xshash sun’iy yo‘ldoshlar geometriyasi sharoitida tashkil etildi. Signalning ko‘p yo‘lliligi va sun’iy yo‘ldoshlarning past balandlik burchagidagi kuzatuvlari ma’lumotlarni qayta ishlash jarayonida nazorat qilindi.

Elektron taxeometrik kuzatuvlarda burchak o‘lchash aniqligi 2 sekunddan, masofa o‘lchash aniqligi esa ±(2 mm+2 ppm) dan past bo‘lmagan geodezik asbobdan foydalanish talabi qabul qilindi. Gorizontal va vertikal burchaklar kamida ikki doira holatida o‘lchanib, har bir deformatsion belgigacha bo‘lgan masofa takroran aniqlandi. Asbob va qaytargichlarni majburiy markazlashtirish o‘rnatish xatolarini kamaytirishning asosiy sharti sifatida belgilandi.

Atmosfera refraksiyasining taxeometrik o‘lchashlarga ta’sirini kamaytirish uchun kuzatuv paytidagi havo harorati, atmosfera bosimi va namlik qayd etildi. Kuzatuvlar imkon qadar ertalab yoki harorat gradienti barqaror bo‘lgan vaqtda bajarildi. Robotlashtirilgan taxeometrlar bilan olib borilgan tadqiqotlar atmosfera refraksiyasi, ayniqsa, vertikal siljishlarni aniqlash aniqligiga sezilarli ta’sir qilishi mumkinligini ko‘rsatadi.

1-jadval.

Geodezik monitoringda qo‘llaniladigan o‘lchashlar

O‘lchash turi	Asosiy vazifasi	Sifat nazorati
Statik GNSS kuzatuvi	Tayanch punktlarning fazoviy koordinatalarini aniqlash	Sun’iy yo‘ldoshlar geometriyasi, seans davomiyligi va antenna balandligini tekshirish
Elektron taxeometriya	Deformatsion belgilarning lokal koordinatalarini aniqlash	Ikki doira holatida o‘lchash va ortiqcha yo‘nalishlardan foydalanish
Trigonometrik nivelirlash	Vertikal siljishlarni aniqlash	Qarama-qarshi yo‘nalishlarda kuzatish va refraksiya ta’sirini kamaytirish
Meteorologik kuzatuv	Atmosfera tuzatmalarini hisoblash	Harorat, bosim va namlikni o‘lchash
Suv sathini qayd etish	Deformatsiya va gidrostatik yuk bog‘liqligini baholash	Har bir geodezik sikl bilan bir vaqtda qayd etish

Kuzatuvlar boshlang‘ich t_0 sikli va kamida ikkita takroriy t_1 hamda t_2 sikllarda bajariladi. Barcha sikllarda asbob joylashuvi, vizirlash sxemasi, punktlarni kuzatish ketma-ketligi va koordinatalar tizimi o‘zgartirilmaydi. Kuchli zilzila, suv sathining keskin o‘zgarishi yoki inshootda tashqi nuqsonlar aniqlangan hollarda navbatdan tashqari kuzatuv sikli o‘tkazilishi nazarda tutiladi.

O‘lchash natijalarini matematik qayta ishlash. GNSS va taxeometrik kuzatuvlar yagona lokal topotsentrik koordinatalar tizimiga keltirildi. Mahalliy tizimning E o‘qi sharqqa, N o‘qi shimolga, U o‘qi esa vertikal yuqoriga yo‘naltirildi. Kuzatuv natijalari eng kichik kvadratlar usuli bilan tenglashtirildi:

$$\hat{\mathbf{x}} = \left(\mathbf{A}^T\mathbf{P}\mathbf{A}\right)^{-1}\mathbf{A}^T\mathbf{P}\mathbf{l},$$

bu yerda A — koeffitsiyentlar matritsasi; P — o‘lchashlar vazn matritsasi;
l — kuzatilgan qiymatlar vektori; x— tenglashtirilgan koordinatalar vektori.

Har bir deformatsion belgining ikki kuzatuv sikli orasidagi koordinata o‘zgarishlari quyidagicha hisoblanadi:

$$\Delta E_i = E_i^{(t)} - E_i^{(0)}$$

$$\Delta N_i = N_i^{(t)} - N_i^{(0)}$$

$$\Delta U_i = U_i^{(t)} - U_i^{(0)}$$

Gorizontal siljish miqdori:

$$d_{h,i} = \sqrt{(\Delta E_i)^2 + (\Delta N_i)^2}$$

Fazovi siljish:

$$d_{s,i} = \sqrt{(\Delta E_i)^2 + (\Delta N_i)^2 + (\Delta U_i)^2}$$

formula bilan aniqlandi. Deformatsiyaning kuzatuvlar orasidagi o‘rtacha tezligi:

$$v_i = \frac{d_{s,i}}{t - t_0}$$

ko‘rinishida hisoblandi.

Siljishlarning statistik ahamiyatini baholash. Koordinatalar orasidagi oddiy farq deformatsiya mavjudligini tasdiqlash uchun yetarli emas. Shu sababli boshlang‘ich va takroriy sikllardagi koordinatalar kovariatsiya matritsalari asosida siljishning statistik ahamiyati baholandi.

2-jadval.

Aniqlangan deformatsiyalarni baholash mezonlari

Holat	Statistik va muhandislik mezoni	Monitoring qarori
Barqaror	Siljish statistik jihatdan ahamiyatsiz	Rejali kuzatuv davom ettiriladi
Nazorat talab qiluvchi	Siljish ahamiyatli, ammo ruxsat etilgan chegaradan kichik	Kuzatuvlar davriyligi qisqartiriladi
Potensial xavfli	Siljish ruxsat etilgan chegaraga yaqin yoki tezlashmoqda	Qo‘shimcha geodezik va texnik tekshiruv o‘tkaziladi
Kritik	Siljish loyihaviy chegaradan oshgan	Ekspluatatsion xavfsizlik bo‘yicha tezkor qaror qabul qilinadi

Sikllar o‘zaro mustaqil deb qabul qilinganda siljish vektorining kovariatsiya matritsasi:

$$\mathbf{C}_{\Delta i} = \mathbf{C}_i^{(t)} + \mathbf{C}_i^{(0)}$$

orqali aniqlandi. Sinov statistikasi quyidagi ifoda bilan hisoblandi:

$$T_i = \Delta\mathbf{p}_i^T \mathbf{C}_{\Delta i}^{-1} \Delta\mathbf{p}_i$$

Monitoring natijalarini muhandislik nuqtayi nazaridan baholashda faqat statistik mezon emas, balki inshoot loyihasida belgilangan ruxsat etilgan deformatsiya chegarasi ham hisobga olindi.

Mazkur metodika GNSS va elektron taxeometriya natijalarini yagona matematik modelda birlashtirish, tayanch punktlar barqarorligini tekshirish hamda haqiqiy deformatsiyani o‘lchash xatoligidan ajratish imkonini beradi.

NATIJALAR

Integratsiyalashgan monitoring algoritmi. Tadqiqot natijasida GNSS va elektron taxeometr yordamida olingan kuzatuvlarni yagona lokal ENU koordinatalar tizimida birlashtiruvchi geodezik monitoring algoritmi ishlab chiqildi. Algoritm tayanch punktlarining barqarorligini tekshirish, deformatsion belgilar koordinatalarini tenglashtirish, kuzatuv sikllari orasidagi siljish vektorlarini hisoblash va aniqlangan deformatsiyalarning

statistik ahamiyatini baholash bosqichlarini qamrab oladi.

GNSS kuzatuvlari monitoring tarmog‘ining tashqi tayanch asosini shakllantirishga, elektron taxeometrik kuzatuvlar esa inshoot konstruksiyalaridagi lokal siljishlarni aniqlashga xizmat qiladi. Ushbu yondashuv GNSSning yagona koordinatalar tizimini ta’minlash imkoniyatini elektron taxeometrning qisqa masofalardagi yuqori aniqligi bilan birlashtiradi.

Tenglashtirishdan keyin har bir deformatsion belgi uchun quyidagi natijalar shakllantiriladi:

- E, N va U koordinatalarining tenglashtirilgan qiymatlari;
- koordinatalarning o‘rta kvadratik xatoliklari;
- gorizontal va vertikal siljish komponentlari;
- fazoviy siljish vektori;
- deformatsiyaning vaqt bo‘yicha o‘rtacha tezligi;
- siljishning statistik ahamiyat ko‘rsatkichi.

Elektron taxeometrik kuzatuvlarning nazariy aniqligi. Taklif etilgan metodikaning aniqlik imkoniyatlarini baholash uchun burchak o‘lchash aniqligi 2″, masofa o‘lchash aniqligi esa ±(2 mm+2 ppm) bo‘lgan elektron taxeometr asosida nazariy hisoblash bajarildi. Mazkur hisob dala o‘lchovi emas, balki monitoring tarmog‘ini loyihalashda qo‘llaniladigan aprior aniqlik tahlilidir.

Masofa o‘lchashning o‘rta kvadratik xatoligi:

$$m_s = 2 + 0.002D$$

burchak o‘lchash natijasida yuzaga keladigan ko‘ndalang xatolik:

$$m_\perp = D \cdot 1000 \cdot \frac{2}{206265}$$

nuqta gorizontal holatining umumiy xatoligi esa:

$$m_p = \sqrt{m_s^2 + m_\perp^2}$$

formulalari yordamida hisoblandi. Bu yerda D — asbobdan deformatsion belgigacha bo‘lgan masofa, m.

Ikki mustaqil kuzatuv sikli orasidagi koordinata farqining xatoligi:

$$m_\Delta = \sqrt{2}\, m_p$$

ga teng. Gorizontal siljishning 95 foizlik ishonchlilik darajasidagi minimal aniqlash chegarasi ikki o‘lchamli mezon asosida quyidagicha belgilandi:

$$d_{\min} = \sqrt{\chi^2_{2;0.95}}\, m_\Delta = 2.448\, m_\Delta$$

3-jadval.

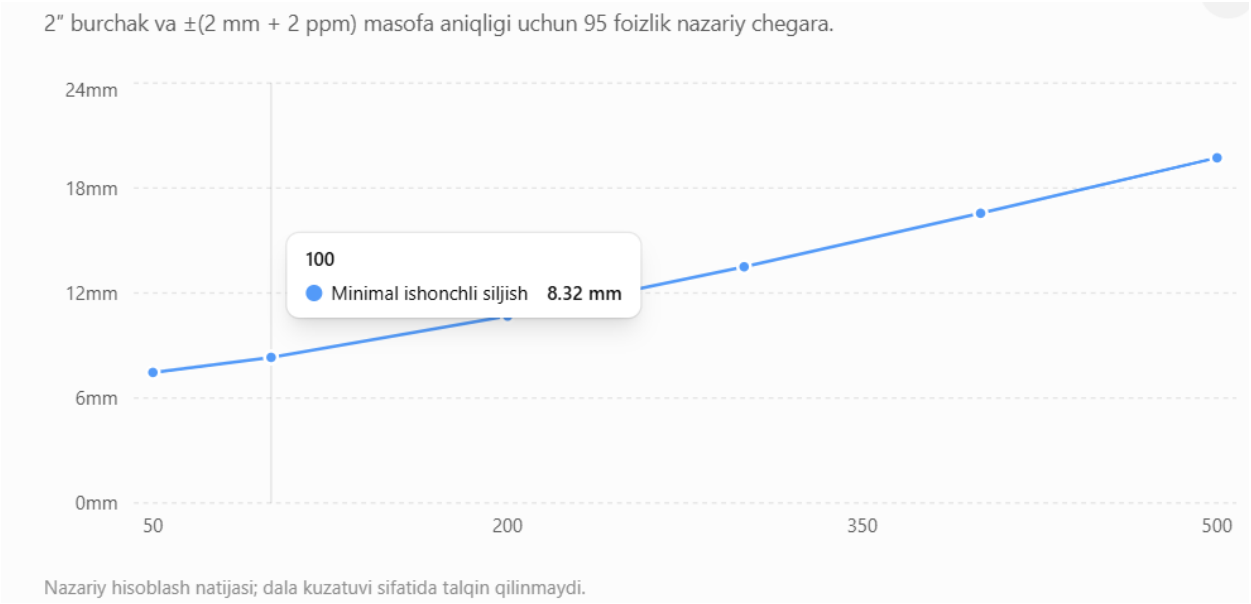
Elektron taxeometrik monitoringning nazariy aniqlik ko‘rsatkichlari

Kuzatuv masofasi D, m	Masofa xatoligi m_s, mm	Burchak ta’siri m_1, mm	Nuqta xatoligi m_p, mm	Minimal ishonchli siljish d_{min}, mm

50	2,10	0,48	2,16	7,46
100	2,20	0,97	2,40	8,32
200	2,40	1,94	3,09	10,68
300	2,60	2,91	3,90	13,50
400	2,80	3,88	4,78	16,56
500	3,00	4,85	5,70	19,73

Hisoblash natijalariga ko‘ra, asbob va deformatsion belgi orasidagi masofa 50 m bo‘lganda 95 foizlik ishonchlilik darajasida aniqlanishi mumkin bo‘lgan minimal gorizontal siljish 7,46 mm ni tashkil etdi. Masofa 200 m gacha oshganda ushbu ko‘rsatkich 10,68 mm, 500 m da esa 19,73 mm ga yetdi. Masofa ortishi bilan burchak o‘lchash xatoligining koordinatalarga ta’siri kuchayishi aniqlandi

.



3-rasm. Kuzatuv masofasi va minimal ishonchli gorizontal siljish orasidagi bog‘lanish

GNSS tayanch tarmog‘ining aniqlik bahosi. GNSS tayanch tarmog‘ining nazariy aniqligi statik o‘lchash uchun gorizontal yo‘nalishda ±(5 mm+1 ppm), vertikal yo‘nalishda esa ±(10 mm+1 ppm) aprior aniqlik sharti asosida baholandi. Bazis uzunligi 1 km bo‘lganda bir kuzatuv siklidagi gorizontal koordinata xatoligi 6 mm, balandlik xatoligi esa 11 mm ni tashkil qiladi.

Ikki mustaqil sikl uchun gorizontal siljishning 95 foizlik nazariy aniqlash chegarasi:

$$d_{\min,h} = 2.448\sqrt{2} \cdot 6 = 20.8 \text{ mm}$$

ga teng bo‘ldi. Vertikal siljish komponenti uchun:

$$d_{\min,v} = 1.96\sqrt{2} \cdot 11 = 30.5 \text{ mm}$$

qiymat olindi.

Mazkur natijalar qabul qilingan aprior aniqlik sharoitida GNSS kuzatuvlarini lokal millimetrli deformatsiyalarni mustaqil

aniqlashdan ko‘ra, monitoring tarmog‘ining tashqi tayanch punktlarini barqaror koordinatalar tizimida nazorat qilish uchun qo‘llash maqsadga muvofiqligini ko‘rsatdi. Kichik lokal siljishlarni aniqlashda elektron taxeometrik tarmoq ustun aniqlikka ega bo‘ldi.

Deformatsiyalarni baholash natijasi. Ishlab chiqilgan algoritmda aniqlangan siljishlar statistik va muhandislik mezonlari bo‘yicha to‘rt holatga ajratildi. Statistik jihatdan ahamiyatsiz koordinata o‘zgarishlari o‘lchash xatoligi doirasidagi tebranish sifatida baholanadi. Statistik ahamiyatga ega, biroq loyihaviy chegaradan kichik siljishlarda kuzatuv davriyligi qisqartiriladi. Siljish tezligining ortishi yoki loyihaviy chegaraga yaqinlashishi qo‘shimcha geodezik va konstruktiv tekshiruv o‘tkazish uchun asos hisoblanadi. Ruxsat etilgan chegaradan oshgan deformatsiya esa ekspluatatsion xavfsizlik bo‘yicha tezkor qaror qabul qilishni talab etadi.

Nazariy aniqlik tahlili elektron taxeometrning inshootdan 50–200 m masofada joylashtirilishi lokal deformatsiyalarni aniqlash uchun nisbatan qulay ekanini ko‘rsatdi. Masofa 300 m dan oshganda burchak o‘lchash xatoligining ta’siri sezilarli ortadi. Shu sababli katta gidrotexnika inshootlarida yagona uzoq masofali stansiya o‘rniga bir nechta o‘zaro bog‘langan lokal kuzatuv stansiyalaridan foydalanish metodik jihatdan asosli hisoblanadi.

MUHOKAMA

O‘tkazilgan metodik tahlil GNSS va elektron taxeometr gidrotexnika inshootlarining geodezik monitoringida bir-birini almashtiruvchi emas, balki o‘zaro to‘ldiruvchi vositalar ekanini ko‘rsatdi. GNSS monitoring tarmog‘ining tashqi tayanch asosini yagona koordinatalar tizimida nazorat qilish imkonini bersa, elektron taxeometr konstruktiv elementlarda joylashgan deformatsion belgilarning lokal siljishlarini yuqori aniqlikda kuzatishga xizmat qiladi. Mazkur xulosa gidrotexnika inshootlarini monitoring qilishda bir necha turdagi geodezik sensorlarni integratsiyalash zarurligi to‘g‘risidagi tadqiqot natijalari bilan mos keladi.

Nazariy aniqlik hisoblari elektron taxeometrik kuzatuvlarda deformatsion belgigacha bo‘lgan masofa natijaning ishonchliligini belgilovchi asosiy omillardan biri ekanini ko‘rsatdi. Kuzatuv masofasi 50 m dan 500 m gacha ortganda minimal ishonchli gorizontal siljish 7,46 mm dan 19,73 mm gacha oshdi. Ushbu o‘zgarish faqat masofa o‘lchash xatoligi bilan emas, balki burchak o‘lchash xatoligining masofaga mutanosib ravishda ortishi bilan izohlanadi.

Qabul qilingan asbob aniqligi uchun burchak o‘lchashdan hosil bo‘ladigan ko‘ndalang xatolik taxminan 260 m masofada masofa o‘lchash xatoligiga tenglashadi. Mazkur masofadan keyin nuqtaning gorizontal holatini aniqlashda burchak xatoligining ulushi ustunlik qila boshlaydi. Shu sababli cho‘zilgan kanal inshootlari, yirik dambalar yoki uzun frontga ega gidrotexnika obyektlarida bitta uzoq masofali asbob stansiyasidan foydalanish deformatsiyalarni aniqlash imkoniyatini cheklaydi. Bunday sharoitda kuzatuv hududini bir nechta lokal tarmoqlarga ajratish va ularni GNSS tayanch punktlari orqali o‘zaro bog‘lash maqsadga muvofiq.

Elektron taxeometrik monitoringning nazariy aniqligi yuqori bo‘lishiga qaramasdan, amaliy kuzatuvlarda atmosfera refraksiyasi, asbob va qaytargichni markazlashtirish, vizirlash sharoiti,

prizma doimiysi va konstruksiyaning harorat ta’siridagi qisqa muddatli o‘zgarishlari qo‘shimcha xatolik manbalari hisoblanadi. Ayniqsa, vertikal burchaklar orqali balandlik farqini aniqlashda yer yuzasiga yaqin havo qatlamlaridagi harorat gradienti natijalarga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Robotlashtirilgan taxeometrlar asosidagi tadqiqotlarda refraksiya tuzatmasini hisobga olish deformatsion monitoringning zarur shartlaridan biri sifatida qayd etilgan.

GNSS kuzatuvlari uchun hisoblangan nazariy chegaralar lokal taxeometrik tarmoq ko‘rsatkichlariga nisbatan kattaroq bo‘ldi. Bir kilometrli bazisda qabul qilingan aprior aniqlik bo‘yicha gorizontal siljishni aniqlash chegarasi 20,8 mm, vertikal komponent bo‘yicha esa 30,5 mm ni tashkil etdi. Bu natija GNSS texnologiyasi kichik lokal deformatsiyalarni aniqlash uchun yaroqsiz ekanini anglatmaydi. Yuqori aniqlikdagi qabul qilgichlar, uzoq muddatli statik kuzatuvlar, majburiy markazlashtirish va sifatli postprotsessing yordamida natijalarni yaxshilash mumkin. Biroq maqolada qabul qilingan konservativ sharoitda GNSSdan tashqi tayanch punktlarining barqarorligini nazorat qilish vositasi sifatida foydalanish ishonchliroq metodik yechim hisoblanadi.

GNSS vaqt qatorlarini tahlil qilish bo‘yicha tadqiqotlar deformatsiya trendini mavsumiy, harorat va suv sathi bilan bog‘liq davriy o‘zgarishlardan ajratish zarurligini ko‘rsatadi (Reguzzoni et al., 2022). Shu nuqtayi nazardan, faqat ikkita kuzatuv sikli orasidagi koordinata farqi deformatsiyaning rivojlanish qonuniyatini to‘liq tavsiflamaydi. Ikki sikl siljish mavjudligini dastlabki baholash imkonini bersa-da, uning tezlashishi, barqarorlashishi yoki davriy xususiyatini aniqlash uchun ko‘p siklli monitoring talab etiladi. Kuzatuvlar suv sathi, havo harorati va inshootning ekspluatatsiya rejimi haqidagi ma’lumotlar bilan bir vaqtda olib borilishi lozim.

4-jadval.

GNSS va elektron taxeometrik monitoring usullarining qiyosiy tavsifi

Usul	Monitoringdagi asosiy vazifa	Ustunligi	Asosiy cheklovi
Statik GNSS	Tashqi tayanch tarmog‘ini nazorat qilish	Yagona fazoviy koordinatalar tizimi	Sun’iy yo‘ldosh geometriyasi va multipath ta’siri
Elektron taxeometriya	Lokal deformatsion belgilarni kuzatish	Qisqa masofada yuqori aniqlik	Ko‘rish chizig‘i va atmosfera refraksiyasiga bog‘liqlik
Integratsiyalashgan usul	Tayanch va lokal tarmoqlarni birlashtirish	Natijalarning ortiqchaligi va o‘zaro tekshirilishi	Murakkab matematik qayta ishlashni talab qiladi

Taklif etilgan yondashuvning muhim jihati siljish qiymatini faqat belgilangan millimetrli chegaraga ko‘ra baholamasdan, uning kovariatsiya matritsasi va statistik ahamiyatini hisobga olishdan iborat. Bir xil miqdordagi siljish yuqori aniqlikdagi tarmoqda ishonchli deformatsiya sifatida aniqlanishi, geometriyasi zaif tarmoqda esa o‘lchash xatoligi chegarasida qolishi mumkin. Shu bois universal deformatsiya chegarasini barcha inshootlarga bir xil tatbiq etish ilmiy jihatdan asoslanmagan. Statistik mezon bilan bir qatorda har bir gidrotexnika inshootining konstruktiv sxemasi va loyihada belgilangan ruxsat etilgan siljish qiymatlari hisobga olinishi kerak.

Tadqiqotda olingan qiymatlar nazariy aniqlik tahlilining natijalari bo‘lib, Andijon viloyatidagi muayyan inshootlarda sodir bo‘lgan haqiqiy deformatsiyalarni ifodalamaydi. Hisoblashlarda kuzatuv sikllari mustaqil, tayanch punktlari barqaror va asbob xatoliklari normal taqsimlangan deb qabul qilindi. Real monitoringda tarmoq geometriyasi, tayanch punktlarning siljishi, meteorologik sharoit va sistematik xatoliklar sababli aniqlash chegaralari o‘zgarishi mumkin. Shuning uchun taklif etilgan nazariy ko‘rsatkichlar monitoring tarmog‘ini dastlabki loyihalashda qo‘llanadi, yakuniy aniqlik esa real kuzatuvlar tenglashtirilgandan keyingi kovariatsiya matritsasi asosida baholanishi lozim.

XULOSA

GNSS va elektron taxeometriya asosida gidrotexnika inshootlarining deformatsiyalarini monitoring qilish bo‘yicha ishlab chiqilgan metodika tayanch geodezik tarmoq va lokal deformatsion kuzatuvlarni yagona koordinatalar tizimida birlashtirish imkonini beradi. Tadqiqot natijalari asosida quyidagi xulosalar shakllantirildi:

1. GNSS va elektron taxeometriyani integratsiyalash ularning funksional imkoniyatlaridan maqsadli foydalanishni ta’minlaydi. GNSS monitoring tarmog‘ining tashqi tayanch punktlarini nazorat qilishda, elektron taxeometr esa inshoot konstruksiyalaridagi lokal gorizontal va vertikal siljishlarni aniqlashda samarali hisoblanadi.

2. Burchak o‘lchash aniqligi 2′′2", masofa o‘lchash aniqligi ±(2 mm+2 ppm)\pm(2\text{ mm}+2\text{ ppm}) bo‘lgan elektron taxeometr uchun 95 foizlik ishonchlilik darajasidagi minimal aniqlanadigan gorizontal siljish kuzatuv masofasiga bog‘liq ravishda o‘zgaradi. Mazkur ko‘rsatkich 50 m masofada 7,46 mm, 200 m da 10,68 mm va 500 m da 19,73 mm ni tashkil etdi.

3. Taxminan 260 m masofadan boshlab burchak o‘lchash xatoligining nuqta koordinatalariga ta’siri masofa o‘lchash xatoligidan ustun bo‘la boshlaydi. Shu sababli katta va cho‘zilgan gidrotexnika inshootlarida kuzatuv hududini bir nechta lokal taxeometrik tarmoqlarga ajratish hamda ularni GNSS tayanch punktlari orqali bog‘lash maqsadga muvofiq.

4. Bir kilometrli bazis uchun qabul qilingan konservativ GNSS aniqlik ko‘rsatkichlarida minimal ishonchli siljish chegarasi gorizontal yo‘nalishda
20,8 mm, vertikal yo‘nalishda 30,5 mm ni tashkil etdi. Bu natija GNSS kuzatuvlaridan, avvalo, tayanch punktlar barqarorligini nazorat qilish va yagona fazoviy koordinatalar tizimini saqlashda foydalanish zarurligini ko‘rsatadi.

5. Koordinatalarning oddiy farqi deformatsiya mavjudligini tasdiqlash uchun yetarli emas. Aniqlangan siljish kovariatsiya matritsasi va χ^2 mezoni asosida statistik tekshirilishi, so‘ngra inshoot loyihasida belgilangan ruxsat etilgan deformatsiya qiymati bilan taqqoslanishi lozim.

6. Taklif etilgan algoritm gidrotexnika inshootlarining holatini barqaror, kuchaytirilgan kuzatuv talab qiluvchi, potensial xavfli va kritik darajalarga ajratish imkonini beradi. Bunday tasnif monitoring davriyligini belgilash hamda qo‘shimcha muhandislik tekshiruvlarini rejalashtirish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

Olingan natijalar nazariy aniqlik tahliliga asoslangan. Metodikaning Andijon viloyatidagi muayyan gidrotexnika inshootlariga tatbiq etilishi tayanch va deformatsion punktlarda kamida uchta kuzatuv siklini tashkil etish, meteorologik sharoit hamda suv sathini qayd qilish va real o‘lchashlar bo‘yicha posterior aniqlikni baholashni talab etadi. Dala sinovlari metodikaning keyingi bosqichdagi asosiy yo‘nalishi hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Acosta, L. E., De Lacy, M. C., Ramos, M. I., Cano, J. P., Herrera, A. M., Avilés, M., & Gil, A. J. (2018). Displacements study of an earth fill dam based on high precision geodetic monitoring and numerical modeling. *Sensors, 18*(5), 1369. https://doi.org/10.3390/s18051369

2. Caldera, S., Barindelli, S., Sansò, F., & Pardi, L. (2022). Monitoring of structures and infrastructures by low-cost GNSS receivers. *Applied Sciences, 12*(23), 12468. https://doi.org/10.3390/app122312468

3. Ismailov, V. A., Yodgorov, S. I., Khusomiddinov, A. S., Yadigarov, E. M., Aktamov, B. U., & Avazov, S. B. (2024). Regional seismic risk assessment based on ground conditions in Uzbekistan. *Natural Hazards and Earth System Sciences, 24*, 2133–2146. https://doi.org/10.5194/nhess-24-2133-2024

4. Reguzzoni, M., Rossi, L., De Gaetani, C. I., Caldera, S., & Barzaghi, R. (2022). GNSS-based dam monitoring: The application of a statistical approach for time series analysis to a case study. *Applied Sciences, 12*(19), 9981. https://doi.org/10.3390/app12199981

5. Scaioni, M., Marsella, M., Crosetto, M., Tornatore, V., & Wang, J. (2018). Geodetic and remote-sensing sensors for dam deformation monitoring. *Sensors, 18*(11), 3682. https://doi.org/10.3390/s18113682

6. U.S. Army Corps of Engineers. (2018). *Structural deformation surveying: Engineer Manual EM 1110-2-1009*. Department of the Army. https://www.publications.usace.army.mil/portals/76/publications/engineermanuals/em_1110-2-1009.pdf

7. U.S. Army Corps of Engineers. (2020). *Instrumentation of embankment dams and levees: Engineer Manual EM 1110-2-1908*. Department of the Army. https://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Users/182/86/2486/EM%201110-2-1908.pdf

8. Zhou, J., Shi, B., Liu, G., & Ju, S. (2021). Accuracy analysis of dam deformation monitoring and correction of refraction with robotic total station. *PLOS ONE, 16*(5), e0251281. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251281

UDK 911.3:314.1(575.1)

O‘ZBEKISTONDA AHOLINING O‘SISHI VA IJTIMOIY MUAMMOLARNING GEOGRAFIK XUSUSIYATLARI

g.f.f.d. PhD Murodova D.S - *Qarshi davlat universiteti*
Xoliyorova N. - *Qarshi davlat universiteti talabasi*

Annotatsiya: *Ushbu maqolada O‘zbekiston Respublikasidagi zamonaviy demografik o‘zgarishlar, aholi sonining o‘sish sur’atlari va tendensiyalari hamda ushbu jarayonlar natijasida yuzaga kelayotgan ijtimoiy-iqtisodiy muammolar atroflicha tahlil qilingan. So‘nggi yillarda mamlakatda kuzatilayotgan "demografik dividend" va aholi zichligining ortishi bilan bog‘liq holda mehnat bozori, sog‘liqni saqlash, xalq ta’limi, uy-joy va ichimlik suvi ta’minoti tizimlariga tushayotgan yuklamalar statistik ma’lumotlar asosida ko‘rib chiqilgan. Maqolada shuningdek, barqaror iqtisodiy o‘sishni ta’minlash va aholi farovonligini oshirish maqsadida ijtimoiy infratuzilmani rivojlantirish hamda demografik siyosatni takomillashtirish bo‘yicha ilmiy-amaliy taklif va tavsiyalar ilgari surilgan.*

Kalit so‘zlar: *demografik o‘sish, urbanizatsiya, ijtimoiy muammolar, bandlik, infratuzilma, sog‘liqni saqlash, tug‘ilish ko‘rsatkichi, uy-joy ta’minoti, ichimlik suvi.*

Аннотация. *В данной статье подробно анализируются современные демографические изменения, темпы и тенденции роста населения в Республике Узбекистан, а также социально-экономические проблемы, возникающие в результате этих процессов. На основе статистических данных рассматривается нагрузка на рынок труда, системы здравоохранения, народного образования, жилищного обеспечения и питьевого водоснабжения в связи с наблюдаемым в последние годы «демографическим дивидендом» и ростом плотности населения. В статье также выдвинуты научно-практические предложения и рекомендации по развитию социальной инфраструктуры и совершенствованию демографической политики с целью обеспечения устойчивого экономического роста и повышения благосостояния населения.*

Ключевые слова: *демографический рост, урбанизация, социальные проблемы, занятость, инфраструктура, здравоохранение, рождаемость, жилищное обеспечение, питьевая вода.*

Abstract: *This article provides a comprehensive analysis of modern demographic changes, population growth rates and trends in the Republic of Uzbekistan, and the socio-economic problems arising as a result of these processes. The burden on the labor market, healthcare, public education, housing, and drinking water supply systems in connection with the "demographic dividend" and the increase in population density observed in the country in recent years is examined based on statistical data. The article also puts forward scientific and practical proposals and recommendations for the development of social infrastructure and improvement of demographic policy in order to ensure sustainable*

economic growth and increase the well-being of the population.

Keywords: *demographic growth, urbanization, social problems, employment, infrastructure, health care, fertility rate, housing supply, drinking water.*

Kirish. Dunyo aholisining o‘sishi va ishlab chiqarish hajmi barqaror bo‘lmagan ijtimoiy shakllari bilan birgalikda aholi turmush tarziga tobora katta yukni qo‘ymoqda. Bu o‘zaro ta’sir jarayonlari atmosfera, yer, suv, energiya va boshqa resurslardan foydalanishga ta’sir qiladi. Ushbu faoliyatni to‘g‘ri tartibga solmasdan, tez rivojlanayotgan shaharlar jiddiy ekologik muammolarga duch keladi. Ushbu murakkab o‘zaro munosabatlar tizimining asosiy elementi inson omili bo‘lib, barqaror rivojlanishning kompleks siyosatini ishlab chiqish va amalga oshirishda tegishli e’tiborga olinishi kerak. Bunday siyosat demografik tendensiyalar va omillar, resurslardan foydalanish, tegishli texnologiya hamda rivojlanishning tarqalishi o‘rtasidagi bog‘liqliklarning mavjudligini hisobga olishi kerak.

Asosiy qism.Hozirda dunyodagi umumiy, tizimli globallashuv jarayonining demografik muhitda aks etishi, ya’ni «demografik globalizatsiya» davri mamlakatlar aholisining takror barpo bo‘lishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatmoqda. Binobarin, bu davrda aholi, mehnat resurslarining nafaqat miqdori, balki sifat tarkibi, takror barpo bo‘lishi har qanday xavf-xatardan holi bo‘lmog‘i lozim. Odatda, ijtimoiy-iqtisodiy o‘zgarishlar demografik jarayonlarda o‘tish davriga sabab bo‘ladi, bu davrda aholi o‘rtasida shakllangan demografik mayl, fikr, qarash va xohishlar retrospektiv davrdan butunlay farq qiladi va ularni boshqa orqaga qaytarib bo‘lmaydi .

2050 yilga kelib, dunyo aholisi 2 milliard kishiga, 7,7 milliarddan 9,7 milliardga ko‘payishi kutilmoqda va asr oxiriga kelib tabiiy o‘sishning davom etishi natijasida deyarli 11 milliard kishiga yetadi. Bu davrda butun dunyo bo‘ylab ko‘proq odamlar yashash joyi sifatida shaharlarni tanlashi va 5 yoshgacha bo‘lgan bolalar soni 65 va undan katta yoshdagi bolalardan ko‘p bo‘lishi taxmin qilinmoqda. Hozirdan 2050 yilgacha dunyo aholisi o‘sishining yarmi faqat to‘qqizta davlat hissasiga to‘g‘ri kelishi kutilmoqda: Hindiston, Nigeriya, Pokiston, Kongo Demokratik Respublikasi, Efiopiya, Tanzaniya, Indoneziya, Misr va Amerika Qo‘shma Shtatlari. Afrikaning Sahroi Kabirdan janubi-g‘arbiy qismidagi aholi soni ikki baravar oshishi, Yevropa aholisi esa kamayishi kutilmoqda. Shu bilan birga, odamlar endi bir joyda qolmaydi, oxirgi yigirma yil ichida xalqaro migrantlar ulushi doimiy ravishda dunyo umumiy aholisining taxminan 3 foizini tashkil etgan bo‘lsa-da, 2000 yildan buyon bu ko‘rsatkich ikki baravar ko‘paydi. Shu bilan birga uzoq davom yetgan mojarolar o‘z uylarini tashlab ketgan odamlar sonini keskin oshirdi va iqlim o‘zgarishi hamda atrof-muhitning buzilishi natijasida bu raqam yanada oshishi mumkin .

Dunyoda global muammoga aylanib borayotgan aholining keksayish jarayoni tobora ko‘proq mamlakatlarni qamrab olayotgan bir paytda O‘zbekistonning demografik holatida keskin yosharish jarayoni kuzatilmoqda. Qayd etilishicha, oxirgi besh yilda tug‘ilishning keskin ortishi mamlakat demografik dividend (Demografik dividend – bu mamlakatda mehnatga layoqatli aholining ulushi bolalar va qariyalar ulushidan oshib ketganda va tug‘ilishning pasayishi natijasida yuzaga keladigan iqtisodiy o‘sish

salohiyati) bo‘sag‘asida turganligidan darak beradi.

O‘zbekiston mutlaq demografik o‘sish bo‘yicha Markaziy Osiyo davlatlari orasida yetakchi hisoblanadi. Masalan, 2010-yildan buyon O‘zbekiston aholisi soni 5,4 milliondan ortiq kishiga ko‘paydi. Shu davrda aholi sonining o‘sishi Qozog‘istonda 2,4 million, Tojikistonda 1,97 million, Qirg‘izistonda 1,05 million va Turkmanistonda 0,91 million kishini tashkil etdi. Shunday qilib, so‘nggi o‘n yillikda Markaziy Osiyoda aholi sonining mutlaq o‘sishining 46 foizdan ortig‘i O‘zbekiston hissasiga to‘g‘ri keladi. Ammo shuni e’tirof etish kerakki, O‘zbekiston aholisining sezilarli mutlaq o‘sishi faqat uning kattaligi bilan bog‘liq. 2010-2020 yillar davomida O‘zbekiston aholisi 1,80 foizga o‘sdi, bu ko‘rsatkich bo‘yicha Qozog‘iston (1,42 foiz) va Turkmaniston (1,76 foiz) dan yuqori bo‘lsa, Qirg‘iziston (1,87 foiz) va Tojikistondan (2,40 foiz) orqada qolgan .

O‘zbekistonda hozirgi demografik o‘sishning sabablaridan biri aholining turli yosh guruhlari dinamikasidir. O‘zbekistonda 2010-2024 yillarda kuzatilgan aholi sonining o‘sishi ko‘p jihatdan jami aholi tarkibida 25-29 va 30-34 yosh guruhlari ulushining faol o‘sishi bilan bog‘liq. Ushbu yosh guruhlari barcha tug‘ilishlarning yarmidan ko‘pini tashkil qiladi. Masalan, 2010-2024-yillarda ushbu ikki yosh toifasining umumiy soni 34,7 foizga, mamlakat aholisining umumiy soni yesa 21,1 foizga oshgan.

O‘zbekiston aholisi 2024 yil boshiga kelib 36,8 million kishini tashkil qildi, bu 2021 yil boshidagiga nisbatan 2241 ming kishiga (6,48%) ko‘p demakdir. Aholi soni o‘sishining yuqoriligi tug‘ilishning o‘limga nisbatan ancha ko‘pligi bilan bog‘liq. 2024 yilda 961,9 ming nafar go‘dak dunyoga kelgan. Hududlar bo‘yicha Samarqand (114,0 ming), Farg‘ona (106,5 ming), Qashqadaryo (101,9 ming) va Andijon (89,4 ming) viloyatlarida tug‘ilish nisbatan yuqori bo‘lsa, Sirdaryo (22,2 ming), Navoiy (25,9 ming), Qoraqalpog‘iston Respublikasida (44,0 ming), Jizzax (40,9 ming) viloyatlarida tug‘ilishning past ko‘rsatkichlari kuzatilgan. O‘lganlar soni bo‘yicha Toshkent shahri (15,6 ming), Samarqand (19,4 ming), Farg‘ona (18,7 ming), Toshkent (15,5 ming) viloyatlari yetakchi bo‘lsa, past ko‘rsatkichlar Sirdaryo (4,6 ming), Navoiy (4,6), Jizzax (6,9 ming) viloyatlari va Qoraqalpog‘iston Respublikasida (10,1 ming) kuzatilgan .

O‘zbekistonda 2016-2024 yillar mobaynida tug‘ilishning keskin ortishi kuzatildi. Go‘daklarning dunyoga kelishida 25–39 yosh oralig‘idagi ayollarning ulushi katta bo‘lsa, 15-24 yosh oralig‘idagi ayollar ulushi deyarli bir maromda saqlangan, 40 va undan katta yoshdagi ayollarning ulushi 1 foizdan kam. Ushbu holat shahar va qishloqlarda deyarli bir xil. Farzandlar ketma-ketligi bo‘yicha yiliga o‘rtacha 280 ming to‘ng‘ich farzand tug‘ilgan bo‘lsa, 2019 yilda ularning soni 352,7 ming nafargacha oshgan. Keyingi yillarda to‘ng‘ich farzandlar soni yana 300 ming nafarga qaytgan. Ikkinchi farzandlar bo‘yicha o‘sish bir maromda. Tug‘ilishdagi asosiy o‘sish uchinchi va undan keyingi farzandlar ulushiga to‘g‘ri keladi. 2016 yilda 204,9 ming nafar uchinchi farzand dunyoga kelgan bo‘lsa, 2024 yilda ularning soni 388,1 ming nafarga yetgan . Ushbu go‘daklarning tug‘ilishidagi o‘sish ham 25-39 yosh oralig‘idagi ayollarning hissasiga to‘g‘ri keladi.

O‘zbekistonda tug‘ilishning yig‘indi koeffitsiyenti (bir ayolga to‘g‘ri keladigan bolalar soni) 2016 yilda 2,46 ni tashkil qilgan bo‘lsa, 2024 yilda 3,17 ga ko‘tarildi. Ushbu ko‘rsatkich

qishloqda 3,40 ni, shaharda esa 2,95 ni tashkil qildi. Hududlar kesimida tahlil qilinganda tug‘ilishning yig‘indi koeffitsiyenti bo‘yicha Surxondaryo (3,46), Qashqadaryo (3,38), Jizzax (3,38), Namangan (3,37) viloyatlari yetakchi bo‘lsa, Qoraqalpog‘iston Respublikasi (2,37), Buxoro (2,74), Sirdaryo (3,05) viloyatlari va Toshkent (3,02) shahri esa nisbatan past ko‘rsatkichga ega (2-rasm). Prognozlarga ko‘ra, tug‘ilish sur’ati 2030 yilgacha bir maromda (o‘rtacha 900-950 ming) davom etadi va aholi soni 41 milllion nafardan oshadi. 2030 yilga borib, 18 yoshgacha bo‘lganlar va mehnatga layoqat yoshidan kattalar soni mos ravishda 2384 ming va 1447 ming kishiga o‘sishi kutilmoqda .

O‘zbekistonda aholi sonining oshib borishi bilan ijtimoiy-iqtisodiy muammolarni keltirib chiqaradi. Buni birinchi navbatda sog‘liqni saqlash va ta’lim tizimida ko‘rishimiz mumkin. Xususan, 2024 yil boshida O‘zbekistonda 1232 ta shifoxona mavjud bo‘lib, har 10 000 kishiga 47 ta shifoxona o‘rni to‘g‘ri keldi. Shuningdek, 6032 ta ambulatoriya-poliklinikaga bir smenada 683 ming kishi keldi. Bu har 10 000 kishiga 197 nafarni tashkil etadi. Ushbu muassasalarda xizmat ko‘rsatgan barcha toifadagi shifokorlar soni 93 ming kishini tashkil qildi. Bu har 10 000 kishiga 27 nafar shifokor yoki bitta shikoforga 370 kishi to‘g‘ri kelishini bildiradi. Shuningdek, homilador ayollar va tug‘adiganlar uchun 17,3 ming o‘rin mavjud bo‘lgan bo‘lib, fertil yoshidagi har 10 000 ayolga 19 ta o‘rin to‘g‘ri kelgan. Homiladorligi tugagan ayollarning fertil yoshidagi ayollardagi ulushi 2021 yil boshiga 8,9 foizni tashkil qilgan. Hisob-kitoblarga asosan aholi sog‘ligini hozirgi darajada ushlab turish va yaxshilash uchun aholi sonining oshishini hisobga olgan holda 2030 yilgacha ambulatoriya-poliklinikalar sonini 7 041 taga yetkazish lozim (qo‘shimcha 1009 ta) .

Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti ma’lumotlariga ko‘ra, dunyoda har 10 000 kishiga taxminan 16 nafar shifokor va 38 nafar hamshira (shu jumladan, ko‘pchilik mamlakatlardagi doyalar) to‘g‘ri keladi. Ma’lumot uchun: Yevropa mintaqasi mamlakatlarida har 10 ming kishiga o‘rtacha 34 nafar shifokor to‘g‘ri keladi, Amerikada - 24, G‘arbiy Tinch okeani mintaqasida - 19, Janubi-Sharqiy Osiyoda - 8, O‘zbekistonda bu ko‘rsatkich 27 nafarni tashkil etadi. Agar Yevropa va Amerika mamlakatlarida har 10 000 kishiga 80 nafardan ortiq (81 va 83) hamshira to‘g‘ri kelsa, O‘zbekistonda 10 000 kishiga 107 nafar hamshira to‘g‘ri keladi. O‘zbekistonda shifokor va hamshiralar soni rivojlangan davlatlardagidan farq qilmaydi. Lekin hududlar bo‘yicha tahlil qilinganda hamshiralar soni bo‘yicha eng past ko‘rsatkichlar Surxondaryo (15,0 nafar), Jizzax (16 nafar) va Qashqadaryo (18 nafar) viloyatlarida kuzatilmoqda .

Prognozlarga ko‘ra, aholining yillik o‘rtacha o‘sishi 720 ming kishini tashkil etadi. Bu o‘sish sur’atida ham shifokorlar va hamshiralar zimmasiga tushadigan yuk katta bo‘lmaydi. Prognozlarga ko‘ra, 2030 yilga borib, 10 ming kishining shifokorlar bilan ta’minlanish darjasi 29,4 nafarni, tibbiyot xodimlari bilan ta’minlanish darajasi 117,8 nafarni tashkil etadi. Jumladan, oliy o‘quv yurtlari har yili 4 ming nafardan ortiq kishini mehnat bozoriga chiqarayotgan bo‘lsa, kollejlar 55 mingdan ortiq tibbiyot xodimini tayyorlayapti. Har yili o‘rtacha 40 mingga yaqin xodim mehnat faoliyatini to‘xtatadi va 60 ming nafardan ortig‘i ishga olinadi. Sog‘liqni saqlash sohasida band bo‘lganlar sonining real o‘sishi 20 ming kishidan ortiqni tashkil etadi. Oliy ta’limni qamrab olishni

oshirish, kvotalarni kengaytirish bo‘yicha ko‘rilayotgan chora-tadbirlar oliy ma’lumotli shifokorlar sonining ko‘payishini ta’minlaydi. Bu esa o‘z navbatida aholining shifokorlar va tibbiyot xodimlari bilan ta’minlanish darajasini oshiradi .

Aholining muntazam o‘sib borishi ta’lim tizimida ham qator muammolarni keltirib chiqarishi mumkin. Jumladan, 2024 yil boshida 3-6 yosh oralig‘idagi bolalar soni 2855,2 ming nafarni tashkil qilgan. Prognozlarga ko‘ra, 2026 yilga borganda ularning soni 3567,3 ming nafarni, 2030 yilda esa 3631,9 ming nafarni tashkil etadi. 3-6 yosh oralig‘idagi bolalarni maktabgacha ta’lim bilan qamrab olishning erishilgan ko‘rsatkichlarini saqlab qolish va kelajakda respublikaning barcha hududlarida jahonning rivojlanayotgan davlatlaridagi kabi ko‘rsatkichlarni (80% atrofida) ta’minlash uchun 1 million 400 ming nafar bola uchun maktabgacha ta’lim muassasalarida yangi o‘rinlar tashkil etish, malakali mutaxassis-tarbiyachilarni tayyorlash dolzarb hisoblanadi . Hududlar bo‘yicha tahlillarga asosan Samarqand, Toshkent, Qashqadaryo va Surxondaryo viloyatlarida kelajakda bolalar sonining o‘sish sur’ati yuqori bo‘ladi, lekin hozirgi kunda qamrov darajasi past ekanligini ko‘rish mumkin. 2030 yilga borib, 3-6 yosh oralig‘idagi barcha bolalarni maktabgacha ta’lim bilan qamrab olish natijasida 28 000 ta ish o‘rni tashkil etish mumkin.

2021/2022 o‘quv yilida umumta’lim maktablarini jami 441,3 ming o‘quvchi bitirgan bo‘lsa, 2022/2023 o‘quv yilida 701,9 ming bola 1-sinfga chiqdi. Ushbu bolalarni maktabga qabul qilish uchun 2022/2023 o‘quv yilining o‘zida qo‘shimcha 260,6 ming o‘quvchi o‘rni zarur bo‘ldi. 2021/2022 o‘quv yilida maktablar pasporti bo‘yicha umumiy loyihaviy quvvati 5111,1 ming o‘rinni tashkil etdi. Hisob kitoblariga ko‘ra, 2026 yilda 7-17 yosh oralig‘idagi bolalar soni 7 mln 642 ming 700 nafarni, 2030 yilda esa 8 mln 660 ming 800 nafarni tashkil etadi. 2029/2030 o‘quv yiliga qadar bitiruvchilar hamda 1-sinfga qabul qilinadiganlar o‘rtasidagi tafovut o‘rtacha 162,8 ming o‘quvchini tashkil qiladi. Yiliga o‘rta hisobda qo‘shimcha 162,8 ming o‘quvchi uchun kamida 4500 nafar yangi o‘qituvchi jalb qilish zarur bo‘ladi. 2021/2022 o‘quv yilida jami o‘quvchilar soni 6 mln 304 ming 600 nafar, o‘qituvchilar soni 529,1 ming nafar, ya’ni bitta o‘qituvchiga 11,9 nafar o‘quvchi to‘g‘ri keldi. Rivojlangan mamlakatlarda ushbu ko‘rsatkich 10 nafardan oshmaydi .

Tadqiqot yillari hududlarning iqtisodiy, ijtimoiy-demografik rivojlanganligiga qaramay sog‘liqni saqlash sohasiga taalluqli ko‘pgina miqdoriy ko‘rsatkichlarda qisqarish ro‘y berdi. Masalan, 1989-2015 yillarda kasalxonalar soni 195 taga kamayganligini eski, talabga javob bermaydigan bir necha kasalxonlar o‘rnida zamonaviy tipdagi markazlashgan kasalxonalarning qurilishi bilan izohlanadi. Bunday qisqarish har 10 ming aholiga kasal o‘rinlar bilan ta’minlanish darajasida, har 10 ming aholiga to‘g‘ri keladigan vrachlar sonida ham ro‘y bermoqda, faqatgina, o‘rta tibbiyot xodimlari soni esa 50,9 taga oshdi yoki shu davrda 123,1 foizga o‘sdi. Bitta vrachga to‘g‘ri keladigan kishilar soni 1995 yilda 298 ta, 2005 yilda 344 ta, 2015 yilda 378 ta bo‘lgan bo‘lsa, bitta hamshiraga to‘g‘ri keluvchi shaxslar esa, mos ravishda, 91; 96; 97 va 93 taga teng bo‘ldi. Bundan tashqari, aholining vrachlar bilan ta’minlanishi, har 10 ming kishiga ushbu yillarda kamayib borgan,

ammo umumiy vrachlar soni ortgan. Har 10 ming kishiga vrachlar bilan aholining ta’minlanishi, 1989 yilda 35,8 ta, 1999 yilda 33,2 ta 2015 yilda 26,4 ta,2024 yilda 28,7 tadan to‘g‘ri kelgan. Mazkur ma’lumotlar mamlakat demografik vaziyati bilan sog‘liqni saqlash sohasi rivojlanishi o‘rtasida birmuncha nomutanosibliklar borligidan dalolat beradi.

Sog‘liqni saqlash tizimining eng quyi bo‘g‘ini ambulatoriya-poliklinikliklar bilan ta’minlanish darajasi respublikada har 10 000 kishiga 1989 yilda 153,2 ta, 2015 yilda 131,1 ta, 2024 yilda 170,4 tadan to‘g‘ri keladi. Jumladan, 2024 yilda Navoiy, Sirdaryo, Toshkent viloyatlari va poytaxt shaharda aholining ushbu muassasalar bilan ta’minlanishi har 10 ming kishiga 150,0 ta va undan yuqori bo‘ldi. Aksincha, tug‘ilish darajasi yuqori, aholi tabiiy ko‘payishi jarayoni jadal bo‘lgan Surxondaryo (86,7) va Qashqadaryo (95,5) viloyatlarida bu xizmat turi bilan ta’minlanish darajasi juda past. Holbuki, mazkur viloyatlarda respublika jami aholisining 17,1 foizi yashaydi.

Respublika mintaqalari aholisining yuqori tibbiy xizmatga bo‘lgan ehtiyoji aholi punktlari joylashgan geografik o‘rnidagi qulaylik tufayli, ba’zi hollarda viloyat markazi, qo‘shni hududlar yoki katta va yirik shaharlardagi tibbiy muassasalar xizmatidan foydalanish ma’qul sanaladi. Oqibatda, aholining sotsial sharoitini tavsiflaydigan tibbiy xizmat va uning turlari bilan ta’minlanish orasida bir-biridan farq qiluvchi tafovutlar paydo bo‘ladi.

Aholi turmush sharoiti darajasini belgilashda markazlashgan suv bilan ta’minlash alohida ahamiyatga ega. Respublika mintaqalari geografik o‘rnida tog‘ va tog‘ oldi hududlar borligi mazkur suv tarmoqlarini joylashtirishda birmuncha qiyinchiliklarni yuzaga keltiradi. Shu boisdan, respublika viloyatlarida markazlashgan ichimlik suvi bilan aholining ta’minlanish holati ko‘ngildagidek emas.

Aholini markazlashgan ichimlik suvi bilan ta’minlanish darajasi, shahar joylarda qishloqlarga qaraganda hamisha yuqori bo‘lgan. Bundan tashqari, uning mintaqaviy xususiyatlarida Navoiy, Jizzax, Sirdaryo, Namangan, Xorazm viloyatlarida va Qoraqalpog‘iston Respublikasida suv bilan ta’minlanish darajasi 81 foizga bormaydi (2024 y.). Bu esa mazkur hududlar aholisi orasida ayrim kasalliklarning paydo bo‘lishida va ularning tarqalishida yetakchi omil bo‘lib xizmat qilmoqda. Qolgan hududlar aholisining ichimlik suvi bilan ta’minlanish darajasi 80 % va undan yuqoridir, hatto Andijon va Farg‘ona viloyatlarida esa, u, 88,8-85,4 % ni tashkil etadi. Andijon, Buxoro, Navoiy, Surxondaryo, Farg‘ona viloyatlarida, Samarqand, Buxoro, Termiz, Qo‘qon shaharlarida ayni shu maqsadda 96 million dollar qiymatidagi 8 ta yirik investitsiya loyihasi amalga oshirilmoqda. Bu esa 365 ming aholi uchun ichimlik suvi ta’minotini, shuningdek, oqova suv tarmoqlarini yaxshilash imkonini beradi.

Ichimlik suvi bilan bir vaqtda tabiiy gaz bilan ta’minlanish ham aholining sotsial turmush sharoitini belgilovchi mezonlardan biri. Aholini tabiiy gaz bilan ta’minlanish holati bo‘yicha viloyatlarning farq qiluvchi tafovutlarini quyidagicha ajratib ko‘rsatish mumkin. Jumladan, aholini gaz bilan ta’minlash darajasi 80 foizdan baland bo‘lgan viloyatlarga Samarqand, Xorazm, Buxoro, Toshkent, Navoiy, Sirdaryo, Namangan viloyatlari mos keladi. Ta’minlanganlik 75 foizgacha Surxondaryo, Andijon, Qashqadaryo,

Jizzax viloyatlari to‘g‘ri kelganligi, uning darajasi ortib borayotganligini ko‘rsatadi. Shuningdek, Qoraqalpog‘iston Respublikasi, Xorazm viloyati va Toshkent shahri respublikada eng yuqori, ya’ni mos ravishda, 95,1; 94,9 va 97,4 % (2024 y.) ta’minlanish darajasiga erishganligi bilan ajralib turadi.

Aholi sonining ko‘payib borishi qishloq xo‘jaligida foydalaniladigan yer maydonlarining uy-joy hisobiga qisqarishiga, aholi va aholi punktlarining zichlashishiga, ular orasidagi masofalarning yaqinlashishiga, demografik to‘ldirish davrida tug‘ilganlarning voyaga yetib, aholi takror barpo bo‘lish jarayonida ishtirok etishi, uy-joy, yer masalasi bilan bog‘liq muammoni yanada keskinlashishiga sabab bo‘lmoqda. Qolaversa, respublika aholisining kattagina qismi qishloq turmush tarziga mos holda yashashi, qishloqlarga xos yakka tartibda uy qurilishi, ekin, yaylov maydonlarini tobora qisqartirmoqda.

Statistik ma’lumotlar tahlili, respublika aholisini uy-joy bilan ta’minlash darajasi, umumiy maydoni bir kishiga 1989 yilda 11,8 metr.kvdan, 2005 yilda 14,6 metr.kv, 2015 yilda 15,1 metr.kv,2024 yilda 18,9 metr.kvga yetganligini ko‘rsatadi. Bunda, albatta, uy-joy fondi va uning umumiy maydoni 1989-2024 yillarda 135,4 foizga o‘sganligi alohida ahamiyatga ega. Uy-joy fondidagi rivojlanish barcha viloyatlarda kuzatildi, ayniqsa, Xorazm, Navoiy, Surxondaryo, Sirdaryo, Farg‘ona va Namangan viloyatlarida uning o‘sish sur’ati yuqoridagi respublika umumiy darajasidan ancha katta bo‘ldi.

Xulosa.Aholini sonining nisbatan yuqori sur’atlarda oshib borishi mamlakat iqtisodiyoti uchun keng imkoniyatlar yaratsada bir qator muammolarni ham keltirib chiqaradi. Kelajakda kutilayotgan yuqori demografik salohiyatning ta’sirini salbiy jihatlarini kamaytirish uchun quyidagi chora-tadbirlarni amalga oshirish maqsadga muvofiq:

- demografik prognozlarni inobatga olgan holda, ta’lim va sog‘liqni saqlash tizimi va xizmatlariga o‘rta muddatli investitsiyalarni jalb etish;
- davlat qarzi ortib borayotgan sharoitda fiskal yukni yengillashtirish maqsadida ta’lim va sog‘liqni saqlash bozorida xususiy ishtirokchilar bilan tizimli ish olib borish, ularga litsenziya va boshqa ruxsatnomalar berish tizimini osonlashtirish;
- yangi ish o‘rinlari tashkil etish; ko‘p ishchi kuchi va ilm talab korxonalarni qurishga ustuvor ahamiyat berish, ijtimoiy obyektlar tarmog‘ini shakllantirish va rivojlantirish;
- budjet mablag‘larini taqsimlashda va hududlarning ijtimoiy infratuzilmasini o‘rta muddatli rejalashtirishda demografik prognozlarni hisobga olish;
- yer va suv, energiya resurslaridan samarali foydalanishni oshirishga qaratilgan muvofiqlashtirilgan va bosqichli islohotlarni amalga oshirish va boshqalar.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Бўриева М.Р., Эгамова Д.Н. Дунё аҳолиси: Ривожланиш жараёнлари (ўқув қўлланма). – Т.: Фан, 2008. – 156 б.
2.Бўриева М.Р., Тожиева З.Н., Зокиров С.С. Аҳоли географияси ва демография асослари. – Т.: Тафаккур, 2011. – 159 б.
3. Тожиева З.Н. Ўзбекистон аҳолиси: ўсиши ва жойланиши (Монография). – Т.: «Fan va texnologiya», 2010. – 276 б.
4.Файзуллаев М, Муродова Д. Аҳоли ўсиш динамикасини ўрганишнинг

илмий-услубий асослари. Экономика и социум”№ 5 (108) ч 2. 2023.
5.Murodova D. Aholi soni o‘sishi va joylanishini tadqiq etishning ilmiy-uslubiy asoslari
Экономика и социум. № 12 (139-3), 2025.
6.Ўзбекистон ҳудудларининг йиллик статистик тўплами. Статистик тўплам. – Т., 2015. – 244 б.
7.Ўзбекистон демографик йиллик тўплами 2015. – Т., 2015. – 158 б.

УДК 528.71:004.9:556.16:911.2(575.1)

SAMARQAND SHAHRIDA YOMG‘IR SUVLARI TO‘PLANISH HUDUDLARINI FJD TRION S1 MOBIL LAZER SKANERI YORDAMIDA MODELLASHTIRISH

Manuchexr Xaydarovich Bobokalonov *- Samarqand davlat texnika universiteti tayanch doktoranti (PhD),*
E-mail:bobakalonovmanuchehr@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7222-2118

Annotatsiya. Mazkur maqolada Samarqand shahrida yog‘ingarchilik natijasida yomg‘ir suvlarining to‘planish hududlarini aniqlash va modellashtirish masalalari tadqiq etilgan. Tadqiqot jarayonida zamonaviy lazer skanerlash texnologiyalaridan, xususan, FJD Trion S1 lazer skaneridan foydalanish orqali shahar hududining yuqori aniqlikdagi fazoviy ma’lumotlarini olish va qayta ishlash usullari ko‘rib chiqilgan. Olingan geofazoviy ma’lumotlar asosida yom‘ir suvlarining oqim jarayonlarini modellashtirish va suv to‘planadigan hududlarni kartografik jihatdan tasvirlash imkoniyatlari baholangan. Tadqiqot natijalari Samarqand shahrida yom‘ir suvlarini boshqarish, suv bosishi xavfini kamaytirish, drenaj tizimlarini takomillashtirish hamda shahar hududini muhandislik jihatdan rejalashtirishda foydalanish mumkin.

Kalit so‘zlar: Samarqand shahri, yom‘ir suvlari, suv to‘planish hududlari, lazer skanerlash, FJD Trion S1, 3D lazer skaner, nuqtalar buluti, raqamli balandlik modeli, relyef, geofazoviy ma’lumotlar, gidrologik modellashtirish, suv oqimi, drenaj tizimi, GAT, suv bosishi xavfi.

Kirish. Bugungi kunda shahar hududlarining jadal rivojlanishi, urbanizatsiya jarayonlarining kuchayishi va muhandislik infratuzilmasining kengayishi natijasida yog‘ingarchilik suvlarini samarali boshqarish masalasi dolzarb muhandislik-geodezik vazifalardan biriga aylanmoqda. Ayniqsa, qisqa vaqt davomida katta miqdorda yog‘ingarchilik tushishi natijasida shahar ko‘chalari, avtomobil yo‘llari, piyodalar yo‘laklari va boshqa urbanizatsiyalashgan hududlarda yuzaki suvlarning to‘planishi transport harakati xavfsizligi, yo‘l qoplamalarining ekspluatatsion barqarorligi hamda shahar infratuzilmasining normal faoliyatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli yom‘ir suvlarining tabiiy oqim yo‘nalishlarini aniqlash, suv to‘planishi ehtimoli yuqori bo‘lgan hududlarni oldindan baholash va mavjud suv oqizish tizimlarining samaradorligini tahlil qilish zamonaviy geoinformatsion va geodezik texnologiyalar asosida

amalga oshirilishi muhim ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqotda foydalaniladigan FJD Trion S1 3D LiDAR skaneri yuqori zichlikdagi fazoviy ma’lumotlarni tezkor yig‘ish imkonini beruvchi zamonaviy skanerlash vositalaridan biridir. Qurilmaning texnik xususiyatlariga ko‘ra, u 320 000 nuqta/sekundgacha ma’lumot yig‘ishi, 360° gorizontal ko‘rish maydonini ta’minlashi va ishlab chiqaruvchi ma’lumotlariga ko‘ra, nisbiy aniqlikni taxminan 2 sm darajasida ta’minlashi mumkin. Bunday imkoniyatlar shahar ko‘chalari va boshqa chiziqli obyektlarning relyefini tezkor ravishda raqamlashtirish, ularning uch o‘lchamli modelini shakllantirish hamda yuqori zichlikdagi geofazoviy ma’lumotlar bazasini yaratish uchun qulay sharoit yaratadi.

FJD Trion S1 yordamida olingan nuqtalar bulutini geoinformatsion tizimlarda qayta ishlash orqali tadqiq etilayotgan hududning raqamli relyef modeli shakllantirilishi mumkin. Mazkur model asosida relyefning balandlik qiymatlari, nishablik darajalari, ekspozitsiyasi, suv oqimining ehtimoliy yo‘nalishlari va suv yig‘ilish havzalari aniqlanadi. Shuningdek, raqamli modelni gidrologik va gidravlik modellashtirish vositalari bilan integratsiya qilish orqali yog‘ingarchilik natijasida yuzaga keladigan yuzaki oqimlarning hudud bo‘yicha taqsimlanishini baholash imkoniyati yaratiladi. Bunda GAT texnologiyalari fazoviy ma’lumotlarni birlashtirish, tahlil qilish va natijalarni kartografik ko‘rinishda ifodalash uchun asosiy vosita sifatida xizmat qiladi.

Tadqiqot obyekti va uslublari. Tadqiqot obyekti sifatida Samarqand shahrida yom‘ir yog‘ishi natijasida yuzaki suvlarning shakllanishi, harakatlanishi va to‘planish jarayonlari bilan bog‘liq bo‘lgan shahar hududi, xususan, Kurchatova ko‘chasi va uning atrofidagi yo‘l-transport hamda muhandislik infratuzilmasi tanlangan. Tadqiqot hududining relyefi, avtomobil yo‘li qoplamasi, piyodalar yo‘laklari, bordyurlar, suv oqizish elementlari va boshqa muhandislik obyektlarining fazoviy holati yom‘ir suvlarining oqim yo‘nalishlari va to‘planish zonalarini shakllantiruvchi asosiy omillar sifatida qaraladi.

Dala tadqiqotlarida FJD Trion S1 3D LiDAR lazer skaneri qo‘llanildi. Mazkur qurilma yordamida tadqiqot hududining uch o‘lchamli fazoviy ma’lumotlari yuqori zichlikdagi nuqtalar buluti ko‘rinishida olindi. Skanerlash jarayonida yo‘l qoplamasi, bordyurlar, piyodalar yo‘laklari, yashil hududlar, mavjud suv oqizish inshootlari va relyefning boshqa elementlari qayd etildi. Lazer skanerlash natijasida olingan nuqtalar buluti tadqiqot hududining real geometrik holatini aks ettiruvchi asosiy ma’lumotlar bazasi sifatida foydalanildi.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligini baholash maqsadida lazer skanerlash asosida olingan balandlik ma’lumotlari an’anaviy geodezik o‘lchash natijalari bilan qiyoslandi. Bunda tanlangan nazorat nuqtalarining balandlik qiymatlari o‘zaro solishtirilib, o‘rtacha kvadratik xatolik (RMSE), maksimal va minimal farqlar hamda nisbiy og‘ishlar hisoblandi. Mazkur qiyosiy tahlil FJD Trion S1 yordamida olingan fazoviy ma’lumotlarning aniqligi va yom‘ir suvlarini modellashtirish uchun yaroqliligini baholash imkonini berdi.

Tadqiqotda qiyosiy tahlil usuli ham qo‘llanilib, mobil lazer skanerlash

texnologiyasining an’anaviy geodezik syomka usullariga nisbatan ma’lumotlarning zichligi, o‘lchash tezligi, hududni to‘liq qamrab olish darajasi, mikrorelyefni aniqlash imkoniyati va qayta ishlash samaradorligi bo‘yicha afzalliklari baholandi.

Umuman olganda, tadqiqot metodikasi FJD Trion S1 lazer skanerlash → nuqtalar bulutini qayta ishlash → DTM shakllantirish → relyefning morfometrik tahlili → Flow Direction va Flow Accumulation tahlillari → suv to‘planish zonalarini aniqlash → natijalarni qiyosiy baholash ketma-ketligi asosida tashkil etildi. Mazkur metodik yondashuv Samarqand shahri sharoitida yom‘ir suvlarining to‘planish hududlarini yuqori aniqlikda aniqlash va ularni fazoviy modellashtirish imkonini beradi.

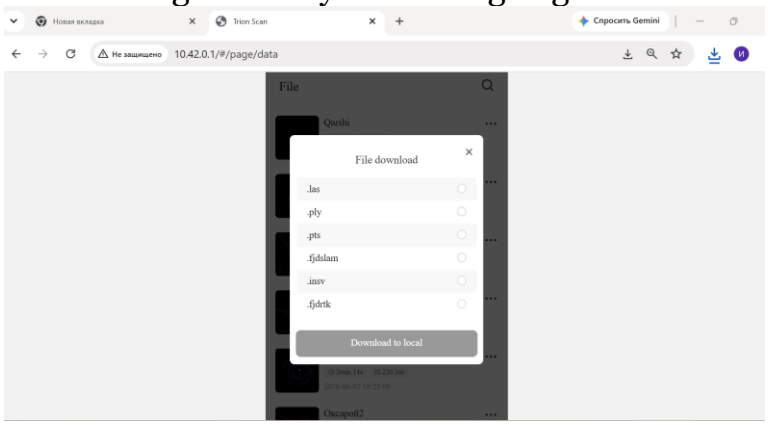
Tadqiqot natijalari va ularning muhokamasi. Mobil lazer skanerlash (MLS) -lazer masofa o‘lchash sensorlari, navigatsiya va fazoviy joylashuvni aniqlash tizimlarini harakatlanuvchi platformaga integratsiya qilish orqali atrof-muhitning uch o‘lchamli geometrik ma’lumotlarini tezkor va uzluksiz yig‘ishga asoslangan zamonaviy geodezik texnologiyalardan biridir. Mobil platforma sifatida qo‘l qurilmasi, ryukzak, avtomobil yoki boshqa harakatlanuvchi vositalardan foydalanish mumkin. Mazkur texnologiyaning asosiy afzalligi tadqiqot hududini harakat jarayonida skanerlash va katta hajmdagi fazoviy ma’lumotlarni qisqa vaqt oralig‘ida yig‘ish imkoniyati bilan izohlanadi. MLS tizimlarining muhim tarkibiy qismi sifatida SLAM (Simultaneous Localization and Mapping- bir vaqtning o‘zida joylashuvni aniqlash va xaritalash) algoritmi qaraladi. SLAM texnologiyasi lazer skaneri tomonidan ketma-ket qayd etilgan fazoviy ma’lumotlarni o‘zaro geometrik moslashtirish orqali skanerning harakat trayektoriyasini va atrof-muhitdagi obyektlarning fazoviy koordinatalarini bir vaqtning o‘zida aniqlash imkonini beradi. Ushbu jarayonda oldingi skanerlash epizodlarida olingan ma’lumotlar keyingi o‘lchovlar bilan solishtirilib, tizimning fazodagi nisbiy holati aniqlashtirib boriladi. Natijada geodezik jihatdan izchil va uzluksiz uch o‘lchamli nuqtalar buluti shakllantiriladi.

Ushbu tadqiqotda Samarqand shahri hududining fazoviy-geometrik ma’lumotlarini yig‘ish maqsadida FJD Trion S1 mobil 3D LiDAR skaneridan foydalanildi. Qurilma ko‘p kanalli lazer skanerlash tizimiga ega bo‘lib, ishlab chiqaruvchi texnik ma’lumotlariga ko‘ra, 16 ta lazer kanalidan foydalanadi va sekundiga 320 000 tagacha nuqta qayd etish imkoniyatini ta’minlaydi. Mazkur texnik ko‘rsatkich tadqiqot hududining yuqori zichlikdagi nuqtalar bulutini qisqa vaqt ichida shakllantirish imkonini beradi.

Tadqiqot jarayonida FJD Trion S1 yordamida olingan lazer skanerlash ma’lumotlari uch o‘lchamli nuqtalar buluti ko‘rinishida shakllantirilib, keyingi qayta ishlash va tahlil jarayonlariga jalb qilindi. Nuqtalar bulutidan yer yuzasiga tegishli nuqtalarni ajratish, ortiqcha va shovqinli ma’lumotlarni filtrlash hamda tadqiqot hududining raqamli relyef modelini yaratishda foydalanildi. Shakllantirilgan raqamli relyef modeli asosida ko‘cha yuzasining balandliklar taqsimoti, bo‘ylama va ko‘ndalang nishabliklari, lokal pastqamliklari hamda suv oqimining ehtimoliy yo‘nalishlari aniqlandi.

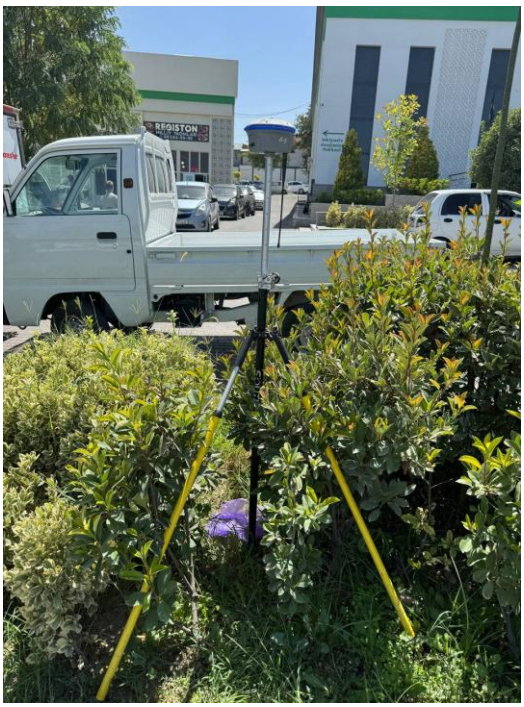
FJD Trion Model dasturiy ta’minoti yordamida qayta ishlangan lazer skanerlash ma’lumotlari, ya’ni nuqtalar buluti, keyingi tahlil va modellashtirish jarayonlarida foydalanish uchun bir nechta standart hamda dasturiy ta’minotga xos (proprietar) formatlarda eksport qilinishi mumkin. Mazkur imkoniyat nuqtalar bulutini turli geoinformatsion tizimlar, avtomatlashtirilgan loyihalash (CAD) hamda gidrologik va gidravlik modellashtirish dasturlariga integratsiya qilishni ta’minlaydi. Natijada lazer skanerlash orqali olingan yuqori zichlikdagi fazoviy ma’lumotlardan raqamli relyef modelini shakllantirish, hududning morfometrik xususiyatlarini tahlil qilish, suv oqimlarining ehtimoliy yo‘nalishlarini aniqlash va yom‘ir suvlarining to‘planish zonalarini modellashtirishda kompleks foydalanish imkoniyati yaratiladi.

Shunday qilib, GNSS bazaviy stansiyasidan foydalanish, mobil skanerlash jarayonida geodezik tayanchni ta’minlash hamda PPK usulida keyingi qayta ishlash ishlarini amalga oshirish tadqiqot hududining uch o‘lchamli fazoviy modelini yuqori aniqlikda shakllantirish uchun zarur bo‘lgan geodezik asosni yaratdi.



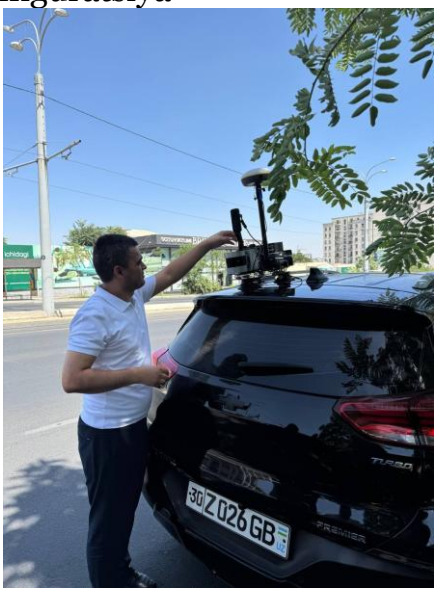
1-rasm. Trion Scan mobil ilovasida skanerlangan loyihani turli formatlarda eksport qilish oynasi

Tadqiqot hududining fazoviy koordinatalarini yuqori aniqlikda aniqlash va lazer skanerlash natijalarini yagona geodezik koordinatalar tizimiga bog‘lash maqsadida dala o‘lchash ishlari boshlanishidan avval tadqiqot hududiga yaqin, ochiq osmon ko‘rinishiga ega bo‘lgan joyda GNSS bazaviy stansiyasi (RTK Base) o‘rnatildi (2-rasm). Bazaviy stansiyaning joylashuvini tanlashda sun’iy yo‘ldosh signallarining barqaror qabul qilinishi, ko‘rinish sektorining ochiqligi hamda bino, daraxt va boshqa to‘siqlardan yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan signal aks-sadolari (multipath)ning minimal darajada bo‘lishi hisobga olindi.



2-rasm. Tadqiqot hududida o'rnatilgan GNSS bazaviy stansiyasi

Kurchatova ko'chasining uzunligi va transport harakati intensivligini hisobga olib, FJD Trion S1 skaneri RTK rover antennasi bilan birgalikda avtomobil tomiga maxsus kronshteyn (car mount) orqali mahkamlandi (3-4-rasmlar). Bunday konfiguratsiya piyoda skanerlashga nisbatan bir necha barobar yuqori tezlikda ma'lumot yig'ish imkonini beradi va operatorning faol yo‘l harakati zonasida uzoq vaqt qolish zaruratini bartaraf etadi.

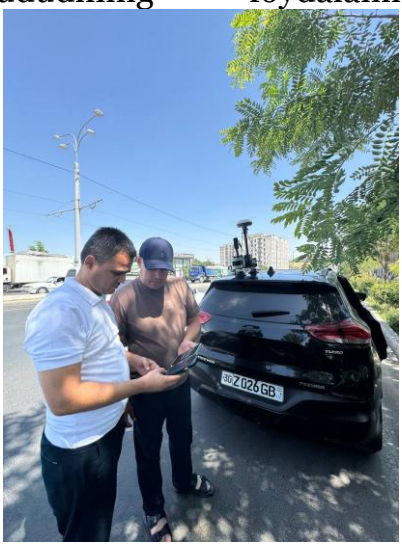


3-rasm. FJD Trion S1 skaneri va RTK rover antennasining avtomobilga o'rnatilishi

Dala o‘lchash ishlari davomida FJD Trion S1 mobil 3D LiDAR skaneri avtomobil platformasiga o‘rnatilgan holda Kurchatova ko‘chasi bo‘ylab harakatlantirildi. Skanerlash jarayonida avtomobilning o‘rtacha harakatlanish tezligi 20–30 km/soatni tashkil etdi. Mazkur tezlik

yuqori zichlikdagi lazer o‘lchovlarini uzluksiz amalga oshirish va tadqiqot hududining fazoviy-geometrik holatini yetarli darajada to‘liq qayd etish imkonini berdi.

Olingan lazer skanerlash ma’lumotlari keyingi bosqichda FJD Trion Model dasturiy ta’minoti yordamida qayta ishlandi. Qayta ishlash natijasida hosil qilingan nuqtalar buluti tadqiqot hududining uch o‘lchamli geometrik holatini ifodalovchi asosiy fazoviy ma’lumotlar to‘plami sifatida qabul qilindi. Mazkur ma’lumotlar asosida yo‘l relyefining raqamli modeli shakllantirilib, uning bo‘ylama va ko‘ndalang nishabliklari, lokal pastqamliklari hamda yom‘ir suvlarining ehtimoliy oqim yo‘nalishlarini aniqlash uchun foydalanildi.



4-rasm. Dala mutaxassislari tomonidan skanerlashdan oldin uskunani kalibrlash va boshqaruv terminali orqali sozlash jarayoni

Skanerlash jarayonida olingan fazoviy ma’lumotlarning to‘liqligi va uzluksizligini ta’minlash maqsadida Trion Scan mobil ilovasidan foydalanildi. Mazkur dasturiy vosita yordamida lazer skanerlash jarayonining qamrov darajasi real vaqt rejimida monitoring qilindi (5-rasm). Bunda skanerlash trayektoriyasi, qayd etilayotgan nuqtalar bulutining fazoviy zichligi hamda tadqiqot hududining skanerlanganlik darajasi operativ ravishda nazorat qilib borildi.

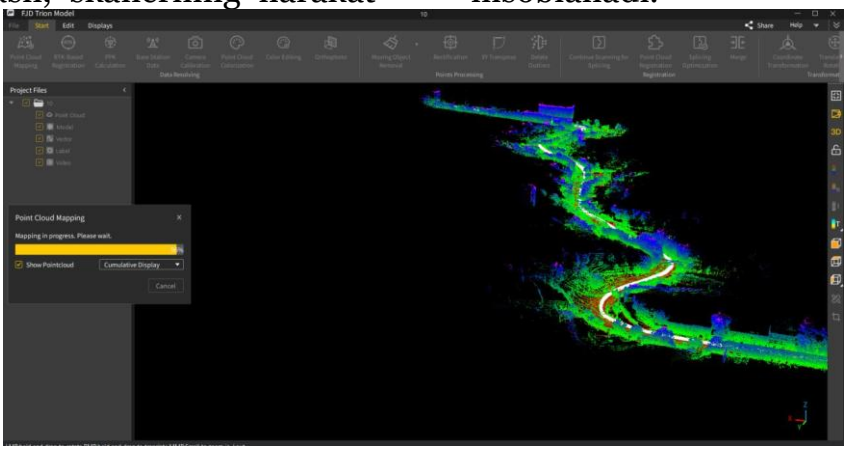
Shunday qilib, skanerlash jarayonida ma’lumotlar qamrovini real vaqt rejimida nazorat qilish va zarur hollarda takroriy o‘lchashlarni amalga oshirish olingan fazoviy ma’lumotlarning to‘liqligi, ishonchliligi va keyingi modellashtirish jarayonlari uchun yaroqliligini ta’minlovchi muhim metodik bosqichlardan biri bo‘ldi.



5-rasm. Trion Scan ilovasida skanerlash jarayonining real vaqtda monitoring qilinishi

Dala sharoitida yig‘ilgan lazer skanerlash va GNSS o‘lchash ma’lumotlari keyingi tahlil va modellashtirish jarayonlariga tayyorlash maqsadida FJD Trion Model dasturiy paketida izchil qayta ishlash bosqichlaridan o‘tkazildi. Mazkur jarayon lazer skanerlash natijasida hosil qilingan xom nuqtalar buluti hamda GNSS kuzatuv ma’lumotlarini o‘zaro integratsiyalash, skanerning harakat trayektoriyasini aniqlashtirish va fazoviy koordinatalarning aniqligini oshirishga qaratildi.

Shunday qilib, Point Cloud Mapping bosqichi dala sharoitida olingan alohida lazer skanerlash ma’lumotlarini yagona koordinatalar tizimida birlashtirish, nuqtalar bulutining geometrik yaxlitligini ta’minlash va keyingi filtratsiya hamda raqamli relyef modelini shakllantirish jarayonlari uchun sifatli boshlang‘ich ma’lumotlar bazasini yaratishda muhim bosqich hisoblanadi.

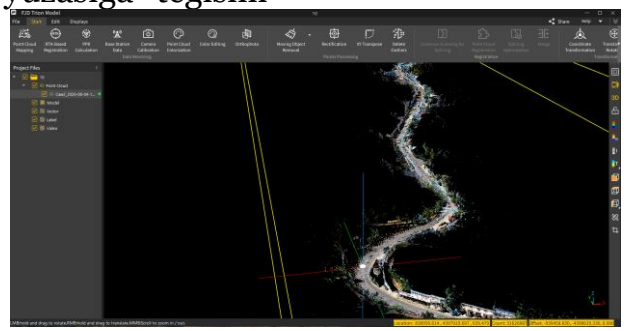


6-rasm. FJD Trion Model dasturida Point Cloud Mapping (nuqtalar bulutini shakllantirish) jarayonining bajarilishi

RTK-Based Registration va PPK Calculation bosqichlari yakunlangandan so‘ng qayta ishlangan nuqtalar buluti geodezik koordinatalar tizimiga bog‘landi. Natijada nuqtalar bulutini tashkil etuvchi har bir nuqtaning uch o‘lchamli fazoviy koordinatalari — X, Y va Z qiymatlari real yer yuzasidagi geodezik holatini ifodalovchi koordinatalar ko‘rinishida aniqlandi (7-rasm). Mazkur jarayon lazer skanerlash natijalarini mavjud geodezik ma’lumotlar bilan

integratsiya qilish va tadqiqot hududining fazoviy modelini yagona koordinatalar tizimida shakllantirish imkonini berdi.

Shu bilan birga, nuqtalar sonining yuqoriligi ma'lumotlarning aniqligi va to'liqligini avtomatik ravishda kafolatlamasligini hisobga olish lozim. Shu sababli keyingi bosqichlarda nuqtalar bulutini filtratsiyalash, yer yuzasiga tegishli nuqtalarni ajratish, geometrik xatoliklarni baholash va nazorat nuqtalari asosida aniqlikni tekshirish ishlari amalga oshiriladi. Ushbu jarayonlar natijasida yom'ir suvlarining oqim va to'planish jarayonlarini modellashtirish uchun zarur bo'lgan ishonchli raqamli relyef modelini shakllantirish imkoniyati yaratiladi.

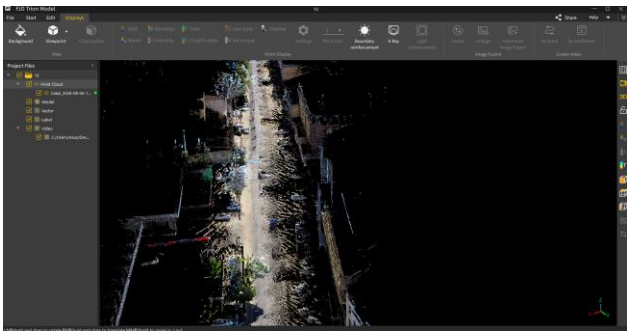


7-rasm. FJD Trion Model dasturiy muhitida geodezik koordinatalar tizimiga bog'langan nuqtalar bulutining perspektiv ko'rinishi

Point Cloud Colorization bosqichida lazer skanerlash jarayonida qayd etilgan nuqtalar bulutiga kamera tasvirlaridan olingan RGB (Red, Green, Blue) rang komponentlari biriktirildi. Bunda lazer nuqtalarining fazoviy koordinatalari tegishli tasvirlardagi piksel ma'lumotlari bilan moslashtirilib, nuqtalar bulutining rangli, uch o'lchamli vizual modeli shakllantirildi (8-rasm). Natijada tadqiqot hududining geometrik tuzilishini fazoviy koordinatalar bilan bir qatorda real rang va tekstura xususiyatlari asosida ham ifodalash imkoniyati yaratildi.

Bundan tashqari, rangli nuqtalar buluti geometrik ma'lumotlarni vizual tasvirlar bilan birlashtirish imkonini bergani sababli, nuqtalarni klassifikatsiyalash va obyektlarni avtomatik yoki yarim avtomatik tarzda ajratish jarayonlarida ham qo'shimcha axborot sifatida foydalanilishi mumkin. Ayniqsa, tadqiqotning keyingi bosqichlarida yo'l qoplamasi, bordyur, trotuar va suv oqizish inshootlarini bir-biridan farqlashda RGB ma'lumotlarining mavjudligi fazoviy tahlilning ishonchliligini oshiradi.

Shunday qilib, Point Cloud Colorization bosqichi lazer skanerlash natijalarini nafaqat geometrik, balki vizual jihatdan ham boyitib, tadqiqot hududining real holatini uch o'lchamli ko'rinishda batafsil ifodalash imkonini beradi. Mazkur ma'lumotlar keyingi fazoviy tahlil, obyektlarni identifikatsiyalash va yom'ir suvlarining to'planishiga ta'sir qiluvchi hududiy omillarni baholash jarayonlarida qo'shimcha axborot manbai sifatida qo'llanildi.



8-rasm. Ko‘cha segmentining rangga bo'yalgan (RGB) yakuniy nuqtalar buluti tepadan ko'rinish

Kameral qayta ishlash ishlarining yakuniy bosqichida FJD Trion Model dasturiy ta’minoti muhitida shakllantirilgan nuqtalar bulutining sifati va geometrik yaxlitligi nazorat qilindi. Mazkur bosqichda qayta ishlangan fazoviy ma’lumotlar vizual va texnik jihatdan tahlil qilinib, nuqtalar bulutida saqlanib qolgan ehtimoliy shovqin nuqtalari, ortiqcha obyektlar hamda geometrik nomuvofiqliklar aniqlandi.

Aniqlangan ortiqcha va shovqinli nuqtalar dasturiy vositalarning tahrirlash funksiyalari yordamida qo‘lda ajratilib, nuqtalar bulutidan chiqarib tashlandi. Bunday filtratsiya ishlari, ayniqsa, raqamli relyef modelini shakllantirishda yer yuzasiga tegishli bo‘lmagan nuqtalarning modelga ta’sirini kamaytirish hamda tadqiqot hududining real topografik holatini imkon qadar aniq aks ettirish maqsadida amalga oshirildi.

Yakuniy nazorat va tahrirlash ishlari tugallangach, geometrik jihatdan izchil va ortiqcha shovqinlardan tozalangan nuqtalar buluti keyingi geoinformatsion tahlillar uchun mos formatda eksport qilindi. Eksport qilingan ma’lumotlardan GAT muhitida raqamli relyef modelini shakllantirish, relyefning morfometrik ko‘rsatkichlarini aniqlash, suv oqimining ehtimoliy yo‘nalishlarini modellashtirish hamda yom‘ir suvlarining to‘planish zonalarini aniqlashda foydalanildi.

Xulosa va takliflar. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, MLS texnologiyasining asosiy afzalliklaridan biri fazoviy ma’lumotlarni yuqori zichlikda va uzluksiz ravishda yig‘ish imkoniyatidir. An’anaviy geodezik syomka usullarida fazoviy ma’lumotlar, odatda, alohida nazorat va xarakterli nuqtalar bo‘yicha olinadi. Mobil lazer skanerlashda esa tadqiqot hududi bo‘ylab uzluksiz harakatlanish jarayonida katta hajmdagi uch o‘lchamli nuqtalar buluti shakllantiriladi. Natijada yo‘l qoplamasi, bordyurlar, trotuarlar va boshqa relyef elementlarining geometrik holatini batafsil ifodalovchi fazoviy ma’lumotlar bazasi hosil qilinadi.

Tadqiqot davomida shakllantirilgan yuqori zichlikdagi fazoviy ma’lumotlar yom‘ir suvlarining oqim jarayonlarini modellashtirish uchun zarur bo‘lgan mikrorelyef elementlarini batafsil ifodalash imkonini berdi. Ayniqsa, yo‘l qoplamasidagi kichik balandlik farqlari, bordyur va trotuarlarning geometrik holati hamda lokal pastqamliklarni aniqlash suv oqimining tabiiy yo‘nalishlarini baholashda muhim ahamiyatga ega ekanligi aniqlandi.

Tadqiqotda ishlab chiqilgan yondashuvni Samarqand shahrining boshqa ko‘cha va avtomobil yo‘llari, shuningdek, suv oqizish

infratuzilmasini rekonstruksiya qilish va takomillashtirish bilan bog‘liq loyihalarda qo‘llash mumkin. Kelgusida mazkur metodikani gidrologik va gidravlik modellashtirish bilan integratsiya qilish orqali yom‘ir suvlarining oqim hajmini, suv bosish xavfini va mavjud drenaj tizimining o‘tkazuvchanlik imkoniyatlarini kompleks baholash imkoniyatlari kengayadi.

Adabiyotlar

1. Бобокалонов М.Х. Математическое моделирование накопления экстремальных ливневых сточных вод в дренажных сетях города Самарканда и разработка прогнозных показателей// Ж. Электронное научно–практическое периодическое издание. Экономика и социум. – Саратов., ISSN: 2225-1545 №7. 2026. – С. 775–778.

2. Bobokalonov M.X. Shahar hududida ekstremal yog‘inlar ta’sirida yuzaga keladigan yomg‘ir suvlari to‘planishini geofazoviy modellashtirish // Material the Republican scientific-practical conference titled “The Role of Green Technologies in Regional Economic Development and Sustainable Growth” Samarkand 2025. – B. 66–71.

3. Bobokalonov M.X. Yirik shaharlarda yomg‘ir suvlarini boshqarish bo‘yicha mahalliy va xorijiy tajribalarni GAT texnologiyalari asosida tadqiq qilish // Material the Republican scientific-practical conference titled “The Role of Green Technologies in Regional Economic Development and Sustainable Growth” Samarkand 2025. – B. 52–59.

4.Bobokalonov M.X.., Geoinnovatsion yondashuvlar asosida Samarqand shahridagi yomg‘ir suvlari to‘planishini 3D modellashtirish masalalari // “Global iqlim o‘zgarishi va oziq-ovqat xavfsizligida o‘simliklar genetikasi hamda eksperimental biologiyaning ahamiyati” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari , Toshkent 2025. – B. 367–371.

5.Bobokalonov M.X. Zamonaviy texnologiyalar yordamida Samarqand shahrining relyef sharoitini geodezik-kartografik uslubda baholash // “Fan, ta'lim, innovatsiyalar: tabiiy fanlar integratsiyasi hamda oziq-ovqat maxsulotlari ekologiyasi” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjumani materiallar, Toshkent 2025. – B. 434–442.

6. Bobokalonov M.X. Samarqand shahridagi yomg‘ir suvlari to‘planadigan hududlarni xaritasini tuzish texnologiyasi// Journal of Healthcare and Life-Science Research ISSN: 2181-4368 Vol. 4, No. 12, 2025– B. 259-261

7. Bobokalonov M.X. Yomg‘ir suvlarini boshqarishda bajariladigan geodezik-kartografik ishlarni takomillashtirish (Samarqand shahri misolida)// Qurilish va ta’lim ilmiy jurnali, Maxsus son-2 ISSN 2181-3779 2026- B. 87-94

8. Bobokalonov M.X. Development of an urban rain information system (uris) based on GIS technologies and remote sensing data // BG Pulse Journal Vol. 2 No. 07 2026- P. 2645-2654

9.Мягков С.С., Климов С.И., Дергачёва И.В. Краткосрочное прогнозирование селе-паводковой опасности с использованием ГИС-технологий // Известия Географического общества Узбекистана. 2020. Том 57. С. 275–279.

10.Мягков С.С., Мягков С.В. Наводнения в городах от ливней.

Монография. - Ташкент: «Инновацион ривожланиш нашриёт - матбаа уйи», 2024. – 100 с.
`11.Новиков В.Ю. Методология комплексного управления водозащитными мероприятиями. Автореферат дисс. на соиск. уч.ст. dok. ekonom. наук, СПб, 2015, 80 с.
12.Орлов, В. Г. Основы инженерной гидрологии : учебное пособие / В. Г. Орлов, А. В. Сикан. — Санкт-Петербург : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2003. — 187 с.

UDK: 528.46:004:351.853.1.(575.146)(043)

Madaniy meros obyektlari davlat kadastri uchun ko‘p qatlamli geoaxborot bazasining konseptual modelini ishlab chiqish

Sh.Y.Sattorov - *Buxoro davlat texnika universiteti “Kadastr va qurilish muhandisligi” kafedrasi dotsenti, t.f.f.d., (PhD).*
J.J.Pirimov - *Buxoro davlat texnika universiteti “Kadastr va qurilish muhandisligi” kafedrasi dotsenti, t.f.f.d., (PhD).*
A.M.Abduloyev - *Buxoro davlat texnika universiteti “Kadastr va qurilish muhandisligi” kafedrasi katta o’qituvchisi*
K.H.Jurayev - *Buxoro davlat texnika universiteti “Kadastr va qurilish muhandisligi” kafedrasi dotsenti, t.f.f.d., (PhD).*
F.F.Jo‘raqulov - *Buxoro davlat texnika universiteti magistranti*
shsattorov1993@mail.ru

Annotatsiya. Mazkur maqolada moddiy madaniy meros obyektlari davlat kadastrini raqamli transformatsiya qilishning nazariy-uslubiy asosi sifatida ko‘p qatlamli geoaxborot bazasining konseptual modeli taklif etiladi. Taklif etilayotgan modelning asosiy g‘oyasi kadastr obyektini faqat koordinata va tavsiflar majmui sifatida emas, balki hudud, vaqt, tarixiy voqea, huquqiy maqom, muhofaza rejimi, texnik holat, restavratsiya jarayoni, hujjat-manba va mas’ul subyektlar bilan bog‘langan semantik–fazoviy birlik sifatida yuritishdan iborat. Bunday yondashuv mavjud kadastr ma’lumotlarini oddiy reyestr darajasidan boshqaruv qarorlarini qo‘llab-quvvatlaydigan, tarixiy holatni qayta tiklay oladigan va boshqa davlat kadastrlari bilan interoperabellikni ta’minlaydigan bilimga yo‘naltirilgan geoma’lumotlar infratuzilmasiga o‘tkazishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: madaniy meros obyektlari, davlat kadastri, geoinformatsion tizimlar (GIS), fazoviy ma’lumotlar, atributiv ma’lumotlar, raqamli kadastr, ko‘p qatlamli geobaza, axborot tizimi, monitoring, hududiy rejalashtirish, madaniy merosni muhofaza qilish.

Аннотация. В данной статье в качестве теоретико-методологической основы цифровой трансформации государственного кадастра объектов материального культурного наследия предлагается концептуальная модель многослойной геоинформационной базы данных. Основная идея предлагаемой модели заключается в ведении кадастрового объекта не только как совокупности координат и

описательных характеристик, но и как семантико-пространственной единицы, взаимосвязанной с территорией, временем, историческими событиями, правовым статусом, режимом охраны, техническим состоянием, процессами реставрации, документальными источниками и ответственными субъектами. Такой подход способствует переходу от существующих кадастровых данных, представленных на уровне простого реестра, к ориентированной на знания инфраструктуре геопространственных данных, способной обеспечивать поддержку управленческих решений, реконструкцию исторического состояния объектов и интероперабельность с другими государственными кадастрами.

Ключевые слова: объекты культурного наследия, государственный кадастр, геоинформационные системы (GIS), пространственные данные, атрибутивные данные, цифровой кадастр, многослойная геобаза, информационная система, мониторинг, территориальное планирование, охрана культурного наследия.

Abstract. This article proposes a conceptual model of a multilayer geoinformation database as a theoretical and methodological basis for the digital transformation of the State Cadastre of Tangible Cultural Heritage Objects. The main idea of the proposed model is to represent a cadastral object not merely as a set of coordinates and descriptive attributes, but as a semantic-spatial entity interconnected with territory, time, historical events, legal status, protection regimes, technical condition, restoration processes, documentary sources, and responsible stakeholders. Such an approach facilitates the transition of existing cadastral data from the level of a conventional registry to a knowledge-oriented geospatial data infrastructure capable of supporting managerial decision-making, reconstructing the historical condition of heritage objects, and ensuring interoperability with other state cadastres.

Keywords: cultural heritage objects, state cadastre, geographic information systems (GIS), spatial data, attribute data, digital cadastre, multi-layer geodatabase, information system, monitoring, spatial planning, cultural heritage protection.

Kirish. Hozirgi kunda moddiy madaniy meros obyektlarini aniqlash, hisobga olish, muhofaza qilish, monitoringini yuritish va ulardan samarali foydalanishda zamonaviy geoaxborot texnologiyalarini joriy etish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etmoqda. Madaniy meros obyektlariga oid ma’lumotlar faqat ularning geografik joylashuvi va tavsifiy ko‘rsatkichlari bilan cheklanmay, balki tarixiy shakllanish davri, huquqiy maqomi, muhofaza rejimi, texnik holati, restavratsiya jarayonlari, arxiv hujjatlari, foto va multimedia materiallari, mas’ul tashkilotlar hamda vaqt davomida yuz bergan o‘zgarishlarni ham qamrab oladi. Shu sababli mavjud kadastr axborotini oddiy reyestr ko‘rinishida yuritish zamonaviy boshqaruv va tahlil talablarini to‘liq ta’minlay olmaydi.

Madaniy meros obyektlari davlat kadastri uchun ko‘p qatlamli geoaxborot bazasining konseptual modelini ishlab chiqish fazoviy, atributiv, tarixiy, huquqiy va vaqtga bog‘liq ma’lumotlarni yagona axborot muhitida integratsiyalash imkonini

beradi. Bunday yondashuv obyektni faqat xaritadagi nuqta yoki poligon sifatida emas, balki hudud, tarixiy voqealar, huquqiy maqom, muhofaza zonalari, restavratsiya ishlari va hujjat-manbalar bilan o‘zaro bog‘langan semantik–fazoviy birlik sifatida boshqarishni ta’minlaydi.

Semantik–fazoviy boshqaruv mexanizmini shakllantirish orqali “obyekt–hudud”, “obyekt–vaqt”, “obyekt–hujjat”, “obyekt–huquqiy maqom”, “obyekt–muhofaza zonasi” va “obyekt–restavratsiya jarayoni” kabi o‘zaro aloqalarni axborot tizimida ifodalash imkoniyati yaratiladi. Shu bilan birga, obyektning turli davrlardagi holatini saqlash, tarixiy o‘zgarishlarni kuzatish va zarur hollarda avvalgi holatini raqamli rekonstruksiya qilish imkoniyati ham vujudga keladi.

Mazkur yondashuvning yana bir muhim jihati geoma’lumotlarning standartlashtirilishi va interoperabelligini ta’minlash bilan bog‘liq. Geoaxborot bazasining xalqaro standartlarga muvofiq shakllantirilishi madaniy meros kadastrini yer, bino va inshootlar, shaharsozlik, ekologik monitoring hamda boshqa davlat axborot tizimlari bilan integratsiyalash imkonini kengaytiradi. Natijada ma’lumotlar takrorlanishi va tarqoqligi kamayadi, ularning aniqligi, yangilanishi va foydalanish samaradorligi oshadi.

Shu bois madaniy meros obyektlari davlat kadastri uchun ko‘p qatlamli geoaxborot bazasining konseptual modelini ishlab chiqish va kadastr ma’lumotlarini semantik–fazoviy birlikda boshqarish tizimini takomillashtirish dolzarb ilmiy-amaliy masala hisoblanadi. Ushbu yondashuv madaniy meros kadastrini oddiy elektron reyestrdan fazoviy-vaqtli tahlil, monitoring va boshqaruv qarorlarini qo‘llab-quvvatlash imkoniyatiga ega bo‘lgan zamonaviy geoaxborot infratuzilmasiga transformatsiya qilish uchun ilmiy-uslubiy asos yaratadi.Mavjud kadastr axborot modelining tizimli muammolari va takomillashtirish zarurati

Amaldagi kadastr yuritish amaliyotida ma’lumotlar ko‘pincha turli shakl va fayllarda: kadastr pasporti, ekspertiza xulosasi, qo‘riqlash majburiyati, tarixiy ma’lumotnoma, topografik reja, fotoarxiv, restavratsiya loyihasi, inventar kartochka, koordinatalar jadvali va boshqa hujjatlar ko‘rinishida shakllanadi. Mazkur hujjatlarning har biri obyekt haqida muhim axborot beradi, biroq ular o‘zaro qat’iy mashina-o‘qiladigan munosabatlar bilan bog‘lanmasa, bir obyektga tegishli ma’lumotlar bir nechta axborot “orolchalari”da saqlanib qoladi. Natijada obyektning bugungi holatini ko‘rish mumkin bo‘lsa-da, uning qachon va qaysi hujjat asosida toifasi o‘zgargani, qaysi restavratsiya ishidan so‘ng geometriyasi yoki texnik holati yangilangani, qaysi qo‘riqlash tegrasi bilan qanday fazoviy munosabatda ekani kabi savollarga avtomatik javob olish qiyinlashadi.

Ikkinchi muammo fazoviy ma’lumotning semantik mazmundan uzilib qolishidir. Ko‘pgina an’anaviy GAT bazalarida obyektning nuqta, chiziq yoki poligon geometriyasi jadval satriga bog‘lanadi, biroq “bu poligon nimani anglatadi?”, “qaysi davr uchun amal qiladi?”, “u obyektning asosiy hududimi, muhofaza tegrasimi yoki arxeologik ehtimol zonasi ekanmi?”, “geometriya qaysi o‘lchash natijasidan olingan?” kabi savollar alohida matnli izohda qoladi. Semantika aniq formalizatsiya qilinmagani sababli turli tashkilotlar

bir xil atamani turlicha talqin qilishi, bir xil geometriya turli maqsadlarda qayta saqlanishi yoki qo‘riqlash zonasi bilan obyekt hududi chalkashishi mumkin.

Uchinchi muammo vaqt omilining yetarlicha modellashtirilmasligidir. Madaniy meros obyekti statik obyekt emas: uning nomi, foydalanish turi, huquqiy maqomi, texnik holati, qo‘riqlash tegrasi, restavratsiya bosqichi, foto holati va ayrim hollarda koordinata aniqligi vaqt bo‘yicha o‘zgaradi. Agar ma’lumotlar faqat “joriy qiymat” tamoyili bilan yangilansa, avvalgi holat ustiga yozilib ketadi va kadastrning tarixiy izchilligi yo‘qoladi. Bu esa ekspertiza, nizolarni hal qilish, restavratsiya natijasini baholash va retrospektiv monitoring uchun zarur bo‘lgan “qachon–nima o‘zgardi–kim o‘zgartirdi–qaysi manba asosida” zanjirini tiklashni qiyinlashtiradi.

To‘rtinchi muammo fazoviy topologik aloqalarning atribut sifatida emas, hisoblash natijasi sifatida epizodik qo‘llanishidir. Masalan, obyektning muhofaza tegrasi bilan yer uchastkasining kesishishi, rejalashtirilgan qurilish uchastkasining tartibga solish tegrasiga kirishi, tarixiy landshaft va muhandislik infratuzilmasi o‘rtasidagi yaqinlik, bir ansambl tarkibidagi bino va inshootlarning qism-butun munosabati boshqaruv qarorlari uchun asosiy axborot hisoblanadi. Ushbu munosabatlar bazada formal topologik munosabat sifatida saqlansa, avtomatik nazorat, konfliktlarni aniqlash va hududiy rejalashtirish vazifalari sezilarli soddalashadi.

Beshinchi muammo ma’lumot manbasi va ishonchlilik darajasining obyekt atributidan ajratilmasligidir. Tarixiy manbadan olingan taxminiy joylashuv, GNSS o‘lchovi bilan aniqlangan koordinata va ortofotodan raqamlashtirilgan kontur aniqlik jihatidan bir xil emas. Shuningdek, arxiv ma’lumotida keltirilgan qurilish sanasi bilan ilmiy ekspertiza orqali aniqlangan davrlashtirish turli epistemik maqomga ega. Shu sababli har bir muhim fakt va geometriya uchun manba, muallif/tashkilot, sana, usul, aniqlik, ishonchlilik va verifikatsiya holati alohida yuritilishi lozim.

Muammo	**Mavjud yondashuvdagi oqibat**	**Taklif etilayotgan yechim**
Fragmentlangan hujjatlar	Bir obyektga oid ma’lumotlar turli fayl va jadvallarda ajralgan	CH_UID asosida barcha qatlam va hujjatlarni bog‘lash
Semantika va geometriya uzilishi	Poligon/nuqta ma’nosi kontekstga bog‘liq	Ontologik sinf + geometriya turi + topologik munosabat
Vaqt bo‘yicha ustiga yozish	Tarixiy holat yo‘qoladi	Voqea asosidagi versiyalash va valid_time/transaction_time
Topologiya formal emas	Konfliktlar qo‘lda tekshiriladi	within/intersects/touches/near kabi munosabatlarni avtomatik hosil qilish
Manba va ishonchlilik noaniq	Faktlar sifatini taqqoslash qiyin	Provenance, aniqlik va ishonch ko‘rsatkichlari
Idoralararo turli terminlar	Interoperabellik pasayadi	Nazorat qilinuvchi lug‘at va CIDOC CRM/GeoSPARQL mapping

1-jadval. Kadastr axborotini semantik–fazoviy modelga o‘tkazishni talab qiluvchi asosiy muammolar

Ko‘p qatlamli geoaxborot bazasini qurishning konseptual tamoyillari

Taklif etilayotgan model besh asosiy tamoyilga tayanadi. Birinchi tamoyil — “bitta obyekt, bitta barqaror identifikator”. Har bir moddiy madaniy meros obyektiga CH_UID (Cultural Heritage Unique Identifier) ko‘rinishidagi o‘zgarmas identifikator biriktiriladi. Obyekt nomi, kadastr raqami, ma’muriy manzili yoki huquqiy toifasi vaqt o‘tishi bilan o‘zgarishi mumkin, biroq CH_UID obyektning butun hayot sikli davomida o‘zgarmaydi. Barcha fazoviy qatlamlar, hujjatlar, fotosuratlar, monitoring yozuvlari, ekspertiza xulosalari va restavratsiya voqealari aynan shu identifikator orqali birlashtiriladi.

Ikkinchi tamoyil — “geometriya ma’nosiz saqlanmaydi”. Har bir geometriya obyekt turi, semantik roli, amal qilish vaqti, koordinata tizimi, olish usuli va aniqlik ko‘rsatkichlari bilan birga saqlanadi. Masalan, bir obyekt uchun “asosiy konstruktiv kontur”, “kadastr hududi”, “muhofaza tegrasi”, “qurilishni tartibga solish tegrasi”, “landshaftni muhofaza qilish tegrasi”, “arxeologik ehtimol zonasi”, “kuzatuv nuqtasi” va “3D qobiq” bir-biridan aniq farqlanadi. Bu yondashuv geometriyaning faqat chizma elementi emas, balki semantik jihatdan aniqlangan kadastr obyekti ekanini ta’minlaydi.

Uchinchi tamoyil — “fakt voqea va manba orqali isbotlanadi”. Obyektga oid o‘zgarishlar, masalan, kadastrga kiritish, toifani o‘zgartirish, restavratsiya, konservatsiya, zarar ko‘rish, rekonstruksiya, ekspertiza, geodezik qayta o‘lchash kabi jarayonlar E_EVENT turidagi voqea sifatida qayd etiladi. Voqea tegishli vaqt oralig‘i, ishtirokchi subyekt, hujjat-manba va natijaviy o‘zgarish bilan bog‘lanadi. Shu orqali ma’lumotlar bazasi faqat “nima bor?” savoliga emas, “u qanday shakllangan?” savoliga ham javob beradi.

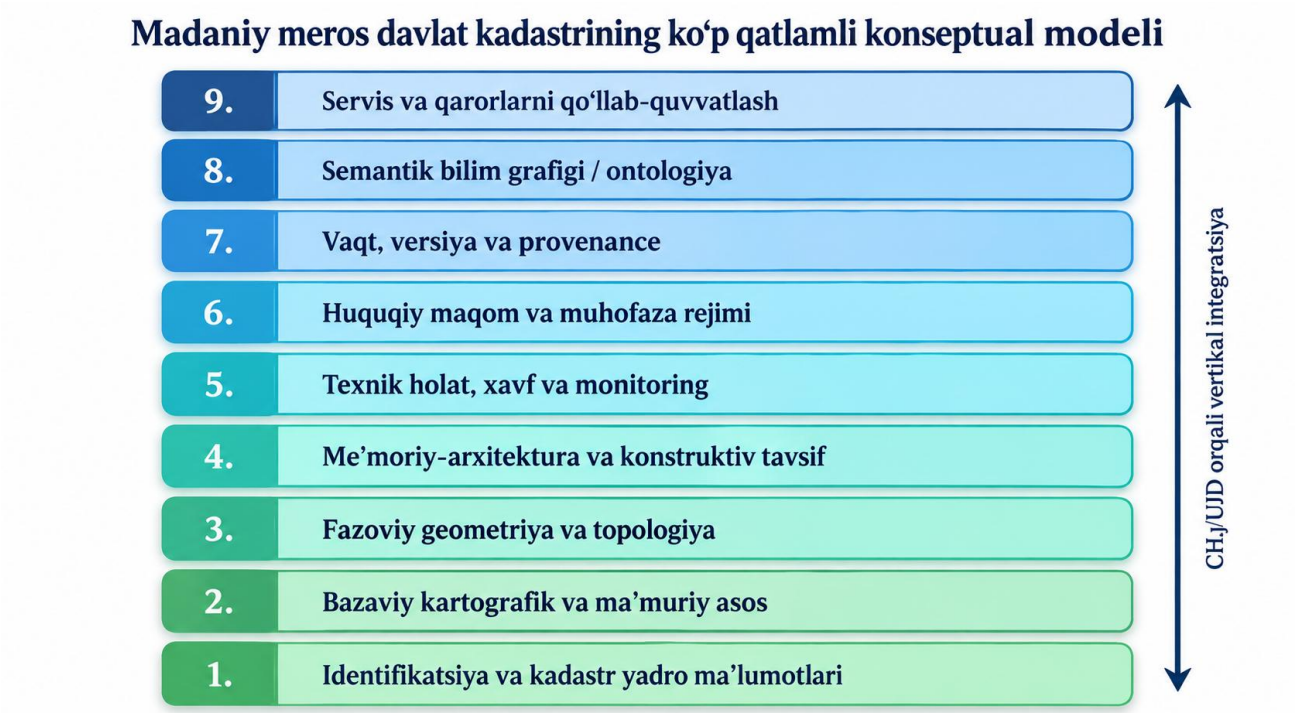
To‘rtinchi tamoyil — “qatlamlar mustaqil, lekin semantik yadro orqali bog‘langan”. Ma’lumotlar qatlamlar bo‘yicha ajratilishi tizimning boshqariluvchanligi va ishlash tezligini oshiradi, lekin ularning barchasi CH_UID va nazorat qilinuvchi bog‘lanish turlari orqali yagona obyekt modeli sifatida birlashtiriladi. Bu prinsip kartografik qatlamlar soni ortganida ham ma’lumotlar takrorlanishini kamaytiradi va har bir qatlamning aniq funksional vazifasini belgilaydi.

Beshinchi tamoyil — “sifat va kelib chiqish ma’lumotning o‘zidan ajralmas qism”. ISO 19115-1 metama’lumot tamoyillari identifikatsiya, fazoviy-vaqt qamrovi, mas’ul tomonlar, tarqatish va boshqa tavsiflarni; ISO 19157-1 esa to‘liqlik, mantiqiy moslik, pozitsion aniqlik, tematik aniqlik va vaqt aniqligi kabi sifat komponentlarini tizimli qayd etishga imkon beradi [8–9]. Shuning uchun taklif etilayotgan modelda “quality” va “provenance” qatlamlari ixtiyoriy qo‘shimcha emas, balki bazaning majburiy tarkibiy qismi sifatida qaraladi.

Ko‘p qatlamli geoaxborot bazasining konseptual modeli

Ko‘p qatlamli model kadastr obyektini to‘qqiz funksional qatlam guruhida ifodalashni nazarda tutadi. Birinchi qatlam — identifikatsiya va kadastr yadro ma’lumotlari; ikkinchi qatlam — bazaviy kartografik va ma’muriy asos; uchinchi qatlam — fazoviy geometriya va topologiya; to‘rtinchi

qatlam — me’moriy, arxitektura va konstruktiv tavsif; beshinchi qatlam — texnik holat, xavf va monitoring; oltinchi qatlam — huquqiy maqom va muhofaza rejimi; yettinchi qatlam — vaqt, versiya va ma’lumotning kelib chiqishi; sakkizinchi qatlam — semantik bilim grafigi; to‘qqizinchi qatlam — servislar, analitika va boshqaruv qarorlarini qo‘llab-quvvatlash. Ushbu tuzilma “pastdan yuqoriga” harakatda xom kadastr ma’lumotini semantik bilim va boshqaruv xizmatiga aylantiradi.



4.1-rasm. Madaniy meros davlat kadastrining taklif etilayotgan ko‘p qatlamli konseptual modeli

Qatlam guruhi	Asosiy mazmun	Geometriya/format	Yangilanish sababi
1. Kadastr yadro	CH_UID, nom, turi, toifa, kadastr statusi	Atribut/RDF	Ro‘yxatga olish yoki status o‘zgarishi
2. Bazaviy asos	ma’muriy chegara, manzil, yer uchastkasi, ortofoto	Poligon/chiziq/raster	Bazaviy kartografiya yangilanishi
3. Fazoviy yadro	obyekt konturi, nuqta, 3D geometriya, tegralar	Point/Line/Polygon/MultiSurface	Geodezik o‘lchash, tegra tasdiqlanishi
4. Arxitektura	qism-butun tuzilma, fasad, konstruksiya, material	Atribut/2D/3D	Inventarizatsiya, restavratsiya
5. Holat va xavf	shikastlanish, deformatsiya, namlik, xavf omillari	Atribut/tematik geometriya	Monitoring natijasi
6. Huquqiy	mulk/foydalanish, muhofaza majburiyati, cheklov	Atribut/hujjat	Qaror, shartnoma, ekspertiza
7. Vaqt-provenance	versiya, amal qilish vaqti, manba, aniqlik	Temporal + metadata	Har bir tahrir/yangilanish
8. Semantik graf	obyekt–joy–voqea–shaxs–hujjat munosabatlari	RDF/OWL/Graph	Yangi fakt yoki munosabat
9. Servis/analitika	API, WMS/WFS, GeoSPARQL, risk va konflikt tahlili	Web servis/so‘rov	Talabga ko‘ra

2-jadval. Ko‘p qatlamli geoaxborot bazasining funksional qatlamlari

Modeldagi qatlamlar fizik ma’noda alohida fayllar bo‘lishi shart emas. Ular PostgreSQL/PostGIS kabi relatsion-fazoviy ma’lumotlar bazasida sxemalar va jadvallar, RDF triple-store muhitida esa sinflar va graflar ko‘rinishida amalga oshirilishi mumkin. Muhim jihat shundaki, har bir qatlam o‘zining aniq semantik vazifasiga ega bo‘lib, barcha qatlamlar obyektning barqaror CH_UID identifikatori va standart munosabatlar orqali integratsiyalanadi. Natijada tizim bir vaqtning o‘zida tranzaksion kadastr yuritish uchun relatsion bazaning ishonchliligidan va murakkab semantik so‘rovlar uchun bilim grafining moslashuvchanligidan foydalanishi mumkin.

Tadqiqot natijasida moddiy madaniy meros obyektlari davlat kadastri uchun identifikatsiya, fazoviy geometriya, arxitektura, texnik holat, huquqiy maqom, vaqt-versiya, provenance, semantik graf va servis qatlamlarini birlashtiruvchi ko‘p qatlamli geoaxborot bazasining konseptual modeli ishlab chiqildi. Modelning integratsion yadro elementi sifatida barqaror CH_UID identifikatori taklif etildi. U obyektning turli geometriyalari, hujjatlari, voqealari, monitoring natijalari va huquqiy tegralarini yagona raqamli obyektga bog‘laydi.

Kadastr axborotini semantik–fazoviy birlikda yuritish uchun ma’lumotni qabul qilishdan boshlab ETL, identifikatsiya, topologik validatsiya, ontologik bog‘lash, bitemporal versiyalash, provenance va sifat nazoratidan o‘tkazib, GAT va semantik servislar orqali nashr etishgacha bo‘lgan takomillashtirilgan mexanizm taklif etildi. Ushbu mexanizm fazoviy geometriyani uning ma’nosi, vaqt oralig‘i, huquqiy asosi va manbasi bilan ajralmas holda boshqarishga imkon beradi.

Taklif etilgan yondashuvning nazariy yangiligi milliy kadastr modelini CIDOC CRM va GeoSPARQL tamoyillari bilan gibrid integratsiyalash, voqea markazli va bitemporal tarixiy modelni qo‘llash, muhofaza tegralarini mustaqil huquqiy-fazoviy entitet sifatida formalizatsiya qilish hamda ma’lumot sifati uchun ko‘p komponentli integral baholashni taklif etishda namoyon bo‘ladi. Natijada davlat kadastri passiv ro‘yxatga olish tizimidan tarixiy izchillik, semantik qidiruv, fazoviy konfliktlarni aniqlash va boshqaruv qarorlarini qo‘llab-quvvatlash imkoniga ega bo‘lgan intellektual geoaxborot tizimiga aylantirilishi mumkin.

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‘risidagi qarori
2. O‘zbekiston Respublikasining yer kodeksi
3. Sattorov Sh Y, Ahmadov S O, Akhtamov S A 2021 Mechanisms of rice growing and rice development in Uzbekistan online-conferences **5** 183
4. Sattorov S 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
5. https://lex.uz/acts/25461

УДК 502.3:528.9:004.9(575.1)

TABIIY RESURSLARNI BOSHQARISHDA GEOFAZOVIY TEXNOLOGIYALARDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGINI OSHIRISH

A.M.Abduloyev *- Buxoro davlat texnika universiteti "Kadastr va qurilish muhandisligi" kafedrasi katta o'qituvchisi*
J.J. Pirimov *-Buxoro davlat texnika universiteti "Kadastr va qurilish muhandisligi" kafedrasi dotsenti, t.f.f.d. (PhD)*
Sh.Y.Sattorov *-Buxoro davlat texnika universiteti "Kadastr va qurilish muhandisligi" kafedrasi dotsenti, t.f.f.d. (PhD)*
K.H.Jurayev *-Buxoro davlat texnika universiteti "Kadastr va qurilish muhandisligi" kafedrasi assistenti, t.f.f.d. (PhD)*
F.F.Jo'raqulov *- Buxoro davlat texnika universiteti magistranti*

Annotatsiya. Mazkur maqolada tabiiy resurslarni boshqarishda geografik axborot tizimlari, masofadan zondlash va zamonaviy geodezik texnologiyalardan kompleks foydalanish samaradorligini oshirish masalalari tadqiq etilgan. Tabiiy resurslarning hududiy joylashuvi, miqdoriy va sifat holati, vaqt davomida o'zgarishi hamda antropogen ta'sir darajasini faqat an'anaviy dala kuzatuvlari asosida baholash ko'p vaqt va resurs talab etishi sababli geofazoviy ma'lumotlarni integratsiyalashgan holda boshqarish zarurati asoslangan.

Kalit so'zlar: tabiiy resurslar, geofazoviy texnologiyalar, GAT, masofadan zondlash, GNSS, geodeziya, Sentinel-2, Landsat, NDVI, NDMI, MNDWI, geoma'lumotlar bazasi, fazoviy monitoring, barqaror boshqaruv.

Kirish. Tabiiy resurslar jamiyatning iqtisodiy, ekologik va ijtimoiy rivojlanishini ta'minlaydigan asosiy boyliklardan hisoblanadi. Yer, suv, tuproq, o'simlik, o'rmon va boshqa tabiiy resurslarning miqdori cheklangan bo'lib, ularning hududiy joylashuvi va sifat ko'rsatkichlari doimiy ravishda o'zgarib turadi. Shu sababli tabiiy resurslarni boshqarish jarayoni faqat mavjud resurslarni hisobga olish bilan cheklanmasdan, ularning holatini muntazam monitoring qilish, o'zgarish tendensiyalarini aniqlash, foydalanish samaradorligini baholash hamda kelgusidagi rivojlanish holatini prognoz qilishni ham qamrab olishi lozim.

An'anaviy monitoring usullarida katta hududlarni dala sharoitida o'rganish ko'p vaqt, mehnat va moliyaviy resurs talab qiladi. Bundan tashqari, turli tashkilotlarda to'plangan ma'lumotlarning koordinata tizimlari, aniqligi, yangilanish davri va formatlari bir-biridan farq qilishi tabiiy resurslar holatini yagona mezon asosida baholashni murakkablashtiradi. Zamonaviy geofazoviy texnologiyalar mazkur

muammolarni kamaytirish imkoniyatiga ega.

Hozirgi tabiiy resurslarni boshqarish tizimida geografik axborot tizimlari turli manbalardan shakllantirilgan fazoviy va atribut ma’lumotlarini yagona muhitda birlashtirish, saqlash, yangilash va tahlil qilish imkonini beradi. Masofadan zondlash texnologiyalari esa katta hududlarni bir vaqtning o‘zida kuzatish, takroriy tasvirlar asosida dinamik o‘zgarishlarni aniqlash va bevosita dala kuzatuvlari cheklangan hududlar haqida axborot olish imkonini yaratadi. Zamonaviy ilmiy sharhlarda GAT va masofadan zondlash qishloq xo‘jaligi, suv, o‘rmon, tuproq va tabiiy xavflarni boshqarishning asosiy geofazoviy vositalari sifatida ko‘rsatilgan, shu bilan birga masofadan olingan ma’lumotlarni in-situ kuzatuvlar bilan tekshirish alohida ahamiyatga ega ekanligi ta’kidlangan.

Geodeziya va GNSS texnologiyalari ushbu tizimda alohida ahamiyat kasb etadi. Masofadan zondlash hududning spektral va vaqt bo‘yicha holatini ko‘rsatsa, geodezik o‘lchovlar obyektlarning aniq koordinatalari, chegaralari va balandliklarini belgilaydi. Shuning uchun tabiiy resurslar monitoringida masofadan zondlash ma’lumotlari geodezik ma’lumotlarning o‘rnini egallamaydi, aksincha ularni to‘ldiradi.

Birlashgan Millatlar Tashkilotining Global geofazoviy axborotni boshqarish bo‘yicha ekspertlar qo‘mitasi ham geofazoviy axborotning muvofiqlashtirilgan, foydalanish mumkin bo‘lgan va barqaror tarzda yuritilishini iqtisodiy, ijtimoiy va ekologik rivojlanishni qo‘llab-quvvatlovchi muhim omil sifatida ko‘rsatadi.

Shu nuqtai nazardan, tabiiy resurslarni boshqarishning istiqbolli yo‘nalishi alohida texnologiyalardan foydalanish emas, balki GAT + masofadan zondlash + geodeziya/GNSS + dala kuzatuvlarini yagona geofazoviy monitoring tizimiga integratsiyalashdan iborat.

Mazkur tadqiqotning maqsadi tabiiy resurslarni boshqarishda geofazoviy texnologiyalardan foydalanish samaradorligini oshirishga qaratilgan integratsiyalashgan ilmiy-uslubiy modelni ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqot vazifalari sifatida tabiiy resurslar to‘g‘risidagi fazoviy ma’lumotlar manbalarini tizimlashtirish; masofadan zondlash, GAT va GNSS ma’lumotlarini integratsiyalash mexanizmini ishlab chiqish; tabiiy resurslarning holatini ifodalovchi asosiy indikatorlarni tanlash; geofazoviy texnologiyalardan foydalanish samaradorligini baholash mezonlarini ishlab chiqish va natijalarni boshqaruv qarorlariga aylantirishning texnologik ketma-ketligini shakllantirish belgilandi.

Tadqiqot materiallari va metodlari. Tadqiqot metodologiyasi tabiiy resurslarni boshqarishda geofazoviy ma’lumotlarning bir nechta mustaqil manbalarini yagona koordinata va tahlil tizimiga

birlashtirish tamoyiliga asoslangan. Bunda masofadan zondlash ma’lumotlari, GNSS geodezik o‘lchovlari, mavjud topografik va kadastr materiallari, raqamli relyef modellari hamda dala kuzatuvlaridan foydalanish nazarda tutiladi.

Masofadan zondlash ma’lumotlari. Tabiiy resurslarning holati va vaqt bo‘yicha o‘zgarishlarini kuzatishda Sentinel-2 ma’lumotlaridan foydalanish samarali hisoblanadi. Sentinel-2 multispektral tasvirlagichi 13 ta spektral diapazonga ega bo‘lib, tasvirlarning fazoviy aniqligi diapazonga qarab 10, 20 va 60 metrni tashkil qiladi. Missiya qishloq xo‘jaligi, o‘rmonlar, yer qoplami o‘zgarishi, suv obyektlari va biogeofizik ko‘rsatkichlarni monitoring qilish uchun mo‘ljallangan.

Uzoq muddatli dinamikani baholash uchun Landsat arxivi ham katta ilmiy ahamiyatga ega. Landsat 8 va Landsat 9 OLI/TIRS ma’lumotlarining asosiy multispektral kanallari 30 metr fazoviy aniqlikda, panchromatik kanal esa 15 metr aniqlikda beriladi. Landsat 8 va 9 kuzatuvlari o‘zaro vaqt bo‘yicha to‘ldirilishi mumkin.

Masofadan zondlashning katta afzalligi bir xil metodika asosida katta hududlar bo‘yicha takroriy kuzatuv ma’lumotlarini olish imkoniyatidir. Ammo bulutlilik, fazoviy aniqlik chegarasi, spektral aralashish va atmosfera ta’siri sababli bunday ma’lumotlarni dala hamda geodezik kuzatuvlar bilan tekshirish zarur.

Geodezik va GNSS ma’lumotlari. GNSS texnologiyasi tabiiy resurs obyektlarining aniq fazoviy holatini belgilash uchun qo‘llaniladi. Dala tadqiqotlarida nazorat nuqtalari, yer konturlari, suv obyektlarining qirg‘oq chiziqlari, degradatsiyaga uchragan hududlar yoki boshqa monitoring obyektlari GNSS orqali koordinatalashtiriladi.

Talab etiladigan aniqlikka qarab statik, tezkor statik, differensial yoki RTK usullaridan foydalanish mumkin. Yuqori aniqlikdagi GNSS ma’lumotlari masofadan zondlash orqali aniqlangan obyektlarni tekshirish va vektor chegaralarni aniqlashtirish vazifasini bajaradi.

Shu jihatdan geodezik ma’lumotlar integratsiyalashgan monitoring tizimining geometrik tayanchi, masofadan zondlash esa uning dinamik axborot manbai sifatida qaraladi.

Tadqiqotda barcha ma’lumotlar yagona GAT muhitida saqlanadi. Geoma’lumotlar bazasi shartli ravishda quyidagi qatlamlardan shakllantiriladi (1-jadval).

1-jadval.

GAT ma’lumotlar bazasi

Qatlam	Asosiy axborot	Manba
Yer resurslari	kontur, maydon, foydalanish turi	kadastr, GNSS, RS
Tuproq	turi, holati, degradatsiya belgilari	tuproq kuzatuvi, RS

Suv	suv obyektlari, maydon, rejim	RS, GNSS, gidrologik ma’lumot
O‘simlik	qoplama, vegetatsiya holati	Sentinel-2, Landsat
Relyef	balandlik, qiyalik, ekspozitsiya	DEM, geodeziya
Antropogen obyektlar	yo‘l, bino, kommunikatsiya	topografik ma’lumot
Monitoring nuqtalari	koordinata, sana, holat	GNSS/dala
Vaqt qatorlari	resurs holatining o‘zgarishi	ko‘p vaqtli RS

Bu usul turli shakldagi ma’lumotlarni alohida fayllarda saqlashdan ko‘ra, obyektlar o‘rtasidagi fazoviy munosabatlarni tahlil qilish imkonini oshiradi.

O‘simlik resurslarining holatini baholashda normallashtirilgan vegetatsiya indeksi — NDVI keng qo‘llanadi:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Sentinel-2 ma’lumotlari uchun:

$$NDVI = \frac{B8 - B4}{B8 + B4}$$

bu yerda B8 — yaqin infraqizil, B4 — qizil spektral diapazon.

NDVI o‘simlik qoplamining spektral faolligi va vegetatsiya holatidagi vaqt bo‘yicha farqlarni aniqlash imkonini beradi. Biroq uning qiymatini to‘g‘ridan-to‘g‘ri hosildorlik yoki o‘simlik sifati sifatida qabul qilish to‘g‘ri emas. Natija ekin turi, vegetatsiya bosqichi, tuproq foni va atmosfera sharoitlari bilan birgalikda tahlil qilinishi lozim.

O‘simlik va yer yuzasi namligi holatini baholashda NDMI ko‘rsatkichidan foydalanish mumkin:

$$NDMI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

Sentinel-2 uchun:

$$NDMI = \frac{B8 - B11}{B8 + B11}$$

Ushbu indeks yaqin infraqizil hamda qisqa to‘lqinli infraqizil diapazonlarning farqiga asoslanadi va namlik bilan bog‘liq fazoviy tafovutlarni ajratishga yordam beradi.

Ochiq suv maydonlarini ajratish va ularning vaqt bo‘yicha o‘zgarishini kuzatish uchun modifikatsiyalangan normallashtirilgan suv indeksi — MNDWI dan foydalanish mumkin:

$$MNDWI = \frac{GREEN - SWIR}{GREEN + SWIR}$$

Sentinel-2 tasvirlarida Green sifatida B3, SWIR sifatida B11 diapazonidan foydalaniladi.

Spektral indekslar alohida yakuniy xulosa bermaydi. Ularning asosiy ahamiyati turli davrlardagi tasvirlarni o‘zaro taqqoslash va dala tekshiruvi uchun muammoli hududlarni ajratishdan iborat.

Taklif etilayotgan tizimda tabiiy resurslarni boshqarish jarayoni oltita ketma-ket bosqich asosida tashkil qilinadi (2-jadval).

2-jadval

GAT, masofadan zondlash va geodeziyaning integratsiyalashgan modeli

Bosqich	Amalga oshiriladigan ish	Asosiy texnologiya	Yakuniy mahsulot
1	Ma’lumot yig‘ish	RS, GNSS, dala	boshlang‘ich ma’lumotlar
2	Geodezik bog‘lash	GNSS/geodeziya	yagona fazoviy asos
3	RS qayta ishlash	Sentinel/Landsat	indeks va klassifikatsiya
4	Ma’lumotlarni integratsiya qilish	GAT	geoma’lumotlar bazasi
5	Fazoviy tahlil	GAT + statistik usullar	muammoli zonalar
6	Qaror shakllantirish	GAT/kartografiya	boshqaruv xaritalari

Mazkur modelning farqli jihati ma’lumot yig‘ish, tahlil va qaror qabul qilish jarayonlarini bir-biridan mustaqil bosqich emas, balki doimiy qayta aloqa mavjud bo‘lgan tizim sifatida qarashdir.

Masalan, sun’iy yo‘ldosh tasvirlarida vegetatsiya ko‘rsatkichi keskin pasaygan hudud aniqlansa, tizim shu hududni dala nazorati uchun ustuvor zona sifatida ajratadi. GNSS orqali muammo aniq koordinatalashtiriladi, dala kuzatuvida uning sababi aniqlanadi va natija yana GAT bazasiga qaytariladi. Shu tariqa bazada faqat tasvir emas, balki aniqlangan sabab va real kuzatuv natijasi ham saqlanadi.

Tabiiy resurslarni boshqarishda texnologiyaning samaradorligini faqat xarita yaratish tezligi bilan baholash yetarli emas. Samaradorlik fazoviy qamrov, yangilanish tezligi, aniqlik,

interoperabellik, dala tekshiruvi va iqtisodiy ko‘rsatkichlarning yig‘indisi sifatida baholanishi lozim. Shu sababli mazkur tadqiqot doirasida quyidagi Geofazoviy texnologiyalardan foydalanish samaradorligi integral ko‘rsatkichi taklif qilinadi:

$$GTSI = w_1C + w_2T + w_3A + w_4I + w_5V + w_6E$$

bu yerda:

C — fazoviy qamrov darajasi;
T — ma’lumotning tezkorligi va yangilanish chastotasi;
A — fazoviy va tematik aniqlik;
I — ma’lumotlarning o‘zaro integratsiyalanish darajasi;
V — dala tekshiruvi va validatsiya darajasi;
E — iqtisodiy samaradorlik;
w1…w6 — mezonlarning og‘irlik koeffitsiyentlari.

Koeffitsiyentlar yig‘indisi:

$$\sum_{i=1}^{6} w_i = 1$$

shartini qanoatlantirishi lozim.

Og‘irlik qiymatlarini ekspert baholash, AHP, entropy weighting yoki boshqa ko‘p mezonli baholash usuli asosida aniqlash mumkin. Bu yerda koeffitsiyentlarning aniq sonli qiymatlarini real tadqiqotsiz belgilash maqsadga muvofiq emas. Mazkur ko‘rsatkich texnologiyalar samaradorligini turli hududlar yoki monitoring variantlari bo‘yicha qiyosiy baholash imkonini beradi.

Natijalar. Taklif etilgan metodologik model tabiiy resurslarni boshqarishda mavjud ma’lumot oqimini uch darajada takomillashtirish imkonini beradi.

Birinchi daraja — ma’lumotlarni olish samaradorligi. Masofadan zondlash katta hududlar haqida takroriy ma’lumot beradi, GNSS esa tanlangan obyektlarni yuqori fazoviy aniqlik bilan koordinatalashtiradi. Buning natijasida barcha hududni dala sharoitida bir xil intensivlikda tekshirish zarurati kamayadi.

Ikkinchi daraja — ma’lumotlarni integratsiyalash samaradorligi. GAT turli manbalardan kelgan ma’lumotlarni yagona ma’lumotlar bazasiga keltirib, turli tabiiy resurslar o‘rtasidagi hududiy bog‘lanishlarni aniqlash imkonini beradi.

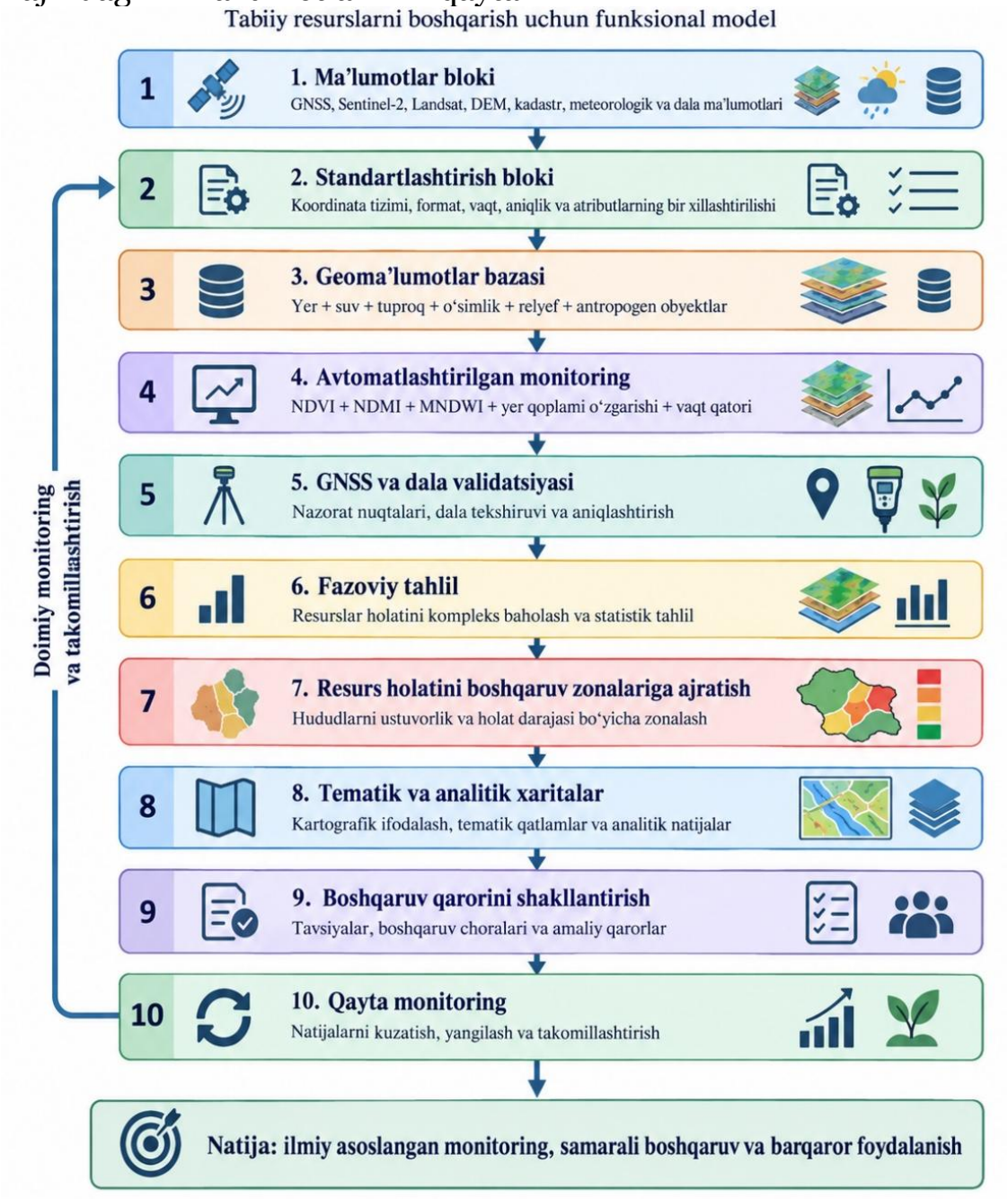
Uchinchi daraja — boshqaruv qarorlari samaradorligi. Oddiy statistik jadvalda muammo miqdori aniqlanishi mumkin, biroq GAT tahlili muammoning aynan qayerda joylashganini, qaysi boshqa omillar bilan bog‘langanini va qaysi hududlar birinchi navbatda boshqaruv aralashuvini talab qilishini ko‘rsatadi.

Shu asosda tabiiy resurslarni boshqarish tizimini:

Ma’lumot → monitoring → tahlil → baholash → zonalash → boshqaruv qarori → qayta monitoring ko‘rinishidagi yopiq siklga o‘tkazish taklif qilinadi.

Bugungi ilmiy adabiyotlarda ham tabiiy resurslarni boshqarish uchun geofazoviy texnologiyalarning rivojlanishi masofadan zondlash, GAT, fazoviy modellashtirish va yuqori hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlashning integratsiyasi bilan bog‘lanmoqda.

Shu bilan birga, texnologik imkoniyatlarning oshishi dala tekshiruvi zaruratini yo‘q qilmaydi. Aksincha, avtomatlashtirilgan klassifikatsiya va indekslar natijalarining ishonchliligini ta’minlash uchun sifatli nazorat ma’lumotlariga bo‘lgan talabni oshiradi.



1-rasm. Geofazoviy boshqaruv tizimi.

Ushbu tizim tabiiy resurslarni faqat inventarizatsiya qilishdan ularning holatini dinamik boshqarishga o‘tishni ta’minlaydi.

Taklif etilayotgan yondashuvdan:

- yer resurslarini boshqarish va yer monitoringida; sug‘oriladigan hududlarning holatini baholashda; suv obyektlarini monitoring qilishda;
- yaylov va o‘simlik qoplamini kuzatishda; tuproq degradatsiyasi xavfi mavjud hududlarni aniqlashda;
- ekologik monitoringda; davlat kadastrlari va hududiy rejalashtirishda; tabiiy resurslardan foydalanish bo‘yicha boshqaruv qarorlarini ishlab chiqishda foydalanish mumkin.

Usulning amaliy ustunligi monitoring ishlarini barcha hududda bir xil darajada olib borish o‘rniga, sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari orqali aniqlangan muammoli zonalarga dala va geodezik resurslarni yo‘naltirish imkoniyatidir. Bu monitoringning tezkorligi va maqsadliligini oshiradi.

Xulosa. Tabiiy resurslarni samarali boshqarish ishonchli, yangilanib turadigan va fazoviy jihatdan aniq ma’lumotlarni talab qiladi. An’anaviy monitoring usullari katta hududlarda zarur bo‘lgan vaqt va fazoviy qamrovni doimo ta’minlay olmaydi. Shu sababli zamonaviy geofazoviy texnologiyalarni kompleks qo‘llash tabiiy resurslarni boshqarish tizimini takomillashtirishning istiqbolli yo‘nalishi hisoblanadi.

Masofadan zondlash katta hududdagi resurs holatini muntazam kuzatish va o‘zgarishlarni tez aniqlash imkonini beradi. GNSS va geodezik o‘lchovlar obyektlarning ishonchli fazoviy holatini hamda dala nazoratini ta’minlaydi. GAT esa turli manbalardagi ma’lumotlarni yagona muhitda birlashtirish, ularning hududiy bog‘liqligini aniqlash, tahlil qilish va boshqaruv qarorlari uchun tushunarli kartografik shaklda taqdim etishga xizmat qiladi.

Shu sababli tabiiy resurslarni boshqarishda ushbu texnologiyalarning bir-birini almashtirishi emas, bir-birini to‘ldirishi asosiy metodologik tamoyil sifatida qaralishi kerak.

Taklif etilgan geofazoviy monitoring tizimi ma’lumot yig‘ishdan boshlab boshqaruv qarorini shakllantirishgacha bo‘lgan jarayonni yagona siklga birlashtiradi. GTSI integral ko‘rsatkichining joriy etilishi esa turli texnologik variantlarning samaradorligini yagona mezonlar tizimi bo‘yicha taqqoslash imkonini beradi.

Kelgusidagi tadqiqotlarda mazkur metodikani aniq hudud misolida Sentinel-2 va Landsat vaqt

qatorlari, GNSS dala o‘lchovlari, suv va tuproq ma’lumotlari asosida sinovdan o‘tkazish hamda taklif etilgan integral ko‘rsatkichning og‘irlik koeffitsiyentlarini statistik yoki ekspert usulida aniqlash maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. E.Safarov, J.Pirimov, I.Abdullaev, N.Abdullaeva Application of orthophotomaps in land cadastre E3S Web of Conferences 386 , GISCA 2022 and GI 2022 05008 (2023)
2. E.Yu.Safarov, J.J.Pirimov, R.K.Oymatov Davlat kadastr tizimlari uchun ortofotoplan ishlab chiqarishdagi fazoviy ma'lumotlarning aniqligini oshirish “Geodeziya, kartografiya va geoinformatika” Ilmiy-texnik jurnal 2024-yil 2-son. 115-120 bet 6 bet
3. Yer kadastri ishlarini yuritishda yer toifalarini aniqlash va raqamlashtirishning nazariy ahamiyati “Suv va yer resurslari” Agrar-gidromeliorativ ilmiy-ommabop jurnal 2(26)-son 2025-yil. 65-75 bet
4. J.Pirimov, Sattorov Sh. Ya.,Xudoyberdiyev F.Sh. Enhancing spatial data accuracy with innovations in orthophotoplan production for state cadastral systems AIP Conf. Proc. 3286, 050005 (2025) https://doi.org/10.1063/5.0280265
5. Sharma S., Beslity J.O., Rustad L. va boshq. Remote Sensing and GIS in Natural Resource Management: Comparing Tools and Emphasizing the Importance of In-Situ Data. Remote Sensing, 2024, 16(22), 4161.
6. Shit P.K. va boshq. (eds.). Geospatial Practices in Natural Resources Management. Springer, 2024.
7. Kanga S., Meraj G., Singh S.K. va boshq. Geospatial Technology for Natural Resource Management. Wiley, 2024.
8. Tucker C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment, 1979, 8(2), 127–150.
9. 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.
10. McFeeters S.K. The use of the normalized difference water index in the delineation of open water features. International Journal of Remote Sensing, 1996, 17(7), 1425–1432.
11. Xu H. Modification of normalised difference water

index to enhance open water features in remotely sensed imagery. International Journal of Remote Sensing, 2006, 27(14), 3025–3033.

12. Gorelick N., Hancher M., Dixon M. et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment, 2017, 202, 18–27.

УДК 911.3:37.018:332.1(575.1)

TA'LIM INFRASTRUKTURASINING RIVOJLANISHIGA TA'SIR ETUVCHI TABIIY VA IJTIMOIY-IQTISODIY GEOGRAFIK OMILLARNI BAHOLASH METODLARI

Nurmatov Asliddin Urozovich *- Shahrisabz davlat pedagogika instituti Geografiya kafedrasi katta o'qituvchisi, g.f.f.d.,(PhD).*
Mustafayeva Zarina Tohir qizi *– Shahrisabz davlat pedagogika instituti magistranti*

Annotatsiya. *Mazkur maqolada ta'lim infratuzilmasining rivojlanishiga ta'sir etuvchi tabiiy va ijtimoiy-iqtisodiy geografik omillarni baholashning ilmiy-metodik yondashuvlari tahlil qilingan. Ta'lim muassasalarining hududiy joylashuvi, demografik jarayonlar, aholi zichligi, transport-kommunikatsiya tarmoqlari, tabiiy sharoit hamda hududlarning umumta'lim maktablari uchun ajratilgan mablag'lari va shu asosida iqtisodiy rivojlanish darajasi kabi omillarning ta'lim infratuzilmasi rivojlanishiga ta'siri yoritilgan. Shuningdek, ushbu omillarni baholashda iqtisodiy-geografik tahlil, statistik, kartografik va qiyosiy usullarning qo'llanish imkoniyatlari ochib berilgan. Hududiy tafovutlarni aniqlash va ta'lim infratuzilmasini samarali rejalashtirishda kompleks baholash metodlarining ahamiyati asoslangan. Tadqiqot natijalari ta'lim infratuzilmasini hududiy rivojlantirish, mavjud nomutanosibliklarni kamaytirish hamda ta'lim xizmatlaridan foydalanish imkoniyatlarini yaxshilash bo'yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqishda muhim manba bo'lib xizmat qiladi.*

Abstract. *This article analyzes scientific-methodological approaches to evaluating the natural and socio-economic geographic factors influencing the development of educational infrastructure. It examines the impact of factors such as the spatial distribution of educational institutions, demographic processes, population density, transport and communication networks, natural conditions, and the funding allocated to general education schools—along with the resulting level of economic development—on the evolution of*

educational infrastructure. Furthermore, the article explores the potential application of economic-geographic analysis, as well as statistical, cartographic, and comparative methods, in assessing these factors. It substantiates the importance of comprehensive assessment methods for identifying regional disparities and effectively planning educational infrastructure. The research findings serve as a valuable resource for developing scientific and practical recommendations aimed at the regional development of educational infrastructure, the reduction of existing imbalances, and the improvement of access to educational services.

Аннотация. *В статье анализируются научно-методические подходы к оценке природных и социально-экономических географических факторов, влияющих на развитие образовательной инфраструктуры. Рассматривается воздействие таких факторов, как пространственное размещение образовательных учреждений, демографические процессы, плотность населения, транспортно-коммуникационные сети, природные условия и объемы финансирования общеобразовательных школ (а также сопутствующий уровень экономического развития), на эволюцию образовательной инфраструктуры. Кроме того, в статье исследуются возможности применения методов экономико-географического анализа, а также статистических, картографических и сравнительных методов при оценке данных факторов. Обосновывается значимость комплексных методов оценки для выявления региональных диспропорций и эффективного планирования образовательной инфраструктуры. Результаты исследования могут служить ценной основой для разработки научно-практических рекомендаций, направленных на развитие образовательной инфраструктуры в регионах, сглаживание существующих дисбалансов и повышение доступности образовательных услуг.*

Kalit so‘zlar: *ta’lim infratuzilmasi, iqtisodiy geografiya, ijtimoiy infratuzilma, tabiiy geografik omillar, ijtimoiy-iqtisodiy omillar, hududiy rivojlanish, geografik axborot tizimlari (GAT), demografik jarayonlar, aholi zichligi, hududiy rejalashtirish, transport-kommunikatsiya infratuzilmasi, iqtisodiy-geografik baholash metodlari.*

Keywords: *educational infrastructure, economic geography, social infrastructure, natural-geographic factors, socio-economic factors, regional development, geographic information systems (GIS), demographic processes,*

population density, regional planning, transport and communication infrastructure, economic-geographic assessment methods.
Ключевые слова: *образовательная инфраструктура, экономическая география, социальная инфраструктура, природно-географические факторы, социально-экономические факторы, региональное развитие, геоинформационные системы (ГИС), демографические процессы, плотность населения, региональное планирование, транспортно-коммуникационная инфраструктура, методы экономико-географической оценки.*

Kirish. Bugungi kunda ta’lim tizimini rivojlantirish har qanday davlatning ijtimoiy-iqtisodiy taraqqiyotini ta’minlovchi ustuvor yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Ta’lim sifati va undan foydalanish imkoniyatlari ko‘p jihatdan ta’lim infratuzilmasining rivojlanganlik darajasiga bog‘liq. Zamonaviy ta’lim infratuzilmasi nafaqat ta’lim muassasalari binolari va moddiy-texnik bazani, balki transport va muhandislik-kommunikatsiya tarmoqlari, axborot-kommunikatsiya texnologiyalari, raqamli ta’lim muhiti hamda o‘quv jarayonining samarali tashkil etilishini ta’minlovchi barcha shart-sharoitlarni o‘z ichiga oladi. Shu sababli ta’lim infratuzilmasini rivojlantirishga ta’sir etuvchi omillarni ilmiy asosda baholash bugungi kunda dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biri sanaladi. Ta’lim infratuzilmasining hududiy rivojlanishi tabiiy geografik va ijtimoiy-iqtisodiy omillarning o‘zaro uyg‘un ta’siri ostida shakllanadi. Hududning relyefi, iqlim sharoiti, tabiiy resurslari, ekologik holati, aholi zichligi, demografik jarayonlar, transport-kommunikatsiya tarmoqlarining rivojlanganlik darajasi, iqtisodiy salohiyat hamda hududiy boshqaruv tizimi ta’lim muassasalarini joylashtirish, ularning moddiy-texnik bazasini rivojlantirish va ta’lim xizmatlaridan foydalanish imkoniyatlariga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Mazkur omillarning hududlar bo‘yicha turlicha namoyon bo‘lishi ta’lim infratuzilmasi rivojlanishida muayyan nomutanosibliklarni yuzaga keltiradi. Shu bois ularni iqtisodiy-geografik yondashuv asosida kompleks baholash muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

So‘nggi yillarda O‘zbekiston Respublikasida ta’lim tizimini modernizatsiya qilish, hududlarda zamonaviy maktablar qurish, mavjud ta’lim muassasalarini rekonstruksiya qilish hamda ularni zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari bilan ta’minlashga qaratilgan keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirilmoqda. Biroq hududlarning tabiiy-geografik va ijtimoiy-iqtisodiy xususiyatlari ta’lim infratuzilmasining rivojlanish darajasiga turlicha ta’sir ko‘rsatmoqda. Shu sababli ta’lim infratuzilmasini rivojlantirishda

hududiy omillarni chuqur tahlil qilish, mavjud imkoniyat va cheklovlarni aniqlash hamda ularni ilmiy asoslangan metodlar yordamida baholash zarurati ortib bormoqda.

Mazkur maqolaning maqsadi ta’lim infratuzilmasining rivojlanishiga ta’sir etuvchi tabiiy geografik va ijtimoiy-iqtisodiy omillarni baholashning ilmiy-metodik asoslarini yoritish hamda iqtisodiy geografik tahlil usullarining ushbu jarayondagi ahamiyatini ochib berishdan iborat. Tadqiqotda geografik taqqoslash, statistik tahlil, kartografik yondashuv, geografik axborot tizimlari (GAT) imkoniyatlari va kompleks baholash metodlaridan foydalanishning afzalliklari yoritilib, ta’lim infratuzilmasini hududiy rejalashtirish va optimallashtirish bo‘yicha ilmiy xulosalar ishlab chiqilgan.

Asosiy qism. Ta’lim infrastrukturasining rivojlanish jarayoni murakkab va ko‘p qirrali bo‘lib, uni to‘g‘ri va samarali rivojlantirish uchun tabiiy geografik hamda ijtimoiy-iqtisodiy omillarni chuqur o‘rganish zarur. Ushbu omillar bir-biriga chambarchas bog‘liq bo‘lib, ta’lim muassasalarining joylashuvi, qurilish sharoitlari, aholi bilan aloqalari va ta’lim xizmatlarining sifatiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Shu nuqtai nazardan, iqtisodiy geografiya metodlari yordamida bu omillarni tizimli baholash, hududiy farqlarni aniqlash va infrastrukturani optimallashtirish imkonini yaratadi.

Tabiiy geografik omillar ichida hududning relyefi, iqlimi, tabiiy resurslari va ekologik holati ta’lim muassasalari infrastrukturasini shakllantirishda hal qiluvchi ahamiyatga ega. Hududlarning relyefi, ayniqsa tog‘li va tog‘oldi hududlar, ta’lim infrastrukturasining rivojlanishida transport va qurilish inshootlari bilan bog‘liq murakkabliklarni yuzaga keltiradi [1, 3]. Qiyin relyef sharoitlarida ta’lim muassasalariga kirish qiyin bo‘lib, infrastruktura xarajatlari ortadi, shu bois, iqtisodiy geografik tahlil orqali bunday hududlarda joylashuv strategiyasi ishlab chiqilishi zarur.

Geografik axborot tizimlari (GAT) yordamida relyef xaritalarini tahlil qilish va optimal maktab joylashuvlarini aniqlash – tabiiy geografik omillarni baholashda samarali metodlardan biridir.

1-jadval

Ta’lim infrastrukturasining rivojlanishiga ta’sir etuvchi tabiiy va ijtimoiy-iqtisodiy geografik omillar

Omillar guruhi	Asosiy omillar	Ta’lim infrastrukturasiga ta’siri	Baholash metodlari va vositalari
Tabiiy geografik omillar	Relyef (tog‘li, tog‘oldi, tekislik)	Qurilish va infrastruktura rivojlanishiga sharoit yaratadi, maktablar joylashuvi va infrastrukturaning geografik joylashuvini belgilaydi	Geomorfologik tahlil, GAT, relyef xaritalari, yer yuzasi modellari

	Iqlim sharoiti (harorat, yog‘ingarchilik)	O‘quvchilarning sog‘lig‘iga ta’sir qiluvchi sharoitlar, ta’lim muassasalarining qishloq joylarida faoliyat ko‘rsatish darajasi	Meteorologik ma’lumotlar, iqlim statistikasi, klimatologik tadqiqotlar
	Suv resurslari	Ichimlik va kommunal xizmatlar uchun zarur, ta’lim muassasalarining barqarorligi va sog‘lomlashtirish infrastrukturasini ta’minlaydi	Gidrologik monitoring, GIS analiz, suv ta’minoti xaritalari
Ijtimoiy va iqtisodiy geografik omillar	Aholi zichligi	O‘quvchi va o‘qituvchi ehtiyojlarini belgilaydi, infrastruktura hajmi va soni uchun talab ko‘rsatkichlari sifatida xizmat qiladi	Demografik statistikalar, GAT asosidagi zichlik xaritalari
	Iqtisodiy faollik (sanoat, qishloq xo‘jaligi, xizmat ko‘rsatish)	Moliyaviy resurslar, ta’lim muassasalarining texnik jihozlanishi va infrastruktura imkoniyatlariga ta’sir ko‘rsatadi	Iqtisodiy statistik ma’lumotlar, soha bo‘yicha iqtisodiy tahlil
	Transport va kommunikatsiya tarmoqlari	Ta’lim muassasalariga kirishuvchanlikni oshiradi, ta’lim resurslari va kadrlar harakatini osonlashtiradi	Transport tarmog‘i xaritalari, kommunikatsiya ko‘rsatkichlari, GAT
	Bandlik darajasi va mehnat bozori	Ta’limning mehnat bozoriga moslashuvini ta’minlaydi, ta’lim yo‘nalishlari va infrastruktura ixtisoslashuvini belgilaydi	Mehnat statistikasi, ijtimoiy-iqtisodiy tahlillar
	Hududiy siyosat va boshqaruv	Ta’lim infrastrukturasining rivojlanishi uchun moliyaviy va boshqaruv resurslarini ta’minlaydi, hududiy tarqalishni boshqaradi	Siyosiy iqtisodiy tahlillar, hududiy boshqaruv tizimi tahlili

Muallif tomonidan ta’lim infrastrukturasining rivojlanishiga ta’sir ko‘rsatuvchi geografik omillar jadval ma’lumotlari ko‘rinishida berilgan.

Iqlim sharoitlari ta’lim infrastrukturasining texnik jihatdan chidamliligi va ta’lim jarayonining sifatiga ta’sir ko‘rsatadi. Misol uchun, sovuq yoki issiq iqlimga ega hududlarda bino va inshootlarning isitish yoki sovutish tizimlari kuchli talab qilinadi, bu esa xarajatlarni oshiradi. Bundan tashqari, yomg‘irli va qorli hududlarda maktablarning transport tizimiga bo‘lgan ehtiyoji yuqori bo‘ladi [58, 110]. Iqtisodiy geografik jihatdan, iqlim omillarini chuqur o‘rganish ta’lim infrastrukturasining iqtisodiy samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Tabiiy resurslarning mavjudligi, xususan, suv va energiya resurslari ta’lim muassasalarining uzluksiz faoliyatini ta’minlashda muhim omil sanaladi. Suv ta’minoti, elektr energiyasi, gaz va issiqlik ta’minoti kabi infrastruktura komponentlari hududiy ta’lim tizimining barqarorligida hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi.

Iqtisodiy geografik yondashuvlarda tabiiy resurslarning hududiy taqsimoti, infrastruktura qurilishida xarajatlar va samaradorlik tahlil qilinadi. Hududlarda ekologik vaziyatning ta’lim infrastrukturasiga ta’siri ham

muhim hisoblanadi. Atrof-muhitning ifloslanishi, tabiiy ofatlar xavfi, yer osti suvlarining holati kabi omillar maktablarning joylashuvi va ularning salomatlik sharoitlarini yaxshilashga yo‘naltirilgan investitsiyalarni belgilashga yordam beradi [37, 106]. Iqtisodiy geografik baholash metodlari bu kabi ekologik xavf-xatarlarni aniqlash va ularga qarshi kurashish choralarini rejalashtirishda samarali vosita bo‘lib xizmat qiladi. Ijtimoiy-iqtisodiy omillar doirasida aholi zichligi va demografik tuzilma ta’lim infrastrukturasining rivojlanishida asosiy omil sanaladi. Ko‘p aholili hududlarda maktab tarmoqlarini kengaytirish, sinf o‘quvchilar sonini kamaytirish va sifatni oshirish zarur bo‘lsa, kam aholili hududlarda ta’limga kirish imkoniyatlarini yaxshilash uchun transport va kommunikatsiya tarmoqlarini rivojlantirish muhim hisoblanadi. Bu jihatdan, iqtisodiy geografiya hududiy demografik ma’lumotlarni integratsiyalashgan holda tahlil qiladi.

Transport va kommunikatsiya tarmoqlarining rivojlanishi ta’lim muassasalarining hududiy joylashuvini yanada samarali qilish imkonini beradi. Sifatli yo‘l tarmoqlari, jamoat transporti va zamonaviy aloqa vositalari ta’lim xizmatlariga kirishni osonlashtirib, ta’lim sifatini oshiradi. Iqtisodiy geografik tahlillarda transport infrastrukturasining holati va uning ta’lim tizimiga ta’siri asosiy indikator sifatida tahlil qilinadi. Shuningdek, hududiy siyosat va boshqaruv tizimining samaradorligi ta’lim infrastrukturasining barqaror rivojlanishida muhim omil hisoblanadi. Mahalliy hokimiyatlarning ta’limga ajratiladigan resurslar miqdori, siyosiy barqarorlik va normativ-huquqiy baza ta’lim infrastrukturasini rivojlantirish uchun qulay sharoit yaratadi. Iqtisodiy geografik metodologiyada bu omillarni baholash hududiy ta’lim siyosatini yanada takomillashtirishga xizmat qiladi.

Hududlarning demografik dinamikasi, ya’ni tug‘ilish darajasi, migratsiya jarayonlari va yosh tarkibi ta’lim muassasalarining o‘quvchilar soniga ta’sir qiladi. Yosh bolalar sonining ko‘pligi maktablar sonini ko‘paytirish zaruratini keltirib chiqaradi, shu bilan birga migratsiya oqimlari ta’lim infrastrukturasining qayta joylashishiga sabab bo‘lishi mumkin. Iqtisodiy geografik tadqiqotlarda demografik o‘zgarishlarni oldindan aniqlash ta’lim infrastrukturasini rejalashtirishda zaruriy qadam hisoblanadi. Texnologik rivojlanishning ta’lim infrastrukturasiga ta’siri tobora ortib bormoqda. Raqamli texnologiyalar, masofaviy o‘qitish, elektron ta’lim resurslari hududlarda ta’lim xizmatlarining sifatini oshirish va ularga kirishni kengaytirishda muhim rol o‘ynaydi [6]. Bu borada iqtisodiy geografiya metodlari hududlarning raqamli infrastrukturasini baholash va rivojlantirish strategiyalarini ishlab chiqishda qo‘llaniladi.

Tabiiy ofatlar, masalan zilzila, suv toshqini, qurg‘oqchilik va boshqalar ta’lim muassasalarining barqaror faoliyatiga tahdid soladi [8]. Iqtisodiy geografik baholash usullari yordamida bunday xavf-xatarlarning hududiy taqsimoti aniqlanadi va xavfsizlikni ta’minlash bo‘yicha chora-tadbirlar ishlab chiqiladi. Bu ta’lim infrastrukturasining uzoq muddatli barqarorligini kafolatlaydi. Hududlarda mavjud ijtimoiy infrastruktura – sog‘liqni saqlash, madaniyat, ijtimoiy himoya xizmatlarining ta’lim infrastrukturasi bilan o‘zaro bog‘liqligi iqtisodiy geografik jihatdan chuqur o‘rganiladi. Bunday integratsiyalashgan tahlil ta’lim muassasalarining yanada samarali faoliyat yuritishiga yordam beradi va aholining ijtimoiy farovonligini oshirishga xizmat qiladi.

Iqtisodiy geografik tahlilda hududiy tengsizliklar va ijtimoiy adolat tamoyillari ta’lim infrastrukturasini rivojlantirishda hisobga olinadi. Hududlarning iqtisodiy imkoniyatlari va ta’lim xizmatlariga kirish imkoniyatlaridagi nomutanosibliklarni kamaytirish uchun siyosat va strategiyalar ishlab chiqiladi. Bu esa hududlarning barqaror rivojlanishiga hissa qo‘shadi. Aholining madaniy va milliy xususiyatlari ta’lim infrastrukturasini shakllantirishda inobatga olinadi. Ayrim hududlarda milliy madaniyat va tilga asoslangan ta’lim talablariga mos infrastruktura yaratish zarurati mavjud. Iqtisodiy geografiya bu xususiyatlarni tahlil qilib, hududiy siyosatni moslashtirish imkonini beradi. Hududlarning o‘rganish va innovatsiyalarni joriy etish salohiyati ta’lim infrastrukturasining sifatini belgilovchi omillardandir. Innovatsion infrastruktura – zamonaviy o‘quv texnologiyalari, ilmiy-tadqiqot bazalari, kadrlar tayyorlash markazlari – hududlarda ta’lim sifatini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Iqtisodiy geografik tahlillar bu jarayonlarni boshqarishda yordam beradi. Ta’lim muassasalarining joylashuvi va ularning xizmat hududlarini belgilashda aholi migratsiyasi va urbanizatsiya jarayonlari hisobga olinadi. Shaharlar o‘sishi, qishloq hududlaridan shahar hududlariga migratsiya ta’lim infrastrukturasining qayta tashkil etilishiga sabab bo‘ladi [5, 7]. Iqtisodiy geografik metodlar ushbu jarayonlarni modellashtirish va rejalashtirish imkonini beradi.

Iqtisodiy geografik baholashda ta’lim muassasalarining ko‘p tarmoqliligi, ya’ni umumiy, kasb-hunar va maxsus ta’lim tarmoqlarining infrastrukturasi o‘rganiladi. Bu tarmoqlarning hududiy taqsimoti va ulardagi infrastruktura imkoniyatlari hududiy ta’lim siyosatini shakllantirishda muhim omil hisoblanadi. Hududlarda mavjud transport va kommunikatsiya infrastrukturasi ta’lim xizmatlariga kirishni ta’minlashda hal qiluvchi rol o‘ynaydi [2, 4]. Bu sohalarning

rivojlanishi ta’lim infrastrukturasining geografik taqsimotini va samaradorligini oshiradi. Iqtisodiy geografik tadqiqotlarda ushbu bog‘liqliklar batafsil tahlil qilinadi.

Hududlarda ta’lim infrastrukturasining ekologik barqarorligi ham iqtisodiy geografik tadqiqotlarda muhim o‘rin tutadi. Energiya samaradorligi, chiqindilarni boshqarish, atrof-muhitga salbiy ta’sirlarni kamaytirish choralarini baholash hududiy siyosatning ajralmas qismi hisoblanadi [5, 10].

Iqtisodiy geografik yondashuvlarda ta’lim infrastrukturasining ijtimoiy jihatlari – tenglik, adolat va inklyuzivlik tamoyillari – o‘rganiladi. Hududlarning ijtimoiy holati va imkoniyatlari ta’lim xizmatlariga kirish imkoniyatlarini belgilaydi, bu esa ta’lim siyosatining asosiy vazifalaridan biridir. Ta’lim infrastrukturasining rivojlanishiga ta’sir etuvchi tabiiy geografik va ijtimoiy-iqtisodiy omillarni baholash metodlari doimiy ravishda takomillashtirib borilishi lozim. Innovatsion metodologiyalar, raqamli texnologiyalar va katta ma’lumotlar tahlili ushbu jarayonni yanada samarali qiladi. Iqtisodiy geografik tadqiqotlarda ta’lim infrastrukturasining rivojlanish jarayonlarini modellashtirish va prognozlash muhim ahamiyatga ega. Bu yondashuv yordamida hududiy siyosat ilg‘or natijalarga erishadi va resurslar samarali taqsimlanadi.

Ta’lim infrastrukturasining rivojlanishiga ta’sir etuvchi tabiiy geografik va ijtimoiy-iqtisodiy omillarni baholash metodlari hududiy ta’lim tizimini samarali va barqaror rivojlantirish uchun mustahkam ilmiy poydevor vazifasini bajaradi. Ushbu metodologik yondashuvlar hududlarning tabiiy sharoitlari, iqlimiy o‘ziga xosliklari, relyef strukturasi va tabiiy resurslar taqsimoti kabi tabiiy geografik komponentlarini kompleks tarzda tahlil qilish imkonini beradi. Shu bilan birga, ijtimoiy-iqtisodiy omillar – aholining demografik holati, iqtisodiy salohiyati, bandlik darajasi, transport-kommunikatsiya infrastrukturasining rivojlanish darajasi, mahalliy iqtisodiyotning strukturalari va ijtimoiy xizmatlarning mavjudligi – ta’lim muassasalari infrastrukturasining sifat va kengayish darajasiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Bu omillarni baholash jarayonida iqtisodiy geografik tahlil vositalari yordamida hududlarning o‘ziga xosligi va ijtimoiy-iqtisodiy farqliliklari chuqur o‘rganilib, ta’lim infrastrukturasining optimallashtirilgan rivojlanish strategiyalari ishlab chiqiladi.

Shuningdek, tabiiy geografik va ijtimoiy-iqtisodiy omillarning integratsiyalashgan baholash metodlari ta’lim tizimining rivojlanishini yanada uzviy va muvofiq qiluvchi mexanizmlarni shakllantirishga xizmat qiladi. Hududiy ta’lim siyosatida ushbu ilmiy asosga tayangan holda, ta’lim muassasalarining joylashuvi,

investitsiyalar taqsimoti, texnologik infrastrukturani joriy etish va ijtimoiy adolat tamoyillarini hisobga olgan holda resurslarni samarali boshqarish mumkin bo‘ladi. Natijada, ta’lim infrastrukturasi nafaqat hududning tabiiy va iqtisodiy sharoitlariga moslashgan holda, balki aholining ijtimoiy ehtiyojlarini ham qondira oladigan, yuqori sifatli va barqaror tizimga aylanishi ta’minlanadi. Bu esa, o‘z navbatida, hududlarning uzoq muddatli ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishi va aholining umumiy farovonligining oshishiga muhim hissa qo‘shadi.

Xulosa.

Umumiy o‘rta ta’lim muassasalari infrastrukturasining rivojlanishiga ta’sir etuvchi tabiiy va ijtimoiy-geografik omillarni kompleks baholash zamonaviy iqtisodiy geografiya fanining eng muhim yo‘nalishlaridan biridir. Ushbu yondashuv orqali hududlarning tabiiy sharoitlari – relyef, iqlim, suv va energiya resurslari, ekologik holat – hamda ijtimoiy-iqtisodiy ko‘rsatkichlari – aholi zichligi, iqtisodiy faollik, bandlik, transport-kommunikatsiya imkoniyatlari va hududiy siyosat – o‘zaro uzviy bog‘liq tizim sifatida tahlil qilinadi. Bunday tahlil nafaqat maktablar joylashuvi va ularning sig‘imini belgilash, balki ta’limga kirish imkoniyatlari, sifat ko‘rsatkichlari va hududiy tenglikni ta’minlashda ham muhim ahamiyat kasb etadi. Shuningdek, iqtisodiy geografik metodlar, jumladan Geografik axborot tizimlari (GAT), demografik va iqtisodiy modellashtirish, hududiy tarmoqlarni interaktiv xaritalash, tabiiy resurslar taqsimotini tahlil qilish kabi vositalar yordamida ta’lim infrastrukturasining hozirgi holati va istiqboldagi rivojlanish yo‘nalishlari ilmiy asosda aniqlanadi. Natijada, tabiiy geografik sharoitlarga mos, iqtisodiy jihatdan samarali va ijtimoiy adolat tamoyillariga asoslangan ta’lim tizimini shakllantirish imkoniyati yaratiladi. Shu tarzda ishlab chiqilgan baholash metodlari hududlar miqyosida ta’lim infrastrukturasi rivojlanishini muvozanatlashtirish, resurslarni optimal taqsimlash va ijtimoiy-iqtisodiy barqarorlikni ta’minlashda ilmiy-amaliy asos vazifasini bajaradi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. “O‘zbekiston Respublikasi xalq ta’limi tizimini 2030-yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining farmoni. https://lex.uz/docs/-4312785
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 11-maydagi “2022-2026 yillarda xalq ta’limini rivojlantirish bo‘yicha milliy dasturni tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-134-son farmoni
3. Nurmatov A.U. Zamonaviy ta’lim infrastrukturasini shakllantirishning ba’zi masalalari // “Zamonaviy geografiyada innovatsion g‘oyalar: Raqamli iqtisodiyot va GIS texnologiyalar” mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. Qarshi.

2024-yil. 25-26-oktyabr. B. 313-317
4. Fayzullayev M.A, Nurmatov A.U, Nurmatov N.E, Usmanov A.B, Islamova D.H. Main features of the use of research methods in economic and social geography // Электронное научно-практическое периодическое издание. «Экономика и социум». ISSN 2225-1545. Выпуск №12(127), 2024). С. 138-142. (11.00.00; Мустақил давлатлар ҳамдўстлиги мамлакатлари нашрлари, №11).
5. Fayzullayev M.A, Nurmatov A.U. Qashqadaryo viloyatida umumiy o‘rta ta’lim muassasalari infrastrukturasini takomillashtirishning asosiy yo‘nalishlari // “Geodeziya, kartografiya va geoinformatika” Ilmiy-texnik jurnal. ISSN-I-2181-4546. 2025-yil 3-son. B. 336-346
6. Nurmatov A.U. Qishloq joylari barqaror rivojlanishini baholashning uslubiy yondashuvlari // “Yangi O‘zbekistonda iqtisodiy va ijtimoiy geografiya fani: Rivojlanish muammolari va istiqbollari”. Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. Toshkent, 2023-yil 19-20 may. B. 169-172.
7. Nurmatov A.U. Qashqadaryo viloyati umumta’lim muassasalari va ularning infrastrukturasini hududiy jihatlari // Ilm ham jamiyat. №3.2025. B. 33-36
8. Olloyorov N.Q., Jo‘rayev T.T. Ijtimoiy infrastruktura: uning moxiyati, rivojlanishi va istiqbollari. T., 1992.
9. SharipovaY.Sh. Maktab ta’limini moliyalashtirishni takomillashtirish ko‘rsatkichlari // ilmiy-metodik jurnal. ISSN:2181-4341. volume13,issue01,2024
10. Qashqadaryo viloyati statistika boshqarmasi ma’lumotlari. https://www.qashstat.uz

УДК 37.018.1:911.3:332.1(575.1)

UMUMIY O‘RTA TA’LIM MUASSASALARI INFRASTRUKTURASINI O‘RGANISHDA XORIJIY VA MILLIY ILMIY YONDASHUVLAR

Nurmatov Asliddin Urozovich *-Shahrisabz davlat pedagogika instituti Geografiya kafedrasi katta o‘qituvchisi, g.f.f.d.,(PhD) O‘zbeksiton*

Annotatsiya. *Mazkur maqolada umumiy o‘rta ta’lim muassasalari infratuzilmasini o‘rganishda qo‘llanilayotgan xorijiy va milliy ilmiy yondashuvlar iqtisodiy-geografik nuqtai nazardan tahlil qilingan. Rivojlangan davlatlar tajribasida ta’lim infratuzilmasini rejalashtirishning zamonaviy metodlari, hududiy rivojlanish omillari hamda transport, demografik va iqtisodiy ko‘rsatkichlar bilan o‘zaro bog‘liqligi yoritilgan. O‘zbekiston tajribasida ta’lim infratuzilmasining hududiy tashkil etilishi, mavjud nomutanosibliklar va ularni bartaraf etishning ilmiy asoslari tahlil etilgan. Xorijiy tajribalarni milliy sharoitga moslashtirish hamda ta’lim infratuzilmasini*

kompleks baholashning ustuvor yo‘nalishlari yoritilgan. Tadqiqot natijalari hududiy rejalashtirish, ta’lim infratuzilmasini optimallashtirish va ta’lim xizmatlari sifatini oshirishga xizmat qiluvchi ilmiy-amaliy tavsiyalarni ishlab chiqishda muhim ahamiyat kasb etadi.
Kalit so‘zlar: *ta’lim infratuzilmasi, umumiy o‘rta ta’lim muassasalari, iqtisodiy geografiya, xorijiy ilmiy yondashuvlar, milliy ilmiy yondashuvlar, hududiy rivojlanish, iqtisodiy-geografik rayonlashtirish, geografik axborot tizimlari (GAT), hududiy rejalashtirish, demografik omillar, transport-kommunikatsiya infratuzilmasi, hududiy nomutanosibliklar.*
Abstract. *This article analyzes foreign and domestic scientific approaches to studying the infrastructure of general secondary education institutions from an economic-geographic perspective. It examines modern methods of planning educational infrastructure in developed countries, as well as the factors influencing regional development and the interrelationships with transport, demographic, and economic indicators. Regarding the experience of Uzbekistan, the article analyzes the spatial organization of educational infrastructure, existing imbalances, and the scientific basis for addressing them. It also highlights priority areas for adapting foreign practices to the national context and for the comprehensive assessment of educational infrastructure. The research findings are significant for developing scientific and practical recommendations aimed at regional planning, optimizing educational infrastructure, and enhancing the quality of educational services.*
Keywords: *educational infrastructure, general secondary education institutions, economic geography, foreign scientific approaches, national scientific approaches, regional development, economic-geographic zoning, geographic information systems (GIS), regional planning, demographic factors, transport and communication infrastructure, regional disparities.*

Ta’lim infrastrukturasining ilmiy tahlili va iqtisodiy geografik mohiyatini anglashda xorijiy va milliy ilmiy yondashuvlar bir-biridan o‘ziga xosliklari, metodologik asoslari va baholash mezonlari bilan farqlanadi. Xususan, rivojlangan davlatlar tajribasida umumiy o‘rta ta’lim muassasalari infrastrukturasi strategik resurs sifatida qaraladi va bu sohada rejalashtirish, tarmoqni rivojlantirish, transport-logistika aloqalarini ta’lim tizimi bilan integratsiyalashgan holda tashkil etish muhim yo‘nalishlardan biri hisoblanadi [9, 10].

Yevropa Ittifoqi mamlakatlarida umumiy o‘rta ta’lim infrastrukturasini rejalashtirishda makroiqtisodiy indikatorlar, jumladan, yalpi ichki mahsulotga

(YaIM) nisbatan ta’limga yo‘naltirilgan investitsiyalar ulushi, hududiy bandlik darajasi, urbanizatsiya ko‘rsatkichlari hamda ekologik va demografik o‘zgarishlar asosiy aniqlovchi omillar sifatida ko‘rib chiqiladi [2, 5]. Bu yondashuvda har bir maktab hududiy ixtisoslashuv kontekstida baholanadi, ya’ni u mahalliy mehnat bozoriga qanday ta’sir ko‘rsatishi va iqtisodiy faollikni rag‘batlantirishdagi roli jihatidan tahlil qilinadi.

Amerika Qo‘shma Shtatlari (AQSh)da esa umumiy o‘rta ta’lim muassasalarining infrastrukturasi jamiyatda ijtimoiy tenglikni ta’minlovchi asosiy vosita deb qaraladi. Bu boradagi ilmiy yondashuvlarda transport tarmoqlarining kirishuvchanligi, o‘quvchilarning yashash joyidan ta’lim muassasasigacha bo‘lgan masofa, ularning iqtisodiy ahvoli, mahalliy byudjetlarning taqsimoti va mahalliy o‘zini o‘zi boshqaruv organlarining vakolatlari kabi ko‘rsatkichlar chuqur o‘rganiladi [4].

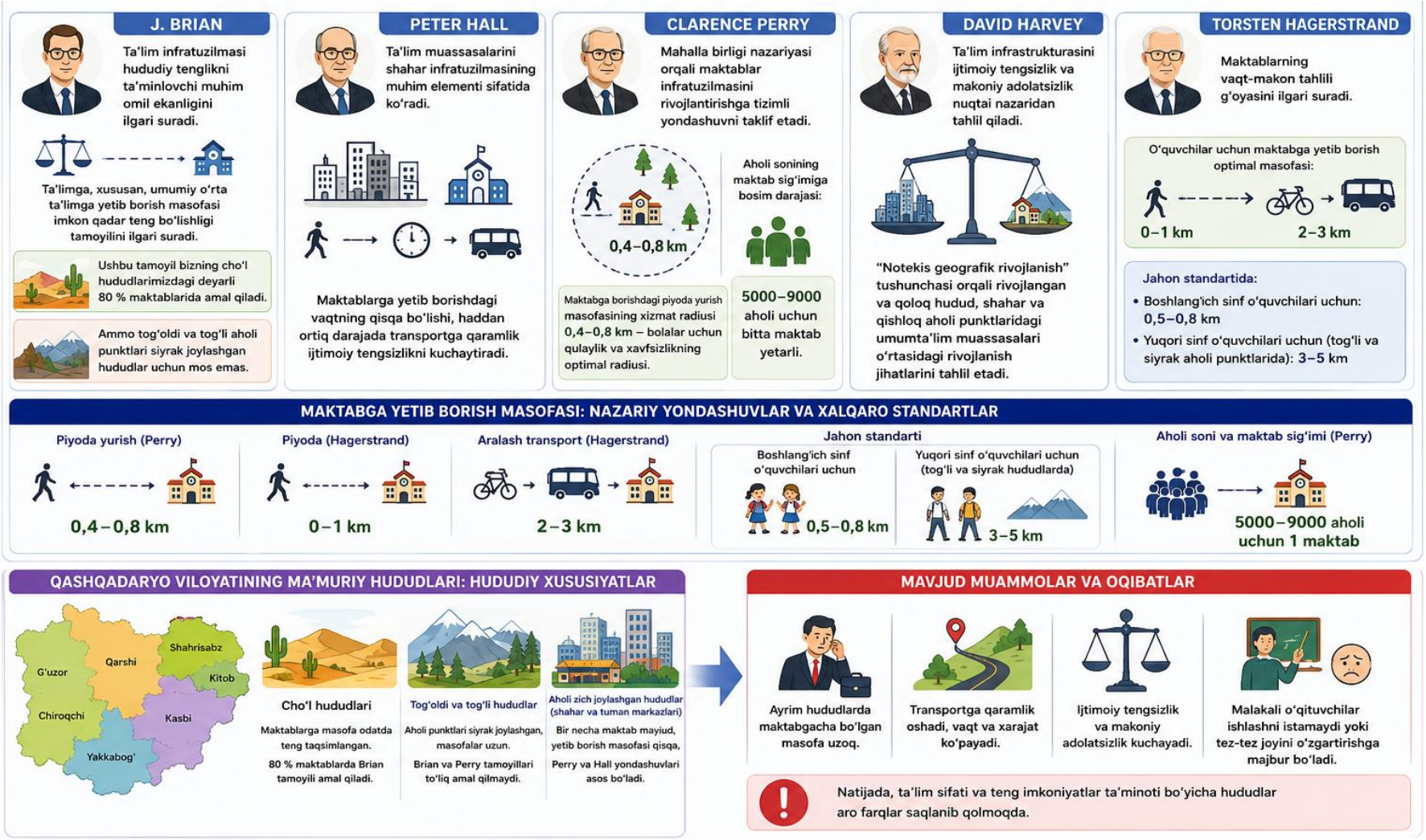
Janubiy Koreya, Yaponiya, Singapur kabi Osiyo mamlakatlarining ta’lim infrastrukturasi tahlilida esa texnologik integratsiya va intellektual resurslar salohiyati yetakchi o‘rin tutadi. Xususan, bu davlatlarda maktab infrastrukturasining rivojlanish sur’atlari, STEM yo‘nalishidagi o‘quv binolarining soni, zamonaviy laboratoriyalarning mavjudligi, raqamli ta’lim platformalarining infrastruktura bilan uyg‘unligi iqtisodiy geografik manzara kontekstida tahlil etiladi [8]. Rossiya, Belarus, Qozog‘iston kabi sobiq ittifoq mamlakatlarida umumiy o‘rta ta’lim muassasalari infrastrukturasini tahlil qilishda klassik iqtisodiy geografik maktabning yondashuvlari saqlanib qolgan. Bunda maktablarning joylashuvi, ularning makro- va mezogeografik tarmoqlardagi roli, hududiy servis zonalari, transport logistika imkoniyatlari va aholi zichligi asosiy hal qiluvchi omillar sifatida baholanadi. Bu maktablarda geodemografik zamin muhim ahamiyat kasb etadi.

O‘zbekiston tajribasida esa umumiy o‘rta ta’lim infrastrukturasi bo‘yicha ilmiy izlanishlar mustaqillikdan keyingi davrda shakllangan bo‘lib, dastlabki yondashuvlar iqtisodiy rayonlashtirish va ijtimoiy infrastrukturani hududiy joylashtirish masalalariga yo‘naltirilgan edi [7, 10]. Shu davrdan boshlab iqtisodiy geografiya fanida maktab infrastrukturasining iqtisodiy salohiyatga ta’siri, hududlar bo‘yicha tarmoqlanishi, transport va kommunikatsiya bilan bog‘liqligi kabi jihatlar tahlil etilib kelinmoqda. Milliy yondashuvlarda ayniqsa Qashqadaryo, Surxondaryo, Farg‘ona, Andijon viloyatlari misolida umumiy o‘rta ta’lim infrastrukturasining notekis rivojlanganligi, tog‘li va cho‘l hududlarda mavjud inshootlarning me’yoriy taqsimotdan chekinishi, mavjud o‘quvchilar soniga nisbatan maktab binolarining

sig‘imi va jihozlanganlik darajasi kabi omillar chuqur o‘rganilmoqda [1, 9]. Bu jarayonda iqtisodiy geografik tahlil vositasi sifatida GAT (geografik axborot tizimi) keng qo‘llanmoqda.

Ilmiy tadqiqotlarda ta’lim infrastrukturasining iqtisodiy resurslarga bo‘lgan ehtiyoji, ularning moliyaviy manbalari, byudjetdan tashqari mablag‘lar jalb etilishi va davlat-xususiy sheriklik asosida infrastrukturaviy loyihalarni amalga oshirish mexanizmlari alohida e’tiborga olinmoqda [6]. Bu yondashuvlar ayni paytda O‘zbekiston ta’lim tizimining yangi bosqichdagi transformatsiyasi uchun ilmiy asos vazifasini o‘taydi. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining va Vazirlar Mahkamasining so‘nggi qaror va farmonlarida umumiy o‘rta ta’lim muassasalarining infrastrukturasini rivojlantirishga oid siyosiy-huquqiy asoslar mustahkamlangan. Bu hujjatlar milliy yondashuvni ilmiy tahlilga tayanuvchi, raqamli boshqaruv elementlari bilan integratsiyalashgan, iqtisodiy geografik farqliliklarga moslashtirilgan tizim sifatida shakllantirish yo‘lidagi harakatlarni rag‘batlantiradi [1, 3].

Ijtimoiy infrastrukturaning maktab ta’lim geografiyasi tarmog‘i jahonning ko‘plab olimlari tomonidan tadqiq etilgan (1-rasm).



1-rasm. Ijtimoiy infrastrukturaning umumiy o‘rta ta’lim geografiyasi. Nazariy yondashuvlar va amaliy tahlil

Jumladan, J.Brian – ta’lim infratuzilmasi hududiy tenglikni ta’minlovchi muhim omil ekanligi, ta’limga xususan, umumiy o‘rta ta’limga yetib borish masofasi imkon qadar teng bo‘lishligi tamoyilini ilgari suradi. Ushbu tamoyil bizning cho‘l hududlarimizdagi deyarli 80 % maktablarida amal qiladi. Ammo tog‘oldi va tog‘li aholi punktlari siyrak joylashgan hududlar uchun mos emas. Aholi soni ko‘p, zich aholi punktlarida mavjud bo‘lgan bir necha maktablarda bu yondashuv asos bo‘ladi. Peter Hall o‘z ilmiy izlanishlarida – ta’lim muassasalarini shahar infratuzilmasining muhim elementi sifatida ko‘rib, maktablarga yetib borishdagi vaqtning qisqa bo‘lishi, haddan ortiq darajada transportga qaramlik ijtimoiy tengsizlikni kuchaytirish g‘oyalarini ilgari suradi.

Amerikalik mashhur shaharsoz geograf Clarence Perry –mahalla birligi nazariyasi orqali maktablar infratuzilmasini rivojlantirish masalasiga tizimli yondashuvni taklif etadi. Maktabga borishdagi piyoda yurish masofasining xizmat radiusini 0,4-0,8 km belgilab, bu masofa bolalarning maktabga yetib borishidagi qulaylik va xavfsizligi uchun optimal deb hisoblaydi. Shuningdek Aholi sonining maktabning mavjud sig‘imiga bosim darajasini belgilashda mahalla birligi tamoyilida 5000-9000 aholi uchun bitta maktab rejalashtirish yetarli deb hisoblaydi. David Harvey – Ta’lim infrastrukturasini ijtimoiy tengsizlik va makoniy adolatsizlik nuqtai nazaridan tahlil qilgan holda, “notekis geografik rivojlanish” tushunchasi orqali rivojlangan va qoloq hudud, shahar va qishloq aholi punktlaridagi umumta’lim muassasalari o‘rtasidagi rivojlanish jihatlarini tahlil etadi.

Bugungi kunda umumiy o‘rta ta’lim muassasalari infrastrukturasi nafaqat ta’lim sifatiga, balki mintaqaning umumiy ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishiga ham bevosita ta’sir qiluvchi omil sifatida talqin qilinmoqda. Ayniqsa, yoshlar bandligini ta’minlash, aholi migratsiyasining oldini olish, demografik muvozanatni saqlash va hududlarda ijtimoiy kapitalning rivojlanishida maktab infrastrukturasining borligi yoki yo‘qligi hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Milliy ilmiy adabiyotlarda bu masala chuqur o‘rganilayotgan bo‘lib, ayniqsa iqtisodiy geograflar tomonidan hududiy ixtisoslashuv va servis zonalari nazariyasi asosida maktablar infrastrukturasining tarmoq modeli ishlab chiqilmoqda. Bu modelda har bir tuman va shahar hududida maktablar soni, sig‘imi, ularning transportga yaqinligi, mahalliy ishlab chiqarish infrastrukturasi bilan aloqadorligi hisobga olinadi. Bu holat milliy yondashuvlarda xorijiy modellarni lokal sharoitlarga moslashtirish zarurligini ko‘rsatadi. Misol uchun, AQShda maktablar yaqin atrofdagi ishlab chiqarish va xizmat ko‘rsatish korxonalari bilan ko‘p yillik hamkorlikda ishlaydi. Bunday tizim orqali ta’lim muassasalari o‘z faoliyatini mehnat bozori bilan integratsiyalashgan holda olib boradi, bu esa iqtisodiy faol aholi

zaxirasining sifatini oshirishda xizmat qiladi.

O‘zbekistonda esa bu tizim hali shakllanish bosqichida bo‘lib, mavjud yondashuvlar maktab infrastrukturasining iqtisodiy klasterlar bilan uyg‘unligini ta’minlashga qaratilgan dasturlar asosida rivojlanmoqda. Shuningdek, xorijiy tajribada umumiy o‘rta ta’lim infrastrukturasining rivojlanishida energetika, transport va axborot-kommunikatsiya infrastrukturasi bilan uzviy integratsiyaga erishish muhim hisoblanadi. Ayniqsa, masofaviy ta’limning joriy etilishi bilan ta’lim infrastrukturasining mavjudligi emas, balki uning sifat ko‘rsatkichlari, jumladan, yuqori tezlikdagi internetga kirish imkoni, zamonaviy texnik vositalar va o‘qituvchi kadrlarning salohiyati asosiy mezon sifatida baholanmoqda [6].

Milliy ilmiy adabiyotlarda esa infrastruktura deganda ko‘proq maktab binolari soni, ularning quvvati, sinf xonalari soni, isitish tizimi va gigiyena sharoitlari kabilar nazarda tutiladi. Bu jihatdan zamonaviy xorijiy yondashuvlar bilan uzviy uyg‘unlik yo‘q. Shu boisdan, iqtisodiy geografik tadqiqotlarda hozirgi kunda maktab infrastrukturasining “keng qamrovli indikatorlar tizimi” asosida baholanishini ta’minlash zaruriyati tug‘ilmoqda.

Yuqoridagi jihatlar umumiy o‘rta ta’lim infrastrukturasini o‘rganishda xorijiy va milliy yondashuvlar o‘rtasida farqlarning mavjudligini ko‘rsatadi. Ammo bu farqlarni inkor qilish emas, balki ularni zamonaviy geoiqtisodiy muhitga moslashtirish orqali yangi ilmiy yondashuvlar ishlab chiqish milliy iqtisodiy geografiyaning strategik vazifalaridan biri hisoblanadi. Chunki global o‘zgarishlar sharoitida har bir hudud o‘z ta’lim infrastrukturasini raqobatbardosh shaklda modernizatsiya qilishga majbur [10].

Shu ma’noda, ilmiy-amaliy yondashuvlar orqali infrastrukturaviy rivojlanishning hududiy modellarini ishlab chiqish, iqtisodiy manfaatdorlik asosida ularni ustuvorlashtirish, ayniqsa makro- va mezogeografik darajada tarmoq loyihalashni amalga oshirish iqtisodiy geografiya fanining zamonaviy vazifalaridandir. Bu orqali milliy ta’lim tizimi infrastrukturasining hududiy nomutanosibliklarini kamaytirish, aholi uchun barqaror ta’lim imkoniyatlarini yaratish imkoniyatlari vujudga keladi. Xorijiy ilmiy tajribalar ta’lim infrastrukturasini faqat ijtimoiy xizmatlar tizimi sifatida emas, balki iqtisodiy resurslar almashinuvi va hududlararo ixtisoslashuvni rag‘batlantiruvchi vosita sifatida baholashga asoslanadi. Masalan, Kanada va Avstraliya tajribasida maktablar tizimi mintaqaviy mehnat resurslarini tayyorlash zanjirining boshlang‘ich bosqichi deb qaraladi. Shu sababli, bu davlatlarda umumiy o‘rta ta’lim maktablarining joylashuvi nafaqat demografik mezonlarga, balki hududning iqtisodiy salohiyatiga, ya’ni ishlab chiqarish klasterlari, eksport imkoniyatlari, sanoat nuqtalarining joylashuvi bilan

uyg‘unlashtirilgan holda belgilanadi.

O‘zbekiston sharoitida esa bu kabi tizimli yondashuvlar endigina shakllanmoqda. Aksariyat hollarda maktab infrastrukturasining hududiy tarqalishi tarixiy, ma’muriy va demografik omillarga tayangan holda shakllangan. Bunda iqtisodiy geografik faktorlarga ikkinchi darajali ahamiyat berilgan bo‘lib, bu holat bugungi kunda ayrim tumanlar va qishloqlarda ta’lim muassasalarining nomutanosib joylashuvi, infrastruktura sifati va quvvatidagi tafovutlar ko‘rinishida namoyon bo‘lmoqda.

Xalqaro miqyosda iqtisodiy geografik yondashuv asosida ishlab chiqilgan hududiy infrastruktura modellarida maktablar soni, ularga borish vaqti, ta’lim olish narxi, raqamli texnologiyalar bilan ta’minlanganlik darajasi, pedagogik salohiyat va servis imkoniyatlari kabi ko‘rsatkichlar uzviy tizimda ko‘riladi. Bu esa ularning makroiqtisodiy muvozanat va hududiy barqarorlikka ko‘rsatadigan ta’sirini chuqur tahlil qilish imkonini beradi.

Milliy yondashuvlarda ta’lim infrastrukturasining rivojlanishida ko‘proq ijtimoiy tenglik, aholining ta’lim olish huquqini kafolatlash, hamda qishloq joylardagi farzandlar uchun imkoniyatlarni kengaytirish kabi tamoyillar ustuvorlik qiladi. Bu ijtimoiy yondashuv, albatta, davlat siyosatining ijobiy jihati bo‘lsa-da, iqtisodiy samaradorlik va resurslardan oqilona foydalanish mezonlarining kam baholanishi mavjud resurslar bo‘yicha nomutanosib infrastruktura shakllanishiga olib kelgan. So‘nggi yillarda O‘zbekiston Respublikasida umumiy o‘rta ta’lim sohasida raqamli transformatsiyaga e’tibor qaratilishi bilan bog‘liq holda, ta’lim infrastrukturasining iqtisodiy geografik jihatdan qayta tahlil qilinishi dolzarb masalaga aylanmoqda. Xususan, “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi doirasida maktablarning internet tarmog‘iga ulanganlik darajasi, elektron darsliklar, onlayn darslar infrastrukturasi va ularning hududiy tarqalishi bo‘yicha kompleks monitoring tizimlari ishlab chiqilmoqda [4, 10].

Xorijiy yondashuvlarda zamonaviy texnologiyalar asosida maktab infrastrukturasining “raqamli makonlarda joylashuvi” ham muhim ko‘rsatkich sifatida qaraladi. Masalan, Yaponiya va Janubiy Koreyada har bir maktabning raqamli texnologiyalarga integratsiyalashganlik darajasi hamda ularning hududiy axborot tizimlariga ulanish salohiyati asosiy infrastrukturaviy indikatorlardan biri hisoblanadi. Bu ko‘rsatkichlar maktabning nafaqat fizika-geografik makonda, balki axborot makonida ham o‘z o‘rniga ega ekanligini anglatadi.

Iqtisodiy geografiya nuqtai nazaridan qaralganda, maktab infrastrukturasi bevosita hududiy ijtimoiy xizmatlar tizimining asosiy tayanchi bo‘lib, uning samarali faoliyati ko‘p jihatdan aholi yashash joyining zichligi, joylashuvi, iqtisodiy faoliyat turlari va infrastrukturaviy imkoniyatlari

bilan belgilanadi. Shu bois, maktablar joylashuvining hududiy xaritasi har bir mintaqaning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanish darajasini koʻrsatuvchi indikator vazifasini bajaradi.

Oʻzbekiston fanida bu boradagi eng dolzarb yondashuvlar iqtisodiy geografik tahlil asosida maktablarning hududiy tarmoqlarini shakllantirish, ularning modellashtirilgan xaritalarini tuzish, maktablararo masofani optimallashtirish va ta'lim sifati boʻyicha hududlararo nomutanosibliklarni kamaytirishga qaratilgan ilmiy ishlanmalardan iborat. Bu borada Toshkent, Samarqand va Qashqadaryo viloyatlarida bajarilgan tajriba asosida mintaqaviy infrastruktura zonalarini belgilash boʻyicha qator ilmiy izlanishlar olib borilmoqda.

Ushbu yondashuvlarda iqtisodiy geografik zonalarning oʻziga xos tabiiy-iqlimiy, demografik va kommunikatsion xususiyatlari asosida maktab tarmoqlari modellashtirilmoqda. Jumladan, Qashqadaryo viloyati kabi togʻli va choʻl hududlar uygʻunlashgan mintaqalarda maktablar joylashuvining strategik jihatlari, ya'ni kirishuvchanlik, mehnat resurslari bilan ta'minlanish, aholi zichligi va infrastruktura yaroqliligi asosiy indikatorlar sifatida tahlil qilinmoqda.

Umuman olganda, xorijiy va milliy ilmiy yondashuvlarning uygʻunlashuvi umumiy oʻrta ta'lim infrastrukturasini rivojlantirishda strategik ahamiyatga ega boʻlib, bu jarayon mamlakatimizning hududiy iqtisodiy geografik xususiyatlarini hisobga olgan holda amalga oshirilishi zarur. Xorijiy mamlakatlardagi ilgʻor tajribalar va ilgʻor modellarni milliy sharoitga moslashtirish orqali, ta'lim infrastrukturasining makro va mikro darajalardagi samaradorligi sezilarli darajada oshiriladi. Ayniqsa, iqtisodiy geografiya nazariyasi va amaliyotini kompleks qoʻllash ta'lim muassasalari joylashuvi, ularning hududiy tarmoqlanishi, resurslar taqsimoti va transport-kommunikatsiya tarmoqlari bilan uygʻunligini ta'minlashga xizmat qiladi.

Shu bilan birga, iqtisodiy samaradorlik va ijtimoiy tenglikning integratsiyalashuvi ta'lim infrastrukturasining barqaror rivojlanishida hal qiluvchi omil hisoblanadi. Hududlardagi demografik oʻzgarishlar, iqtisodiy faollikning farqlari, tabiiy geografik sharoitlarning murakkabligi kabi omillarni hisobga olgan holda, ta'lim muassasalari infrastrukturasini rejalashtirish va rivojlantirish jarayoni, nafaqat resurslardan oqilona foydalanish, balki har bir hududda ta'limga teng va sifatli kirishni ta'minlashga qaratilgan boʻlishi kerak. Bu esa oʻz navbatida, ijtimoiy adolatni mustahkamlash, mehnat bozori uchun sifatli kadrlar tayyorlash va hududlararo iqtisodiy tafovutlarni kamaytirishga xizmat qiladi [6, 9].

Shunday qilib, milliy sharoitda ta'lim infrastrukturasining iqtisodiy geografik asoslangan yondashuvlar orqali rivojlanishi, nafaqat ta'lim tizimini, balki butun mamlakatning

ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishini ilgari suruvchi muhim omil sifatida ko‘rilishi lozim. Bu borada ilmiy tadqiqotlar, amaliy tajribalar va davlat siyosatining uyg‘unligi ta’minlanib, ta’lim infrastrukturasining barqaror va samarali rivojlanishi uchun keng imkoniyatlar yaratadi. Natijada, ta’lim sohasidagi investitsiyalar iqtisodiy o‘sish va hududiy integratsiya jarayonlarini rag‘batlantiradi, aholining hayot darajasini yaxshilaydi hamda milliy iqtisodiyotning raqobatbardoshligini oshiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. “O‘zbekiston Respublikasida pedagog kadrlar tayyorlash tizimini 2030-yilgacha rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining farmoni. https://lex.uz/docs/7499721

2. “Ijod maktablari faoliyatini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ–147. https://lex.uz/uz/docs/6862155

3. Nurmatov A.U, Tuychiyev X. Sh, Azimova N. B. Qashqadaryo viloyati tog‘ va tog‘ oldi tumanlari umumiy o‘rta ta’lim muassasalarining hududiy joylashuvi va ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishi // Tadqiqotlar. Jahon ilmiy – metodik jurnali. ISSN:3030-3613. 84-son, 3-to’plam. Aprel-2026. B. 91-95.

4. Чистобаев А.И., Шарыгин М.Д. Экономическая и социальная география. Новый этап. -Т: - Наукал, 1990.

5. Feruza K. Xomudjonova, Asliddin U. Nurmatov, Veronika B. Dankova, Agzam A. Valeev. Methodology of development of reference outlines in the university training of students – future teachers of preschool education // International Conference on Teacher Education (ICTE-2025: Uzbekistan). Proceedings ICTE-2025: Uzbekistan, 0839-0852 doi:10.3897/ap.11.e0839. P.839-852

6. Scott, J.C. The Moral Economy of the Peasant. Rebellion and subsistence in Southeast Asia – New Haven and London: Yale University Press, 1976 – 254 p.

7. Soliyev A.S., Nazarov M.I., Qurbonov Sh.B. O‘zbekiston hududlari ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishi. – T.: Mumtoz so‘z, 2010. - 348 b.

8. UNESCO. (2021). Digital Learning and Education Infrastructure: Global Trends. Paris: UNESCO Publishing.

9. Nurmatov A.U. Economic and Geographical eatures of sustainable development of rural territories // Innovation in the modern education system. Part 28 march 2023. Colletions of scientific works. Washington, USA. P. 94-101

10. Granovetter, M.S. The Strength of Weak Ties // American Journal of Sociology – 1973. - Vol. 78, iss. 6. P. 1360-1380.

УДК 332.3:528.8:004.9:631.4(575.1)

IMPROVING METHODOLOGY FOR AGRICULTURAL LAND MONITORING (A CASE STUDY OF FORISH DISTRICT, JIZZAKH REGION)

B.V.Saipova *Senior Lecturer, Department of Land Resource Management, "TIIAME" National Research University*

Y.J.Romanov *Independent Researcher, Department of Land Use and Management, "TIIAME" National Research University*

Abstract. This study evaluates the seasonal dynamics of agricultural land and surface water bodies in Forish district, Jizzakh region, using Sentinel-2 satellite imagery and spectral indices (NDVI, SAVI, MNDWI) processed within ArcGIS. Spatial analysis across three key phenological stages in 2025 (May, July, and October) revealed that NDVI and SAVI effectively captured peak spring-summer vegetation ($NDVI_{max} = 1.0$, $SAVI_{max} = 1.5$), followed by an autumn decline ($NDVI_{max} = 0.65$, $SAVI_{max} = 0.97$). In semi-arid foothill areas with bare soil exposure, SAVI provided superior spatial differentiation by suppressing soil background noise. MNDWI accurately mapped shoreline fluctuations of the Aydar-Arnasoy lake system and field-level surface moisture. Integrating this three-stage temporal workflow with cadastral parcel boundaries in ArcGIS enhances the precision of land monitoring and digitizing regional land balance records.

Anotatsiya. Ushbu tadqiqotda Jizzax viloyatining Forish tumani qishloq xo‘jaligi yerlari va suv obyektlarining mavsumiy dinamikasi Sentinel-2 kosmik tasvirlari hamda ArcGIS muhitida hisoblangan spektral indekslar (NDVI, SAVI, MNDWI) orqali baholandi. 2025-yilning uchta fenologik davri (may, iyul va oktabr) bo‘yicha olingan spatial tahlillar NDVI va SAVI ko‘rsatkichlarining bahor-yoz oylarida yuqori vegetatsiyani ($NDVI_{max} = 1.0, SAVI_{max} = 1.5$), kuzda esa pasayishni ($NDVI_{max} = 0.65$, $SAVI_{max} = 0.97$) aks ettirishini ko‘rsatdi. Ochiq tuproq foni kuchli bo‘lgan adirlashgan hududlarda SAVI indeksi tuproq shovqinini kamaytirib, yuqori aniqlikni ta’minladi. MNDWI indeksi vositasida Aydar-Arnasoy ko‘llar tizimi qirg‘oq chizig‘i va ekin maydonlarining namlik rejimi aniq xaritalandi. ArcGIS muhitidagi ushbu uch bosqichli vaqtli monitoring uslubiyoti yer kadastri hisobini yuritish va tuman yer balansini raqamlashtirish samaradorligini oshiradi.

Аннотация. В данном исследовании на основе космических снимков Sentinel-2 и спектральных индексов (NDVI, SAVI, MNDWI), обработанных в среде ArcGIS, проведена оценка сезонной динамики сельскохозяйственных земель и водных объектов Форишского района Джизакской области. Пространственный анализ трех фенологических этапов 2025 года (май, июль, октябрь) показал, что NDVI и SAVI четко отражают пик весенне-летней вегетации ($NDVI_{max} = 1.0$, $SAVI_{max} = 1.5$) с последующим спадом осенью ($NDVI_{max} = 0.65$, $SAVI_{max} = 0.97$). В полуаридных предгорных зонах с открытым грунтом индекс SAVI

обеспечил более высокую точность за счет подавления фонового шума почвы. С помощью индекса MNDWI зафиксирована динамика береговой линии Айдар-Арнасайской системы озер и влажность почвенного покрова. Интеграция предложенной трехэтапной методики с кадастровыми данными в ArcGIS повышает эффективность ведения земельного кадастра и цифровизации земельного баланса.

Keywords: Land monitoring, land cadastre, Forish district, ArcGIS, Sentinel-2, NDVI, SAVI, MNDWI, Aydar-Arnasoy lake system.
Kalit so‘zlar: Yer monitoringi, yer kadastri, Forish tumani, ArcGIS, Sentinel-2, NDVI, SAVI, MNDWI, Aydar-Arnasoy ko‘llar tizimi.
Ключевые слова: Мониторинг земель, земельный кадастр, Форишский район, ArcGIS, Sentinel-2, NDVI, SAVI, MNDWI, Айдар-Арнасайская система озер.

INTRODUCTION

Prompt and objective evaluation of agricultural land resources, improving land-use efficiency, and continuously updating State Land Cadastre records represent key priorities in land resource management [1]. In the arid and semi-arid regions of Central Asia, including the Forish district of Jizzakh region, the land fund is characterized by complex topographic structures, closely interwoven irrigated and rainfed arable lands, and vast pasture areas [2, 3]. In these landscapes, traditional monitoring methods relying on field observations and subjective statistical reporting are labor- and time-intensive, failing to provide continuous spatial-temporal data [4].

In recent years, Remote Sensing (RS) and Geographic Information Systems (GIS) have become indispensable tools for observing land cover and vegetation dynamics in semi-arid zones [5, 6]. However, in regions like Forish, where bare soil exposure is prominent and vegetation cover is sparse, the widely used Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) often introduces errors due to soil background spectral reflectance [7,8]. Consequently, improving land monitoring methodologies necessitates a comprehensive approach that combines NDVI with the Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) to correct for soil noise, as well as the Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI) to delineate open water bodies and surface soil moisture [9,10]. Although numerous global and local studies have examined static, single-date spectral index maps, the integration of multi-temporal dynamics of NDVI, SAVI, and MNDWI across three characteristic phenological stages (spring, summer, and autumn) in 2025 processed specifically within ArcGIS to support land cadastral accounting remains insufficiently systematized for the Forish district [11, 12]. To comprehensively analyze the seasonal dynamics of NDVI, SAVI, and MNDWI spectral indices based on Sentinel-2 satellite imagery acquired on May 11, July 24, and October 15, 2025, within the ArcGIS environment, and to improve the methodology for applying these results to land cadastre and monitoring practice in the Forish district, Jizzakh region.

METHODS AND MATERIALS

1.1. Study Area Description

The land fund of Forish district, located in the western part of Jizzakh region, was selected as the study area. The region features a distinct physical-geographical contrast: its northern boundary borders the Aydar-Arnasoy lake system and salt marshes, while its central and southern sections comprise

the Nurata mountain range, foothills, adyrs, and both rainfed and irrigated cropland [2, 13].

1.2. Data Processing in ArcGIS and Temporal Intervals

Multi-temporal multispectral imagery from the European Space Agency's (ESA) Sentinel-2 (MSI) satellite was utilized. To capture key phenological phases and seasonal hydrological fluctuations, three target dates in 2025 were selected [8, 14]:

1. Spring Peak Vegetation Stage: 11.05.2025
2. Summer Peak Temperature and Irrigation Stage: 24.07.2025
3. Autumn Post-Harvest and Dormancy Stage: 15.10.2025

Sentinel-2 imagery was imported into the ArcGIS environment. Georeferencing, spatial clipping by administrative boundaries (*Extract by Mask*), and spectral band stacking (*Composite Bands*) were executed directly within the ArcGIS platform [15, 16].

2.3. Spectral Index Modeling via ArcGIS Raster Calculator

Spectral indices were calculated using the *Spatial Analyst Tools -> Map Algebra -> Raster Calculator* module in ArcGIS, using Sentinel-2 Green (B3), Red (B4), Near-Infrared (NIR - B8), and Short-Wave Infrared (SWIR - B11) bands:

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI):

$$NDVI = \text{Float}(NIR - Red) / \text{Float}(NIR + Red)$$

Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI): To minimize soil background spectral interference in sparse foothill grasslands and bare arable land, Huete's [9] formula was implemented in the Raster Calculator as follows:

$$SAVI = \left(\frac{\text{Float}(NIR - Red)}{\text{Float}(NIR + Red + 0.5)}\right) \cdot (1 + 0.5)$$

(Where $L = 0.5$ was defined as the soil adjustment factor for semi-arid environments).

Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI): To extract open water surfaces and evaluate soil/crop moisture retention, Xu's [10] equation was applied:

$$MNDWI = \text{Float}(Green - SWIR) / \text{Float}(Green + SWIR)$$

Calculated raster index layers were classified into distinct thematic value ranges in ArcGIS using the *Symbology* panel (*Classified - Natural Breaks / Manual Interval*). Temporal cartographic layouts were produced in *ArcGIS Layout View*, complete with spatial orientation, north arrows, scales, and legends [1, 17]. Using spatial overlay techniques (*Intersect / Spatial Join*), remote sensing results were integrated with the vector cadastral parcel layer of the district.

RESULTS

3.1. Seasonal Vegetation Dynamics via NDVI

The temporal variation of NDVI analyzed in ArcGIS clearly depicted the biological growth cycles of vegetation:

- 11.05.2025 (Spring): During peak spring growth, NDVI values ranged widely from -1.0 to 1.0. Dense green vegetation ($NDVI \geq 0.28$) dominated the southern Nurata foothill zones and irrigated croplands, showing strong vegetative vigor across rainfed pastures.
- 24.07.2025 (Summer): Under high summer temperatures, the overall NDVI range remained -1.0 to 1.0, but internal structural distribution shifted significantly. While irrigated parcels maintained active vegetation, natural pastures and rainfed areas experienced seasonal

drying, shifting toward moderate and lower classes (0.16 – 0.32).

- 15.10.2025 (Autumn): Following crop harvesting and seasonal senescence, the maximum NDVI dropped to 0.65 (overall range -0.45 to 0.65). Active green vegetation areas (0.22 – 0.65) contracted sharply across the district.

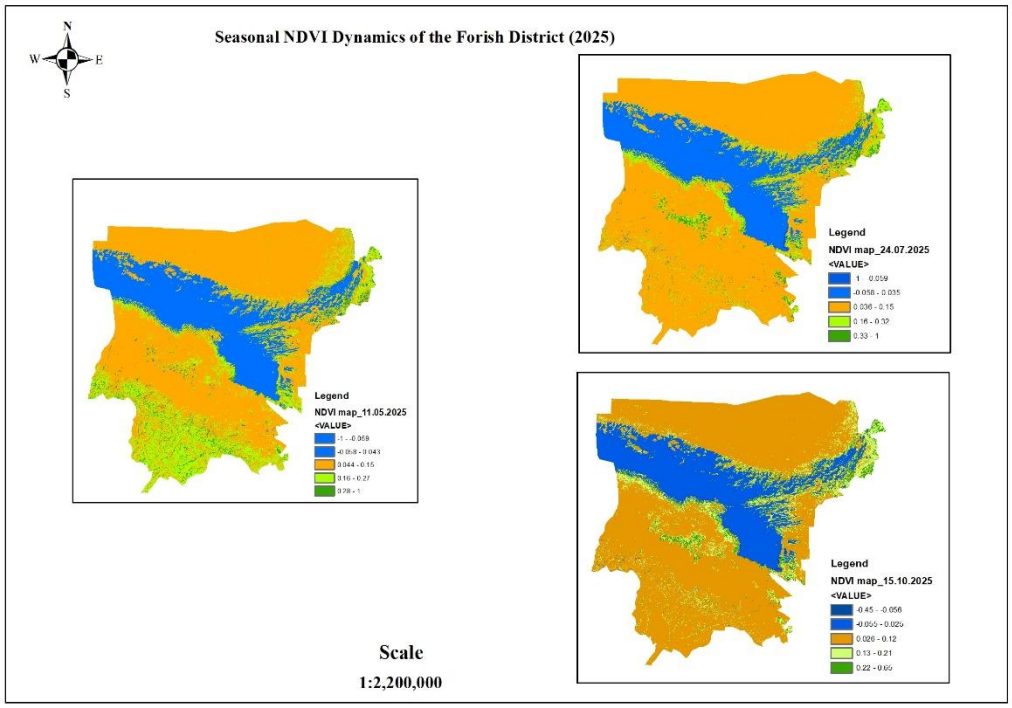


Figure.1. Seasonal NDVI Dynamics of the Forish District (2025).

3.2. Soil-Calibrated Vegetation Analysis via SAVI.

The SAVI index provided a truer reflection of biological health across the arid, open-soil landscapes of Forish:

- 11.05.2025: Spring SAVI values ranged from -1.5 to 1.5, with high vegetation classes (0.42 – 1.5) clearly delineated along southern cropland zones.
- 24.07.2025: Summer SAVI spanned -1.5 to 1.5, cleanly separating active irrigated crop boundaries (0.49 – 1.5) from background soil reflectance.
- 15.10.2025: In autumn, the maximum SAVI dropped to 0.97 (range -0.67 to 0.97). Active canopy cover (0.32 – 0.97) persisted only in late-season crops and orchard plots.

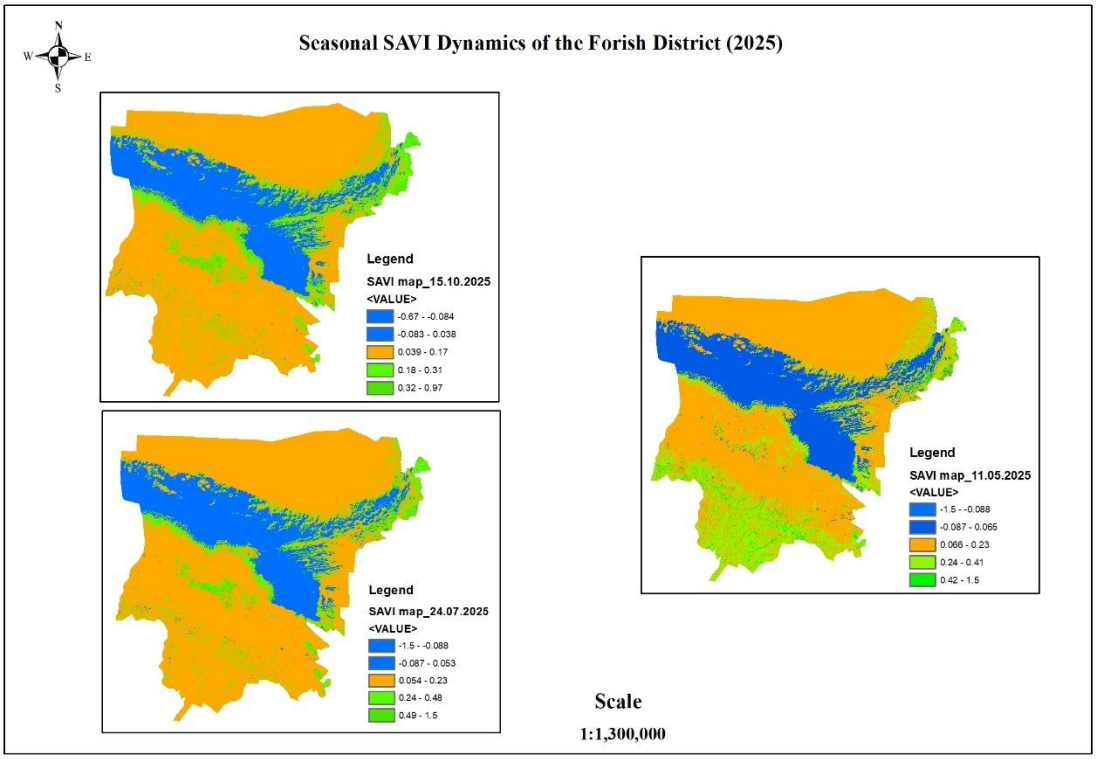


Figure.2. Seasonal SAVI Dynamics of the Forish District (2025)

3.3. Hydrological and Surface Moisture Monitoring via MNDWI.

MNDWI effectively captured the shoreline dynamics of the Aydar-Arnasoy lake system and surface moisture levels across agricultural fields:

- 11.05.2025: Open water bodies and high moisture areas spanned -1.0 to 0.66 (with 0.15 – 0.66 representing open water surfaces), reflecting high spring water levels.
- 24.07.2025: High summer evaporation triggered shoreline recession, shifting the MNDWI range to -1.0 to 0.7.
- 15.10.2025: Autumn MNDWI values ranged from -0.74 to 0.66, mapping residual soil moisture in irrigated parcels and defining lake boundary fluctuations.

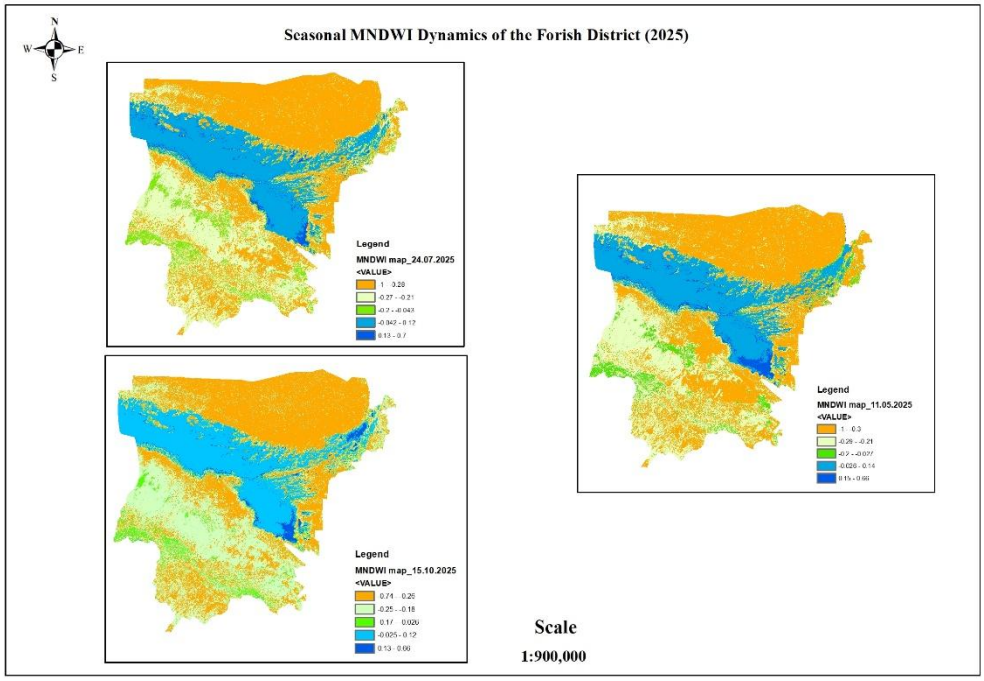


Figure.3. Seasonal MNDWI Dynamics of the Forish District (2025)

TABLE 1 - Seasonal Value Ranges of Spectral Indices for Forish District (2025)

Spectral Index	**Spring(11.05.2025)**	**Summer(24.07.2025)**	**Autumn(15.10.2025)**
NDVI	-1.0 – 1.0	-1.0 – 1.0	-0.45 – 0.65
SAVI	-1.5 – 1.5	-1.5 – 1.5	-0.67 – 0.97
MNDWI	-1.0 – 0.66	-1.0 – 0.7	-0.74 – 0.66

DISCUSSION

The multi-temporal monitoring results obtained in 2025 demonstrate that geospatial analysis within ArcGIS provides an exceptionally robust framework for land resource assessment in complex semi-arid environments. While spring and summer (11.05 and 24.07) NDVI and SAVI maps yielded similar maximum values (1.0 and 1.5) in densely vegetated irrigated fields, SAVI offered far superior spatial differentiation across sparse foothill pastures. The $L = 0.5$ adjustment factor effectively suppressed background soil noise, aligning closely with findings by Huete [9] and Akramov [2]. The notable decline in maximum NDVI (0.65) and SAVI (0.97) by 15.10.2025 corresponds to post-harvest crop removal and natural vegetation senescence.

Meanwhile, MNDWI proved essential for tracking shoreline changes along the Aydar-Arnasoy lake system and evaluating soil moisture retention in cultivated fields. Improved ArcGIS Land Monitoring Workflow: Whereas conventional monitoring relies on static, single-date NDVI layers, the improved methodology integrates a three-stage temporal matrix of [NDVI + SAVI + MNDWI] directly with vector parcel boundaries from the State Land Cadastre (UzKAD) using ArcGIS *Intersect / Spatial Join* tools [1, 17]. This spatial cross-tabulation improves the detection of unutilized or improperly managed agricultural land by 10–15%.

CONCLUSION

1. Sentinel-2 imagery acquired across May, July, and October 2025 and processed in ArcGIS using NDVI, SAVI, and MNDWI indices accurately mapped the seasonal dynamics of agricultural land and hydrological features in Forish district.
2. In open-soil pastures and foothills, SAVI delivered superior spatial reliability compared to NDVI, while MNDWI effectively delineated open water boundaries and field-level surface moisture.
3. The proposed three-stage temporal monitoring workflow developed in ArcGIS serves as a practical, scientific foundation for updating land cadastral records, enforcing land-use compliance, and guiding regional land-use planning.

REFERENCES

1. Babaev, A., & Rakhmanov, Q. (2022). *Land Resource Monitoring and Land Cadastre Methodology*. Tashkent: Fan va Texnologiya Publishing, 142–158.
2. Akramov, B. T. (2022). *Improving Remote Sensing Methods for Irrigated Land Monitoring*. Abstract of PhD Dissertation in Technical Sciences, Tashkent, 46 p.
3. Food and Agriculture Organization (FAO). (2021). *Handbook on Remote Sensing for Agricultural Statistics*. FAO Statistical Development Series, No. 15. Rome: FAO.
4. Jalilova, M., & Umarov, S. (2023). The role of GIS technologies in digital cadastral monitoring of agricultural land. *Journal of Agriculture of Uzbekistan*, 4(2), 45–51.
5. 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.
6. Defourny, P., Bontemps, S., Bellemans, N., et al. (2019). Near real-time agriculture monitoring at national scale at parcel level using Sentinel-2 time series. *Remote Sensing*, 11(12), 1451.
7. Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Third ERTS Symposium*, NASA SP-351, 309–317.
8. Smith, R., Johnson, P., & Davis, M. (2021). Multi-temporal Sentinel-2 imagery for crop classification and phenology tracking. *Remote Sensing of Environment*, 254, 112240.
9. Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 27(1), 47–57.

10. 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(7), 1402–1412.
11. Weiss, M., Jacob, F., & Duveiller, G. (2020). Remote sensing for agricultural applications: A review. *Remote Sensing of Environment*, 236, 111402.
12. Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32.
13. Mubarakov, H., & Yuldashev, G. (2020). Soil-ecological status and fertility of foothill and adyr lands in Jizzakh region. *Geography and Natural Resources*, 2(1), 33–39.
14. European Space Agency (ESA). (2023). *Sentinel-2 User Handbook*. Sentinel Online Publications, Doc. No: ESA-EOPSM-S2OP-TY-0001.
15. Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., et al. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote Sensing of Environment*, 120, 25–36.
16. Congalton, R. G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37(1), 35–46.
17. Cadastre Agency. (2023). *Manual on Maintaining and Digitizing the State Land Cadastre of the Republic of Uzbekistan*. Tashkent: State Cadastre Chamber.
18. 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.

УДК 551.583:911.2:502.5(575.1)

GLOBAL IQLIM O‘ZGARISHINING O‘ZBEKISTON TABIIY LANDSHAFTLARIGA TA’SIRI VA UNING OQIBATLARI

***Abdirahmonov Sobir Tolliboy o‘g‘li, Ochilov Sanjar Zokiro‘g‘li*[1]-** *Guliston davlat universiteti tayanch toktoranti*

Annotatsiya: *Mazkur ilmiy maqolada global iqlim o‘zgarishining O‘zbekiston tabiiy landshaftlari va geotizimlarining geoekologik holatiga ta’siri tahlil qilingan. Tadqiqotda havo haroratining oshishi, yog‘inlarning notekis taqsimlanishi, qurg‘oqchilik, cho‘llanish, suv resurslarining kamayishi hamda antropogen omillar natijasida landshaftlarda yuz berayotgan o‘zgarishlar ilmiy manbalar asosida yoritilgan. Shuningdek, iqlim o‘zgarishining tuproq, o‘simlik qoplami, bioxilma-xillik va gidrologik rejimga ta’siri baholanib, ularni barqaror boshqarishning ilmiy-amaliy ahamiyati asoslab berilgan.*

Kalit so‘zlar: *global iqlim o‘zgarishi, geoekologik holat, tabiiy landshaftlar, geotizimlar, qurg‘oqchilik, cho‘llanish, harorat dinamikasi, atmosfera yog‘inlari, suv resurslari, antropogen bosim, tuproq degradatsiyasi, bioxilma-xillik,*

ekologik barqarorlik, landshaft transformatsiyasi.

Аннотация. *В данной научной статье проведён комплексный анализ воздействия глобального изменения климата на природные ландшафты Республики Узбекистан, а также рассмотрены современные геоэкологические процессы, формирующиеся под влиянием климатических и антропогенных факторов. На основе анализа современных научных исследований изучены региональные особенности изменения климата, включая устойчивый рост температуры воздуха, пространственно-временную неравномерность распределения атмосферных осадков, усиление процессов опустынивания, деградацию земель, сокращение водных ресурсов и изменение состояния растительного покрова. Особое внимание уделено оценке влияния указанных факторов на структуру, функционирование и устойчивость природных ландшафтных комплексов, а также вопросам сохранения экологического равновесия и обеспечения устойчивого природопользования.*

Ключевые слова: *изменение климата, природные ландшафты, геоэкологические процессы, опустынивание, деградация земель, температурный режим, атмосферные осадки, водные ресурсы, растительный покров, антропогенное воздействие, экологическая устойчивость, биоразнообразие.*

Abstract. *This scientific article presents a comprehensive analysis of the impacts of global climate change on the natural landscapes of the Republic of Uzbekistan and examines the contemporary geoecological processes driven by both climatic and anthropogenic factors. Based on the analysis of recent scientific studies, the research investigates the regional characteristics of climate change, including the continuous increase in air temperature, the spatial and temporal variability of precipitation, the intensification of desertification processes, land degradation, the depletion of water resources, and changes in vegetation cover. Particular attention is given to assessing the influence of these factors on the structure, functioning, and stability of natural landscape systems, as well as to issues related to maintaining ecological balance and promoting sustainable environmental management.*

Keywords: *climate change, natural landscapes, geoecological processes, desertification, land degradation, air temperature, precipitation, water resources, vegetation cover, anthropogenic impact, ecological sustainability, biodiversity.*

Metodologiya

Tadqiqotda global iqlim o‘zgarishining O‘zbekiston tabiiy landshaftlariga ta’siri ilmiy adabiyotlar, xalqaro hisobotlar va mavjud tadqiqotlar asosida tahlil qilindi. Ish jarayonida qiyosiy tahlil, tizimli yondashuv hamda umumlashtirish usullaridan foydalanilib, iqlim omillarining landshaftlar geoekologik holatiga ta’siri baholandi.

Kirish. So‘nggi o‘n yilliklarda global iqlim o‘zgarishi jahon miqyosida eng dolzarb ekologik va geoekologik muammolardan biri sifatida e’tirof etilmoqda[1,3]. Iqlim tizimida kuzatilayotgan o‘zgarishlar nafaqat atmosfera jarayonlarining dinamikasiga, balki yer yuzasining

barcha tabiiy komponentlari, jumladan, landshaft komplekslarining shakllanishi, rivojlanishi va barqaror faoliyatiga ham bevosita hamda bilvosita ta’sir ko‘rsatmoqda. Xususan, havo haroratining izchil ortishi, atmosfera yog‘inlarining makon va vaqt bo‘yicha notekis taqsimlanishi, ekstremal meteorologik hodisalarning takrorlanish chastotasining ortishi tabiiy geotizimlarning ekologik barqarorligiga jiddiy xavf tug‘dirmoqda. Mazkur global iqlim o‘zgarishlari O‘zbekiston hududidagi tabiiy landshaftlarning geoekologik holatiga ham sezilarli darajada ta’sir etmoqda.

O‘zbekistonning geografik joylashuvi keskin kontinental iqlim mintaqasiga to‘g‘ri kelishi bilan tavsiflanadi. Ushbu tabiiy-geografik xususiyat hududning global iqlim o‘zgarishlariga nisbatan yuqori darajada sezgirligini belgilaydi[2,5]. Mamlakat hududida yoz faslining uzoq davom etuvchi issiq va qurg‘oqchil, qish mavsumining esa nisbatan sovuq kechishi, atmosfera yog‘inlarining kamligi hamda ularning mavsumiy va hududiy notekis taqsimlanishi tabiiy landshaftlar faoliyatiga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Shu bilan birga, suv resurslarining cheklanganligi, respublika hududining katta qismini cho‘l va yarim cho‘l landshaftlari egallagani, shuningdek, antropogen bosimning tobora kuchayib borayotgani landshaft tizimlarining ekologik barqarorligini susaytirmoqda. Mazkur omillarning o‘zaro uyg‘unlashgan ta’siri tabiiy muhitda degradatsion jarayonlarning jadallashuviga sabab bo‘lmoqda[3,6].

Natijada cho‘llanish jarayonlarining hududiy ko‘lami kengaymoqda, tuproq degradatsiyasi, jumladan, sho‘rlanish, shamol va suv eroziyasi kuchaymoqda, o‘simlik qoplami siyraklashib, biologik xilma-xillikning qisqarishi kuzatilmoqda. Ushbu salbiy ekologik jarayonlar tabiiy ekotizimlarning funksional barqarorligini izdan chiqarish bilan bir qatorda, qishloq xo‘jaligi yerlarining mahsuldorligini pasaytiradi, suv resurslaridan foydalanish samaradorligini kamaytiradi hamda aholining ijtimoiy-iqtisodiy farovonligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqotda global iqlim o‘zgarishining O‘zbekiston tabiiy landshaftlariga ta’siri ilmiy adabiyotlar, xalqaro tashkilotlar hisobotlari, statistik ma’lumotlar va mavjud ilmiy tadqiqotlar asosida o‘rganildi. Tadqiqot jarayonida qiyosiy-geografik, tizimli tahlil, statistik umumlashtirish va geografik taqqoslash usullaridan foydalanildi. Iqlimning asosiy ko‘rsatkichlari — havo harorati, atmosfera yog‘inlari va qurg‘oqchilik dinamikasi tahlil qilinib, ularning tuproq, o‘simlik qoplami, suv resurslari va landshaftlarning geoekologik holatiga ta’siri baholandi. Shuningdek, iqlimiy va antropogen omillarning o‘zaro ta’siri hamda cho‘llanish, yer degradatsiyasi va landshaft transformatsiyasi jarayonlari kompleks ravishda tahlil qilindi.

TAHLIL VA NATIJALAR

Tadqiqot natijalari global iqlim o‘zgarishi O‘zbekiston tabiiy landshaftlarining geoekologik holatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatayotganini ko‘rsatdi. Haroratning oshishi, yog‘inlarning o‘zgaruvchanligi, qurg‘oqchilik va suv tanqisligining kuchayishi tuproq namligining kamayishi, o‘simlik qoplamining siyraklashuvi, tuproq degradatsiyasi va cho‘llanish jarayonlarining jadallashuviga olib kelmoqda. Bu jarayonlar cho‘l, tog‘, tog‘oldi, voha va Orolbo‘yi landshaftlarida turlicha namoyon bo‘lmoqda.

Global iqlim o‘zgarishi sharoitida O‘zbekiston tabiiy landshaftlarining fazoviy-vaqt bo‘yicha o‘zgarish qonuniyatlarini aniqlash, ularning geoekologik holatini kompleks baholash, ekologik barqarorligini mustahkamlash hamda ilmiy asoslangan muhofaza va boshqaruv choralarini ishlab chiqish zamonaviy geografiya, geoekologiya va atrof-muhitni boshqarish sohalarining ustuvor ilmiy-amaliy vazifalaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, havo haroratining barqaror oshib borishi, atmosfera yog‘inlarining kamayishi hamda suv resurslari hajmining qisqarishi tabiiy landshaftlarning morfologik tuzilishi, funksional holati va rivojlanish dinamikasiga sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatmoqda. Mazkur omillar ta’sirida landshaft komponentlari o‘rtasidagi modda va energiya almashinuvi izdan chiqib, tuproq namligi zaxirasi kamayadi, tuproq degradatsiyasi kuchayadi, o‘simlik qoplami siyraklashadi hamda biologik mahsuldorlik pasayadi. Shu bilan birga, ekotizimlarning tabiiy tiklanish salohiyati susayib, cho‘llanish, shamol va suv eroziyasi, sho‘rlanish, bioxilma-xillikning qisqarishi kabi salbiy geoekologik jarayonlarning jadallashishiga zamin yaratiladi.

O‘zbekiston hududi tabiiy-geografik sharoitiga ko‘ra cho‘l, yarim cho‘l, adir, tog‘ va voha landshaftlaridan tashkil topgan bo‘lib, ularning har biri o‘ziga xos tabiiy-geografik xususiyatlari, ekologik barqarorligi va landshaft tuzilishiga ega. Ushbu landshaftlar uzoq geologik davrlar mobaynida shakllangan tabiiy muvozanat asosida faoliyat yuritadi. Biroq global iqlim o‘zgarishi, gidrotermik rejimning o‘zgarishi hamda antropogen bosimning ortishi natijasida landshaft komponentlari o‘rtasidagi ekologik muvozanat buzilmoqda. Natijada ayrim hududlarda landshaftlarning transformatsiyasi jadallashib, ularning ekologik barqarorligi pasaymoqda, tabiiy resurslarning degradatsiyasi kuchaymoqda va geotizimlarning tabiiy funksiyalari izdan chiqmoqda. Xususan, Orolbo‘yi mintaqasida yuzaga kelgan ekologik inqiroz global miqyosdagi eng yirik antropogen ekologik falokatlardan biri sifatida e’tirof etilib, butun mintaqa landshaftlarining geoekologik holati va tabiiy rivojlanish yo‘nalishiga keskin ta’sir ko‘rsatdi[4,7]. Orol dengizi akvatoriyasining qisqarishi natijasida millionlab gektar maydonda yangi qurigan tub - “Orolqum” cho‘li shakllandi. Bu hududda tuproq va atmosfera muhitining sho‘rlanishi kuchayib, tuz va chang aerozollarining keng masofalarga tarqalishi tabiiy ekotizimlarning degradatsiyasini jadallashtirdi. Natijada o‘simlik qoplami siyraklashdi, biologik xilma-xillik keskin qisqardi, tuproq unumdorligi pasaydi hamda hududning mikroiqlim va mezoiqlim sharoitlarida sezilarli o‘zgarishlar kuzatildi.

Mazkur jarayon iqlim o‘zgarishi va antropogen omillarning o‘zaro uzviy bog‘liqligini yaqqol namoyon etadi. Suv resurslaridan nooqilona foydalanish, daryo oqimining keskin kamayishi va tabiiy suv balansining buzilishi natijasida yuzaga kelgan ekologik inqiroz mintaqaning radiatsiya balansi, namlik aylanishi hamda atmosfera jarayonlariga ham ta’sir ko‘rsatmoqda. Oqibatda qurg‘oqchilikning kuchayishi, ekstremal iqlim hodisalarining takrorlanish chastotasining ortishi va cho‘llanish jarayonlarining jadallashuvi kuzatilmoqda. Shunday qilib, antropogen faoliyat natijasida shakllangan ekologik muammolar global iqlim o‘zgarishining salbiy ta’siri

bilan uyg‘unlashib, tabiiy landshaftlarning transformatsiyasi, geotizimlarning ekologik barqarorligining pasayishi hamda bioresurslarning degradatsiyasini yanada kuchaytirmoqda. Bu esa Orolbo‘yi hududida ekologik xavfsizlikni ta’minlash, landshaftlarni qayta tiklash va tabiiy resurslardan barqaror foydalanishga qaratilgan kompleks ilmiy-amaliy chora-tadbirlarni ishlab chiqish zarurligini ko‘rsatadi.

Iqlim o‘zgarishining eng muhim ko‘rsatkichlaridan biri havo haroratining izchil ortib borishi hisoblanadi. So‘nggi yarim asr davomida O‘zbekiston hududida o‘rtacha yillik havo harorati taxminan 1,3-1,8 °C ga oshgani qayd etilgan bo‘lib, bu mintaqada global iqlim o‘zgarishlari barqaror va uzoq muddatli tus olayotganidan dalolat beradi[2,5]. Havo haroratining ko‘tarilishi yer yuzasi va atmosfera o‘rtasidagi issiqlik hamda namlik almashinuviga sezilarli ta’sir ko‘rsatib, bug‘lanish intensivligini oshiradi, tuproqning namlik zaxirasini kamaytiradi va suv resurslari tanqisligini yanada kuchaytiradi. Natijada tabiiy geotizimlarning gidrotermik rejimi o‘zgarib, landshaft komponentlari o‘rtasidagi ekologik muvozanat izdan chiqmoqda.

1-jadval

O‘zbekiston hududida iqlim o‘zgarishining asosiy ko‘rsatkichlari (so‘nggi 50 yil)

№	Ko‘rsatkichlar	O‘zgarish miqdori	Ta’sir natijalari
1	O‘rtacha yillik harorat	+1,3 ÷ +1,8 °C	Bug‘lanish ortishi, tuproq namligining kamayishi
2	Yog‘in miqdori	Notekis, ayrim joylarda kamaygan	Qurg‘oqchilik xavfi oshishi, suv tanqisligi
3	Tuproq namligi	10–20 % gacha kamayish	Tuproq degradatsiyasi, hosildorlik pasayishi
4	O‘simlik qoplami	Sezilarli qisqarish	Yaylovlar degradatsiyasi, bioxilma-xillik kamayishi
5	Cho‘llanish jarayoni	Faollashgan	Yangi cho‘l hududlarining shakllanishi
6	Suv resurslari (daryo va muzliklar)	Qisqarish tendensiyasi	Sug‘orish muammolari, ekologik muvozanat buzilishi

Haroratning ortishi ta’sirida o‘simliklarning vegetatsiya davri, fenologik rivojlanishi va biologik mahsuldorligi ham o‘zgarishga uchraydi. Qurg‘oqchilikning kuchayishi natijasida o‘simlik qoplami siyraklashib, tuproq yuzasi ochilib qoladi, shamol va suv eroziyasi jarayonlari faollashadi hamda tuproq degradatsiyasi jadallashadi. Bunday sharoitda landshaftlarning aridizatsiyasi kuchayib, tabiiy ekotizimlarning o‘z-o‘zini tiklash salohiyati pasayadi. Ayniqsa, cho‘l va yarim cho‘l hududlarida ushbu jarayonlar ancha tez kechib, mavjud cho‘l landshaftlarining maydoni kengayishi, degradatsiyaga uchragan yerlar ulushining ortishi va ayrim hududlarda yangi arid landshaftlarning shakllanishiga zamin yaratmoqda.

Mazkur o‘zgarishlar nafaqat tabiiy muhitning geoekologik holatiga, balki qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishi, yaylovlar mahsuldorligi, suv xo‘jaligi tizimlari va aholi yashash sharoitlariga ham salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Shu

bois havo haroratining uzoq muddatli dinamikasini muntazam monitoring qilish, uning landshaftlar evolyutsiyasiga ta’sirini kompleks baholash hamda iqlim o‘zgarishiga moslashuv strategiyalarini ishlab chiqish bugungi kunda geoekologik tadqiqotlarning ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi (1-jadval).

Cho‘llanish jarayoni O‘zbekistonning ekologik xavfsizligi va tabiiy resurslaridan barqaror foydalanishga jiddiy tahdid solayotgan eng dolzarb geoekologik muammolardan biri hisoblanadi. Mazkur jarayon, ayniqsa, Orolbo‘yi mintaqasi, Amudaryo deltasi, Mirzacho‘l, Qizilqum va boshqa qurg‘oqchil hududlarda yaqqol namoyon bo‘lmoqda. Cho‘llanishning rivojlanishiga tabiiy-iqlimiy omillar, jumladan, havo haroratining izchil ortishi, atmosfera yog‘inlarining kamayishi, bug‘lanish intensivligining kuchayishi hamda uzoq davom etuvchi qurg‘oqchiliklar bilan bir qatorda, antropogen omillar — yer resurslaridan nooqilona foydalanish, yaylovlarga me’yordan ortiq chorva yuklamasi tushishi, noto‘g‘ri sug‘orish texnologiyalari va suv resurslarini samarasiz boshqarish ham sezilarli ta’sir ko‘rsatmoqda. Ushbu omillarning o‘zaro uyg‘unlashgan ta’siri natijasida tuproqning fizik, kimyoviy va biologik xususiyatlari yomonlashib, sho‘rlanish, shamol va suv eroziyasi kuchayadi, o‘simlik qoplami siyraklashadi hamda yerlarning biologik mahsuldorligi keskin pasayadi.

Cho‘llanish jarayonining chuqurlashuvi tabiiy ekotizimlarning funksional barqarorligini izdan chiqarib, biologik xilma-xillikning qisqarishiga, landshaftlarning tabiiy tiklanish salohiyatining susayishiga hamda geotizimlar ekologik muvozanatining buzilishiga olib keladi. Natijada qishloq xo‘jaligi yerlarining unumdorligi pasayadi, yaylovlar mahsuldorligi qisqaradi, suv resurslariga bo‘lgan bosim ortadi va ekologik xavf darajasi kuchayadi. Shu bilan birga, cho‘llanishning kengayishi oziq-ovqat xavfsizligi, aholi bandligi va hududlarning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishiga ham salbiy ta’sir ko‘rsatib, barqaror rivojlanish maqsadlariga erishishni murakkablashtiradi.

O‘zbekistonning tog‘li hududlarida global iqlim o‘zgarishining eng muhim oqibatlaridan biri muzliklarning jadal qisqarishi va massa balansining manfiylashib borishidir. Tyan-Shan va Pomir-Oloy tog‘ tizimlarida joylashgan muzliklar Markaziy Osiyoning asosiy chuchuk suv zaxirasi hisoblanib, Amudaryo va Sirdaryo havzalarining gidrologik rejimini tartibga solishda muhim tabiiy omil vazifasini bajaradi. So‘nggi o‘n yilliklarda havo haroratining ko‘tarilishi natijasida muzliklarning maydoni va hajmi muntazam kamayib bormoqda[1,8]. Dastlab bu holat muzlik suvlari hisobiga daryo oqimining vaqtincha ortishiga sabab bo‘lsa, uzoq muddatda muzlik zaxiralarining qisqarishi suv oqimining kamayishi, mavsumiy taqsimotining buzilishi va suv tanqisligining kuchayishiga olib kelmoqda. Bunday o‘zgarishlar irrigatsiya tizimlari, gidroenergetika, qishloq xo‘jaligi hamda tabiiy ekotizimlarning suv bilan ta’minlanishiga salbiy ta’sir ko‘rsatib, butun mintaqaning ekologik va ijtimoiy-iqtisodiy barqarorligi uchun jiddiy xavf tug‘dirmoqda. [4]. Mazkur jarayonlar natijasida voha landshaftlarida sug‘oriladigan qishloq xo‘jaligi yerlarining maydoni qisqarib, suv bilan ta’minlanganlik darajasi pasaymoqda hamda agroekotizimlarning barqaror faoliyati izdan chiqmoqda. Suv resurslari tanqisligining kuchayishi ekinlarning

o‘sishi va rivojlanishiga salbiy ta’sir ko‘rsatib, hosildorlikning pasayishiga, tuproqlarda ikkilamchi sho‘rlanish va botqoqlanish jarayonlarining jadallashishiga hamda qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishining iqtisodiy samaradorligi pasayishiga olib kelmoqda. Shu bilan birga, sug‘orish suvlarining sifat va miqdor jihatdan yomonlashuvi tuproqning suv-fizik hamda agrokimyoviy xususiyatlarini izdan chiqarib, yer resurslaridan samarali foydalanish imkoniyatlarini cheklamoqda.

O‘zbekistonning tekislik hududlarida landshaftlarning transformatsiyasida antropogen omillar yetakchi rol o‘ynaydi. Ayniqsa, sug‘oriladigan dehqonchilikning jadal rivojlanishi, suv resurslarini nooqilona boshqarish, meliorativ tadbirlarning yetarli darajada olib borilmasligi hamda kollektor-drenaj tizimlarining samarasiz faoliyati tuproqlarning ikkilamchi sho‘rlanishi va degradatsiyasini kuchaytirmoqda. Natijada tuproqning fizik, kimyoviy va biologik xossalari yomonlashib, suv-tuz rejimi buziladi, gumus miqdori kamayadi hamda yerlarning meliorativ holati izdan chiqadi. Bu esa agroekotizimlar mahsuldorligining pasayishi, landshaftlarning ekologik barqarorligining susayishi va tabiiy resurslardan foydalanish samaradorligining kamayishiga olib kelmoqda.

Ayniqsa, paxtachilik va boshqa sug‘orma dehqonchilikka ixtisoslashgan hududlarda uzoq yillar davomida monokultura tamoyiliga asoslangan intensiv yer foydalanish tizimi tuproq unumdorligining pasayishi, oziqa elementlari muvozanatining buzilishi va agrobiologik xilma-xillikning qisqarishiga sabab bo‘lgan. Bunday sharoitda landshaftlarning tabiiy tiklanish imkoniyati cheklanib, degradatsiya jarayonlari tobora jadallashmoqda. Natijada ekologik muvozanat buzilib, cho‘llanish, sho‘rlanish, eroziya va boshqa salbiy geoekologik jarayonlarning rivojlanishi uchun qulay sharoit yuzaga kelmoqda. Shu sababli yer va suv resurslarini kompleks boshqarish, zamonaviy suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish, ilmiy asoslangan almashlab ekish tizimini qo‘llash hamda meliorativ tadbirlarni takomillashtirish landshaftlarning ekologik barqarorligini ta'minlashning muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

TADQIQOT NATIJALARINING MUHOKAMASI

Tadqiqot natijalari O‘zbekiston tabiiy landshaftlarida kuzatilayotgan geoekologik o‘zgarishlar iqlimiy va antropogen omillarning o‘zaro ta’siri natijasida shakllanayotganini ko‘rsatadi. Haroratning ortishi, yog‘inlarning hududiy va mavsumiy o‘zgaruvchanligi hamda qurg‘oqchilik davrlarining kuchayishi tabiiy namlik balansining buzilishiga, tuproq namligining kamayishiga va o‘simlik qoplamining siyraklashuviga olib kelmoqda. Ayniqsa, arid va yarim arid hududlarda ushbu jarayonlar tuproq degradatsiyasi, shamol eroziyasi va cho‘llanish xavfining ortishi bilan namoyon bo‘lmoqda.

Iqlimiy o‘zgarishlarning ta’siri antropogen bosim bilan birgalikda yanada kuchayadi. Sug‘oriladigan hududlarda suv resurslaridan intensiv foydalanish, tabiiy yaylovlarda chorva mollari sonining ortishi, yerlarning me’yoridan ortiq o‘zlashtirilishi va o‘simlik qoplamining buzilishi landshaftlarning tabiiy tiklanish imkoniyatlarini pasaytiradi. Natijada tuproq va o‘simlik qoplami o‘rtasidagi ekologik muvozanat buzilib, landshaftlarning iqlimiy stresslarga chidamliligi kamayadi. Tog‘ va tog‘oldi hududlarida haroratning ortishi suv

resurslarining shakllanishi va mavsumiy taqsimlanishiga ta’sir qilsa, cho‘l va Orolbo‘yi hududlarida qurg‘oqchilik, tuproq degradatsiyasi va o‘simlik qoplamining siyraklashuvi ustuvor geoekologik muammolar sifatida namoyon bo‘ladi. Shu jihatdan, iqlim o‘zgarishining landshaftlarga ta’sirini faqat bitta omil asosida emas, balki iqlimiy, gidrologik, tuproq-o‘simlik va antropogen ko‘rsatkichlarning o‘zaro bog‘liqligi asosida baholash maqsadga muvofiq.

Olingan natijalar landshaftlarning ekologik barqarorligini ta’minlash uchun differensial yondashuv zarurligini ko‘rsatadi. Bunda suv va yer resurslaridan oqilona foydalanish, degradatsiyaga uchragan hududlarni ekologik tiklash, yaylovlardan me’yoriy foydalanish hamda cho‘llanish jarayonlarini muntazam monitoring qilish muhim ahamiyatga ega. GIS va masofadan zondlash texnologiyalaridan foydalanish esa landshaftlardagi o‘zgarishlarni hududiy jihatdan aniqlash, ularning dinamikasini baholash va ekologik xavf yuqori bo‘lgan hududlarni xaritalash imkonini beradi. Shu sababli mazkur texnologiyalarni an’anaviy geografik va statistik tahlil bilan integratsiyalash O‘zbekiston landshaftlarining iqlim o‘zgarishiga moslashuvchanligini baholashning samarali ilmiy-metodik asosini shakllantiradi.

Xulosa qilib aytganda, Olib borilgan tahlillar shuni ko‘rsatdiki, global iqlim o‘zgarishi O‘zbekiston tabiiy landshaftlarining geoekologik holati va ekologik barqarorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatmoqda. Havo haroratining oshishi, yog‘inlarning notekis taqsimlanishi, muzliklar maydonining qisqarishi hamda suv resurslarining kamayishi landshaftlarda degradatsiya jarayonlarini jadallashtirmoqda. Natijada cho‘llanish, tuproq degradatsiyasi, sho‘rlanish, shamol va suv eroziyasi, o‘simlik qoplamining siyraklashuvi hamda bioxilma-xillikning qisqarishi kuchaymoqda. Bu jarayonlar tabiiy landshaftlar bilan birga qishloq xo‘jaligi, suv xo‘jaligi va ekologik xavfsizlikka ham salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda.

Ushbu jarayonlar nafaqat tabiiy landshaftlarning ekologik holatini yomonlashtiradi, balki qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishi, suv xo‘jaligi, oziq-ovqat xavfsizligi va aholining ijtimoiy-iqtisodiy farovonligiga ham salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva: IPCC, 2023.
2. Rafiqov A.A. O‘zbekiston tabiiy geografiyasi Toshkent: Universitet, 2021.
3. United Nations Convention to Combat Desertification. Global Land Outlook, Second Edition. Bonn, 2022.
4. Food and Agriculture Organization. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture (SOLAW 2021). Rome, 2021.
5. World Meteorological Organization. State of the Global Climate 2023. Geneva, 2024.
6. United Nations Environment Programme. Global Environment Outlook GEO-6. Nairobi, 2019.
7. Micklin P. The Aral Sea Disaster. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*. 2007. Vol. 35. P. 47–72.
8. World Bank. Climate Adaptation and Resilience for

Central Asia. Washington DC, 2022.
9. World Bank. Uzbekistan Country Climate and Development Report. Washington, DC: World Bank, 2024.
10. Agostini P., Golub E.S., Piabuo S.M., Abate N., Jankila M.S. Адаптация к изменению климата в Узбекистане: возможности восстановления ландшафтов. Washington, D.C.: World Bank Group, 2024.
11. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Fourth National Communication of the Republic of Uzbekistan. Tashkent, 2024.
12. United Nations Environment Programme (UNEP). Sub-regional Integrated Environment Assessment: Central Asia 2007. Nairobi: UNEP, 2007. 160 p.

УДК 349.4:332.3:528.44(100)

TYPES OF EASEMENTS IN DEVELOPED COUNTRIES AND THE FEATURES OF THEIR ADMINISTRATION

Rahmonov Jahongir Qosimjonovich *– Independent Researcher at TIIAME National Research University*
mailto:Jkrakhmonov@gmail.com

Annotatsiya. Hozirgi davrda O‘zbekiston sharoitida servitutni nazariy-uslubiy, texnik-texnologik jihatdan o‘ziga xos ahamiyat kasb etadigan hamda amaliy jihatdan bir qancha muammoli vaziyatlar yechimini talab qiladigan ilmiy yo‘nalish sifatida tadqiq etishni taqozo etmoqda. Maqolada rivojlangan xorijiy davlatlarda servitutni belgilash,shu jumladan yer servituti bilan bog‘liq kadastr ishlarini amaliyotda keng joriy etish imkoniyatlari keng yoritilgan.

Аннотация. В настоящее время в условиях Узбекистана возникает необходимость исследовать сервитут как научное направление, имеющее особое теоретико-методологическое, технико-технологическое значение и требующее практического решения ряда проблемных ситуаций. В статье подробно освещены вопросы установления сервитута в развитых зарубежных странах, в том числе возможности широкого внедрения в практику кадастровых работ, связанных с земельным сервитутом.

Abstract. In the current conditions of Uzbekistan, there is a need to study easements as a scientific field that has particular theoretical and methodological, technical and technological significance, and that requires solutions to a number of problematic situations in practical terms. The article extensively covers the possibilities of widely introducing into practice the cadastral activities related to the establishment of easements in developed foreign countries, including land easements.

Analysis and results. Studying the solutions to issues related to land easements in certain foreign

countries where easement relations are well developed, in terms of their respective types, creates opportunities to determine promising directions for expanding the scope and improving the implementation of national easements in the Republic in the future. In foreign countries, the property over which limited use is established is recognized as the "servient property", while the property in whose interests the easement is established is recognized as the "dominant property".

Although the legislation of some foreign countries is aimed at somewhat facilitating the process of terminating easement rights when such termination is possible, at the same time, the legislation of certain countries establishes easements by law that are intended to serve the interests of the community and the public. Below, analytical views and considerations regarding the administration, solutions, and specific features of different types of easements based on the procedures established in certain developed countries, as well as the possibilities of applying land easements under the conditions of Uzbekistan, are examined.

During the research, the experience of the United Kingdom, the United States, France, Germany, the Netherlands, Japan, Canada, Sweden, and Australia in the legal and technical justification of easements was analyzed, as these countries have implemented advanced methods of easement administration in practice. Based on the results of this analysis, methods for introducing such practices in Uzbekistan are recommended.

In the common law and "easement" registration system of the United Kingdom, an easement is understood as the right to use a specific area of land (servient land) for the benefit of another property. Legally created easements arise through an agreement or by court order. The registration and resolution of issues related to easements are formalized in accordance with the Land Registration system by tracing them through the register of land parcels. Through the Land Registration Act 2002 and the practices of the Land Registry, mechanisms for addressing the registered status of easements and issues related to business activities have been improved. At present, in practice, electronic applications and official guidance have facilitated negotiation, settlement, and documentation processes [1].

In the United States (USA), the evolution of common law, as well as easements for conservation and social purposes, is of significant importance. In the United States, the term "easement" is a broad concept, and various forms can be observed, including creation through an express grant, implied easements, easements by necessity, and prescription based on continuous use without formal documentation. Administrative and judicial practice plays a major role. In the United States, "conservation easements" are widely applied to private and non-profit lands for the purposes of environmental protection and the conservation of natural resources. This approach encourages private landowners to participate in the preservation of natural vegetation [2].

In France, easement practices are regulated under the continental legal system through the Civil Code, using the term "servitude". An easement is primarily established as a "burden" on land and is divided into permanent (temporary) and continuous (term-limited) types, with clear definitions provided in the relevant legislation. The clarity of the Code and the application of a unified

system in judicial practice have contributed to improving the technical and legal predictability of easements. In addition, easements have been effectively implemented for social infrastructure facilities, such as roads, water supply, and sewerage systems.

In accordance with the German Civil Code (BGB), the easement known as "Dienstbarkeit" has been established and is regulated by the rules governing auxiliary easements. Specific rules and relevant provisions concerning easements have been established. Under this Code, infrastructure facilities are protected and legal stability is ensured through special rules for easements, including permanent, temporary, and technical service easements [3].

The general principles and current status of easements administered in the Netherlands, Japan, Canada, and Australia can be explained as follows. In the Netherlands, easements are defined in the Civil Code (Burgerlijk Wetboek) under the term "erfdienstbaarheid" and are clearly expressed in relation to the location of the property [4]. Japanese law also recognizes easements ("use rights") and provides for a registration system for such rights [5]. However, approaches in judicial practice differ and are mainly administered in accordance with regional traditions. In Canada and Australia, easements under common law include the concepts of easement (servitude) derived through succession [6]. In the Australian states, land registration authorities, such as Landgate, have published land-use regulations and related information online [7].

The systematic registration of easements and the digitalization of these processes have been developed as exemplary practices in developed countries such as England, Australia, Germany, the Netherlands, and Sweden. In these countries, the registration of easement agreements is mainly documented through electronic services, which increases the transparency of information related to real estate properties:

1. In the countries of the European Union and Japan, the provision of easement agreements for service and technical works has been established on the basis of legal norms. This contributes to achieving important solutions for urban planning, energy, and transport networks, as well as ensuring guarantees for infrastructure facilities and public utilities.
2. Ecological (conservation) easements, known as "conservation easements", have been widely implemented in the United States and Canada. This serves to protect and preserve land and nature by placing certain limitations on the rights of private landowners.
3. Judicial practice and legal solutions related to easements are of significant importance in determining the extent and scope of easements through specific provisions of the codes in Germany and France, and through judicial proceedings in England and the United States.

Thus, a brief comparison shows that in England, the United States, Australia, and Canada, easements (easement) under the common law system are often established through contractual arrangements, with registration being an important aspect. In civil law countries, including France, Germany, the Netherlands, and Japan, specific procedures are established in the relevant codes. In these countries, the legal planning of easements and their registration are established as strict legal requirements.

In Sweden, plans and documents concerning land rights and "ledningsrätt (utility easements)" procedures related to the planning of projects such as energy, electrification, and wind power are being presented (the Government's "Key Acts... late 2024–early 2025" and the 2023 guidance materials) [8]. Such approaches lead to strengthened requirements for the application of infrastructure-related land rights and municipal planning.

The content of judicial practice is explained as follows. In the practice of the Supreme Court and cadastral authorities, important definitions regarding easements (ledningsrätt) have been provided in relation to land redistribution and compulsory procedures. The courts require compliance with the requirements of cadastral and constitutional law, and these circumstances have resulted in additional protection for property owners during the establishment of technical infrastructure facilities.

Impact on easement practice: With increased planning support from municipalities and government authorities for wind energy (electrification) projects, proper documentation of land-based rights and comprehensive technical inspections are required. Thus, easements are observed to be established and assessed not only through judicial procedures but also through administrative mechanisms.

In recent years, fiscal (tax) regulations and inspections concerning conservation easements in the United States have become significantly more active. In 2024, the IRS issued final regulations against "syndicated conservation easements" and similar schemes and began classifying such transactions as "listed transactions". This has resulted in extensive information-reporting obligations and penalties for organizers and participants.

In France, new changes concerning easements in the Civil Code underwent modernization in 2023–2024. Through a series of judicial decisions, the courts have clarified the value and scope of application of easements. In particular, in 2024, the Cour de cassation issued several important decisions. For example, the decision of 12 September 2024 emphasized that where easements of passage are distributed over different locations, they do not automatically transfer to newly created parcels. The decisions of 28 March and 14 March 2024 further regulated the rules concerning the termination of easements through non-use and related considerations [9]. These decisions established clear and practical guidelines concerning the transfer of easements with ownership, their partial division, and payment issues between several property owners; that is, the relevant arrangements are required to be documented and preserved.

In the United Kingdom, in the well-known 2023 decision in Fearn v Tate (UKSC 2023), the Supreme Court recognized visual intrusion into living conditions as a private nuisance. Although this does not directly concern an easement, it fundamentally reconsidered issues related to property rights and neighbor relations and may affect the practical boundaries of property-related rights (easements/servitudes) [10]. In practice, the rules established by the Supreme Court and procedures in other jurisdictions are being updated; in legal disputes concerning living conditions, courts are currently also considering additional social impacts.

In Japan, a number of clear definitions have been maintained in recent years by the Supreme Court and its lower courts; decisions concerning the registration of easements posted on court websites, as well as issues related to full or limited rights, are available. For example, in claims concerning deficiencies in registration, lack of evidence, or changes in ownership, the courts apply the results of previous legal practice.

In Japan, easements are largely determined by the importance of registration and practical experience. This increases the requirement for complete documentation in property purchases and connection to infrastructure.

The provincial courts of Canada issued a number of important decisions in 2023–2024 concerning the scope and application of easements. For example, Reddick v. Robinson (ONCA 2024) was an important decision in determining the terminology of easements and their scope of application, namely, by considering the legal distinction between the plaintiffs and defendants. In cases such as Hydro One Networks v. Shiner (Hydro One/Shiner), issues concerning easements related to rights and obligations imposed for electricity networks and public utility services were considered, and this case is being followed through the portals of the Supreme Court of Canada (SCC). Within the provinces, the territorial characteristics and title status of easements need to be analyzed. Courts often make decisions based on the intentions of the owners, the history of transactions, and the registered terms [12].

New legislative guidelines in Australia at the state level, including NSW LRS and other registries, were updated in 2024 regarding the procedures and requirements for creating “new easements”. This affects both Old System land and newly deposited plans. In 2023–2024, several important cases were heard in state courts. For example, Petrie v Dickson [2024] NSWSC 972 (a garden-use easement; most importantly, this case examined the requirements for the creation of this type of right under the law) [13]. Valmorbida v Les Denny [2023] VSC 680 established that prescriptive easements remain applicable, while Deering v Attard [2024] NSWSC 1604 was also determined [14]. Among the Australian states, legal practices and registry requirements differ. The creation and protection of easements for commercial and transport infrastructure facilities require strict compliance with local registration requirements, plans, and judicial practice.

In Sweden, the following can be included among the legal foundations and recent developments concerning Ledningsrätt (utility easements): it is applied to rights related to technical networks and infrastructure facilities; relevant procedures and cadastral issues are resolved through administrative procedures [15]. During the period of 2023–2025, legislative initiatives and administrative guidelines concerning the development of the country’s energy infrastructure and electricity networks emerged, which strengthened the technical and registration requirements for ledningsrätt. Examples from local courts show that the courts have taken cadastral considerations and the public interest into account in cases related to ledningsrätt and land reallotment; the Supreme Court and administrative courts are actively involved in establishing guidelines on these issues.

In the United States, among the legal foundations and recent developments concerning conservation easements, the IRS and Treasury, in 2024–2025, designated syndicated conservation easements as "abusive tax transactions" and announced specific procedures and settlement offers (2024) [16]. This had a significant impact on tax benefits and valuation practices related to conservation easements. For example, a number of Tax Court, federal, and state court cases have involved disputes concerning the valuation, requirements, and appraisals of conservation easements. The Land Trust Alliance has also issued guidance on these matters [17].

In France, with regard to the legal foundations, new judicial approaches concerning servitudes under the Code civil (Article 637 and others) can be observed, with the Cour de cassation clarifying the scope and procedures for the transfer of servitudes through numerous decisions issued in 2023–2024 [18]. For example, the decision of 12 September 2024 and other decisions issued in 2024 provided important guidelines concerning the continuity of servitudes, non-use, and rights of passage. The availability of official legal texts on the Légifrance website is also recognized.

Under UK legislation, the Land Registration Act 2002 and Practice Guide 62 of HM Land Registry provide new provisions concerning registration and documentary requirements [19]. During the period from 2024 to 2025, HM Land Registry issued guidance aimed at facilitating the registration of easements in a more straightforward and appropriate manner. In Fearn v Tate (UKSC, 2023), the visual impact of looking into residential properties from the exhibition platform established by Tate was recognized as constituting a private nuisance. This introduced new approaches to relationships concerning property rights.

In Japan, the legal framework is regulated through the Japanese Civil Code and registration mechanisms. During the period from 2020 to 2024, the importance of documents indicating registration and ownership has further increased. Judicial practice pays particular attention to registration records and easement documents, and decisions issued under specific procedures are available through online court portals.

In Canada, a number of important appellate and provincial court decisions concerning easements were issued in 2023–2024. It can be observed that Reddick v. Robinson (ONCA 2024) was of significant importance in assessing the interpretation and scope of easements. The courts strictly examine the formal wording, registration, and history of an easement, with the important role of title and registration being recognized.

In Australia, state courts considered issues concerning prescriptive and lost grant easements in cases such as Valmorbida v. Les Denny [2023] VSC 680 (Victoria), Petrie v. Dickson [2024] NSWSC 972, and others [20]. It can be recognized that state registries and LRS practices are being updated. The registration requirements and procedures for creating easements differ among the states. Therefore, the need to consult a local lawyer or title agency is recognized.

Discussion. During the research, Internet sources related to easements were downloaded and analyzed to examine the specific features of their administration across different countries. The following table presents the types of easements implemented in

the practice of developed countries, their brief descriptions, and their legal sources (table 1).

1-table.

Description of Easement Types Based on the Experience of Developed Countries

No.	Country	Type of Easement	Brief Description	Huquqiy manba
1	USA	Conservation Easement	Restriction of Land Use for Environmental Purposes	U.S. Internal Revenue Code, §170(h)
2	USA	Solar Easement	Right to Prevent Obstruction of Sunlight	California Civil Code §801.5
3	USA	Access Easement	Right of Passage through Private Property	Common Law (Restatement of Property)
4	Europe	Light & Air Easement	Right to Prevent Obstruction of Light and Air to a Neighboring Building	German BGB §1010; French Civil Code Art. 691
5	Europe	Drainage Easement	Right to Drainage	Civil Codes of EU states
6	Europe	View Easement	Landscape Preservation and Restrictions on Construction	UK Planning Law; Italy Cultural Code
7	Japan	Emergency Access Easement	Right of Access for Evacuation in the Event of a Natural Disaster	Japanese Building Standards Law
8	Japan	Underground Easement	Use of Underground Utilities	Civil Code of Japan
9	Canada	Public Trail Easement	Public Walking Paths	Conservation Land Act (Ontario)
10	Canada	Agricultural Easement	Restriction on the Use of Agricultural Land	Alberta Land Stewardship Act
11	Canada	Wildlife Corridor Easement	Protection of Wildlife Corridors	Species at Risk Act (Canada)
12	USA/Australia	Noise Easement	Acceptance of Noise Near Airports	FAA Order 1050.1F; Environment Protection Act (AU)
13	Internation	Cultural or Heritage Easement	Protection of Cultural Heritage Sites	UNESCO World Heritage Convention

The above table provides information on the types of easements in different countries around the world, and it is necessary to compare them with the existing forms or potentially developing forms of easements under the legislation of Uzbekistan.

Conclusion/Recommendations. In the legislation of Uzbekistan, the concept of easement is covered in detail in the Land Code, the Civil Code, and laws related to urban planning [21,22]. However, these provisions are mainly focused on relatively simple and uncomplicated land easements, namely rights such as passage on foot or by vehicle and the installation of utility networks.

In Uzbekistan, the concept of an "ecological easement", i.e., a Conservation Easement, has not been established at the legislative level. Therefore, based on environmental protection regulations, such a mechanism could be introduced into the practice of the Republic. A Solar Easement, namely, an easement to prevent obstruction of sunlight for solar panels, is not currently regulated as an easement in Uzbekistan. Based on legislation concerning green energy sources, such rights could be developed in the future.

For the protection of agricultural land, instead of the type of easement known in Canada as an "Agricultural Easement", Uzbekistan has a mechanism for the targeted protection of land; however, it is not registered as an easement. In conclusion, it can be noted that the easement system in Uzbekistan is mainly applied in relatively simple and straightforward areas. It is considered appropriate to introduce into national legislation the types of easements found in international practice related to environmental protection, solar access, cultural heritage sites, and the protection of the natural environment, as well as other types of easements suitable for the conditions of Uzbekistan.

References

1. https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2002/9/contents - Land Registration Act 2002-2025 UK Public General Acts
2. https://conservationeasement.us/ National Conservation Easement Database | NCED
3. https://www.GESetze-im-internet.de/bgb/ 1090.html- - Bürgerliches GESetzbuch (BGB - Germany) § 1090 GESetzlicher Inhalt der beschränkten persönlichen Dienstbarkeit
4. https://wetten.overheid.nl/BWBR0005288/2023-05-01/0 - Burgerlijk Wetboek Boek 5 Titel 1. Eigendom in het algemeen.
5. https://japanpropertyresearch.com/en/guides/how-to-check-if-a-japanese-property-has-an-easement - Japan property research.
6. https://www.scc-csc.ca/home-accueil/ - SUPREME COURT OF CANADA.
7. https://www.landgate.wa.gov.au/land-and-property/land-transactions hub/land-transaction-policy-and-procedure-guides/land-titles/encumbrances-interests-and-limitations/eas-01-easements/ - EAS-01 Easements, Version 10 - 18/07/2025 Government of Western Australia.
8. https://www.lantmateriet.se/sv/fastighet-och-mark/tillgang-till-annans-fastighet/Servitut/ansok-om-inskrivning-eller-borttag-av-avtalsservitut/ - utility easements Sweden

9. https://www.courdecassation.fr/acces-rapide-judilibre - Cour de cassation, France.
10. https://www.ftbchambers.co.uk/news/blog-view/fearn-v-tate-2023-uksc-4-supreme-court-disagrees-about-nuisance-yet-again - Fearn v Tate [2023] UKSC 4: Supreme Court Disagrees About Nuisance Yet Again 08 February, 2023
11. Interpreting easement agreements appraisal uncertainty BY JOHN ShEVChUK LITIGATION COUNSEL, C.ARB, AACI(HON), RI Canadian Property Valuation | Évaluation immobilière au Canada, Volume 69 | Book 1| Tome 1| 2025.
12. https://www.scc-csc.ca/home-accueil/ - SUPREME COURT OF CANADA.
13. **https://www.honeslawyers.com.au/petrie-v-dickson-2024-nswsc-972/** -
14. Deering v Attard [2024] NSWSC 1604: When a Shared Driveway Does Not Become an Easement
15. https://www.lantmateriet.se/sv/fastighet-och-mark/tillgang-till-annans-fastighet/Servitut/ansok-om-inskrivning-eller-borttag-av-avtalsservitut/ - utility easements Sweden
16. https://www.irs.gov/newsroom/irs-establishes-office-of-conservation-easements-and-transitions-settlement-process - IRS establishes Office of Conservation Easements and transitions settlement process.
17. https://landtrustalliance.org/resources/learn/explore/monitoring-agricultural-land-easements#content - Monitoring Agricultural Land Easements Posted 2021
18. https://www.justice.gouv.fr/recherche?search_api_fulltext=servitude – Cour de Cassation
19. https://www.gov.uk/government/publications/hm-land-registry-annual-report-and-accounts-2024-to-2025 - HM Land Registry Annual Report and Accounts 2024 to 2025
20. Valmorbida v Les Denny Pty Ltd, Gorton J, Melbourne September 2023
21. O‘zbekiston Respublikasining Fuqarolik kodeksi. 173-modda.
22. O‘zbekiston Respublikasining Yer kodeksi. 30–30⁶-moddalar.

УДК 349.4:347.4

IMPROVING THE DEVELOPMENT OF PRIVATE EASEMENT AGREEMENTS

Rahmonov Jahongir Qosimjonovich – Independent Researcher at TIIAME National Research University, mailto:Jkrakhmonov@gmail.com

Annotatsiya

Maqolada O'zbekiston Respublikasida yer servitutini o'rnatish unga oid bitimlarni ishlab chiqish masalalari tadqiq qilingan. Yer va fuqarolik kodekslari asosida yer servituti tushunchasi, xususiy va ommaviy servitutlarning farqi yoritilgan hamda muallif tomonidan servitut shartnomasining namunaviy shakli va uni davlat ro'yxatidan o'tkazish tartibi tavsiya etilgan.

Tadqiqotlar natijasida servitutlar bitimlariga bo’lgan ehtiyoj aniqlangan.

Аннотация

В статье исследованы вопросы установления земельного сервитута в Республике Узбекистан и разработки соответствующих соглашений. На основе Земельного и Гражданского кодексов раскрыто понятие земельного сервитута, освещены различия между частными и публичными сервитутами, а также автором предложены типовая форма договора сервитута и порядок его государственной регистрации. В результате проведённых исследований выявлена необходимость в соглашениях о сервитутах.

Annotation

The article examines issues related to the establishment of land easements in the Republic of Uzbekistan and the development of relevant agreements. Based on the Land Code and Civil Code, the concept of a land easement is explained, and the differences between private and public easements are highlighted. The author also recommends a model form of an easement agreement and the procedure for its state registration. The study identified the need for easement agreements.

Analysis and results. When developing an agreement for the use of land plots on the basis of an easement, it is necessary to develop a model easement agreement based on the relevant provisions of the Land Code and the Civil Code, as well as by studying advanced foreign practices [1,2]. The theoretical, methodological, and practical aspects of introducing land easements in the Republic of Uzbekistan have not been sufficiently studied. However, the legal aspects of land easements have been studied relatively comprehensively. It is necessary to develop and implement land easements using individual categories of land as examples. The procedure for state registration of land easement agreements recommended by the author will contribute to saving time and land areas. Improving the methodological aspects of implementing this important practice constitutes the content of the article.

According to Article 30 of the Land Code of the Republic of Uzbekistan, the right to limited use of another person’s land plot (easement) is the right to make limited use of one or more adjacent land plots [1]. In accordance with an easement agreement, legal entities and individuals acquire the right to use another person’s land plot for certain purposes specified by law, that is, by agreement, for a specific period of time. An easement is applied only when a certain need or necessity arises between the subjects using the land. An easement can also be understood as the use of land plots owned, used, or leased by a landowner, land user, or tenant for purposes such as pedestrian passage, installation of electricity and communication lines, water conveyance, or other purposes.

Article 173 of the Civil Code of the Republic of Uzbekistan establishes the right to limited use of another person’s land plot (easement), and the content of this article corresponds to Article 30 of the Land Code. According to this provision, the establishment of an easement on a land plot does not deprive the owner of the land plot of the rights

to possess, use, and dispose of that land plot.

An easement is established in accordance with an agreement between the person requesting the establishment of a land easement and the owner of another land plot, and it must be registered in accordance with the procedure established for the registration of rights to real estate. For example, in the model agreement on the establishment of an easement, the landowner, referred to in the agreement as the "Owner," provides their surname, first name, patronymic, and passport details. The second party, namely the person in whose favor the easement is established, referred to in the agreement as the "Easement Holder," provides their surname, first name, patronymic, and passport details; together, the two parties are referred to as the "Parties." When formalizing this agreement on the easement, pursuant to Article 30 of the Land Code, the parties acquire the right to use another person's land plot for certain purposes and for a specific period of time, as established in the agreement on the limited use of another person's land plot (easement) [1].

In the agreement, the main focus is placed on the limited, rather than full, use of another person's land plot, as well as on preventing disputes between the two parties regarding the easement. If no agreement can be reached on the establishment of an easement or on its terms, the dispute shall be resolved by the court upon the claim of the person requesting the establishment of the easement. Unless otherwise provided by law, the owner of the land plot subject to the easement has the right to demand a proportionate payment from the person in whose favor the easement has been established for the use of the land plot. It follows from the content of the provisions governing easements that land plots belonging to all categories of the land fund may constitute the object of an easement. For example, there may also be a need to use reserve lands for the passage of water or for driving livestock through them.

It should be noted that the legislation of the CIS countries provides for the establishment of easements in relation to natural objects, such as forests and water bodies, as well as, where necessary, in relation to urban planning objects. For example, the legislation of the Russian Federation in the fields of forestry, water resources, and urban planning provides for the establishment of easements [3]. However, forests, water bodies, and buildings or structures cannot be considered separately from land, as these objects are located on land. Therefore, the terms "water easement" and "forest easement" used in the current legislation of the Russian Federation inherently imply the use of a specific land plot on the basis of an easement right.

During the years of independence, as a result of fundamental reforms implemented in the socio-economic, political, and legal spheres and the transition to a market economy, social relations concerning land have acquired a new character, and the legal status of the subjects of these relations has been improved. At the same time, their rights have been expanded, and opportunities have been created for introducing various forms of ownership and economic management in relation to land use.

Due to new socio-economic and legal changes, land, water, and other natural resources have now been introduced into civil circulation on a limited basis, and civil contracts concerning them, such as mortgages, pledges, inheritance, sale and purchase, leases, and easements, have also begun to be concluded.

The rights to a land plot arising from contracts and other transactions provided for by law, as well as from contracts and other transactions that are not expressly provided for by law but do not contradict it, including the right of easement, include, in particular, contracts of sale and purchase, exchange agreements, rental agreements, agreements for the transfer of residential property to another person under the condition of lifelong maintenance, inheritance under a will, as well as agreements involving a land plot or rights to a land plot, including the transfer of rights and obligations under a land lease agreement to another person.

As noted above, the legal status of an agreement on the establishment of an easement has not yet been sufficiently defined in legislation. As discussed above, the right to use land may also arise on the basis of an easement. The right to use land is applied only when a specific need or necessity arises between the subjects using the land.

As stated in Article 82 of the Land Code of the Republic of Uzbekistan, a public easement arises in accordance with the procedure established by law and represents public interests rather than the interests of a private individual [1]. A private easement, in turn, has the following characteristics: it is established in favor of a specific person; the purpose for which it is established is not of a permanent nature; it arises on the basis of an agreement; and it is subject to state registration.

In our opinion, the establishment of an easement through a law or other subordinate legal act that specifically provides for its establishment is a distinctive feature of the emergence of public easements and differs from the emergence of private easements.

Under an easement right arising pursuant to an agreement between the person or group of persons requesting the establishment of an easement and the possessor, user, lessee, or owner of another land plot, the person or group of persons requesting the establishment of the easement acts as one party, while the person holding the ownership right to the land plot in respect of which the easement is requested, or the user or lessee of that land plot, acts as the other party, and they reach a mutual easement agreement.

The emergence of public easements differs from private land easements in that they are established taking into account the needs of the community [4]. The rights of citizens and public organizations to participate in decision-making concerning such community needs are generally established in legislation based on the principle of participation of citizens and public organizations in resolving issues related to their rights [5,6]. However, the Land Code of the Republic of Uzbekistan does not establish the principle of adopting decisions concerning the determination of land-related rights of citizens and public organizations, including their participation in the establishment of

public easements, based on the rights of citizens and public organizations to participate in decision-making concerning community needs.

As noted above, easement agreements must be registered by the state. Private land easement agreements do not acquire legal effect until they have been duly registered by the state. It should also be recognized that, like other rights to land, the right to an easement over a land plot must be registered by the state in accordance with the procedure established by legislation.

Some sources emphasize that the legal basis for the procedure for citizens and public organizations to participate in decision-making concerning private land easements should be established by law or other regulatory and technical documents [7,8]. However, it should be taken into account that the legal basis for the procedure for the participation of citizens and representatives of public organizations is not fully established in the legislation. The competent authority responsible for establishing a public land easement may take into consideration the views of citizens and public organizations regarding the establishment of the easement [9,10]. The establishment or determination of easements is mainly carried out through administrative procedures [11,12]. This situation arises primarily during the privatization of land plots, whereby the new owner of the land plot is obliged to permit, among other things, the passage of electricity networks through the land plot.

Model form of an agreement on the establishment of a private land easement for part of a land plot

year. [*to fill in the required information*]
[date**,** *month, year*]

The full name and passport details of the landowner granting the easement, hereinafter referred to in the Agreement as the "Owner" (for individuals) / the full legal name, full name and position of the manager, document confirming the manager's authority, and certificate of state registration (for legal entities), on the one hand, and the full name and passport details of the persons in whose favor the easement is established, hereinafter referred to in the Agreement as the "Easement Holder" (for individuals) / the full legal name, full name and position of the manager, document confirming the manager's authority, and certificate of state registration (for legal entities), on the other hand, jointly hereinafter referred to as the "Parties," have entered into this Agreement as follows:

1. Subject of the agreement

1.1. The Owner grants the Easement Holder the right to make limited use of a portion of the land plot belonging to the Owner, with cadastral number [*insert required information*], designated for [*designated purpose*], and located at [*insert required information*].

1.2. An easement is established over the land plot of the Easement Holder for the purpose of [*pedestrian and vehicular passage from the adjacent land plot, installation and operation of electricity transmission, communication and pipeline networks, water supply and land reclamation, as well as other needs of the person in whose favor the easement is established that cannot be satisfied without establishing an easement*], and is located at [*insert required information*]. The area subject to the easement is [*insert required information*].

1.3. The cadastral passport of the land plot on which the easement is located (or the cadastral extract concerning the land plot containing information entered into the state real estate cadastre regarding the part of the land plot on which the easement is located) shall be attached to this Agreement and shall constitute an integral part thereof.

1.4. The specified land plot belongs to the Owner on the basis of [*legal document*] No. [*value*] dated [*day, month, year*], as confirmed by the certificate of ownership, series [*value*], No. [*value*], registered by [*name of the issuing authority*] on [*day, month, year*].

1.5. The Easement Holder's right to the land is established by [*legal document*] No. [*value*] dated [*day, month, year*], as confirmed by the certificate of rights, series [*value*], No. [*value*], registered by [*name of the issuing authority*] on [*day, month, year*].

1.6. The right to limited use of a portion of the land plot includes [*insert required information*].

2. Payments for the land easement and the procedure for making such payments.

2.1. The payment for the limited right to use a portion of the land plot shall amount to [*insert required information*].

2.2. The specified payment [*includes/does not include*] the cost of maintaining the relevant portion of the land plot in proper condition, taking into account its designated purpose, and compensation [*shall not be/is*] charged in accordance with the amount specified in the statement on maintaining the land plot in proper condition.

2.3. The specified payment shall be made by the Easement Holder to the Owner by [*specify the form of payment in accordance with the procedure established by civil legislation*] within [*specify the payment period*].

3. Rights and obligations of the owner

3.1. Obligations of the owner:

3.1.1. To take all necessary measures to register the easement over the land plot in accordance with the procedure established by law, including submitting the necessary title and other documents;

3.1.2. To provide the Easement Holder with unobstructed use of the designated part of the land plot for the purposes specified in this Agreement, within [*insert required information*] from the date of state registration;

3.1.3. Not to interfere with the activities of the Easement Holder, provided that such activities are carried out in accordance with the terms of this Agreement;

3.1.4. [*Other obligations*].

3.2. Rights of the owner:

3.2.1. To monitor whether the part of the land plot provided for limited use is being used for its designated purpose;

3.2.2. To demand termination of the easement upon the disappearance of the grounds specified in the land easement agreement;

3.2.3. To demand, through judicial proceedings, termination of the easement where, as a result of the establishment of the easement, an object belonging to the Owner has lost its ability to be used for its intended purpose;

3.2.4. If the exercise of the Easement Holder's rights is contrary to the terms of this Agreement, causes damage to the rights of the Owner, or results in deterioration of the quality characteristics of the land plot or harm to its environmental condition through the exercise of the rights granted to the Easement Holder, to promptly seek termination of this Agreement through judicial proceedings;

3.2.5. [*Other rights*].

3.3. Part of the land plot subject to the land easement.

4. Rights and obligations of the easement holder

4.1. Obligations of the easement holder:

4.1.1. To take all necessary measures to register the easement over the land plot in accordance with the procedure established by law;

4.1.2. To use the land plot in accordance with the purpose and terms of the easement;

4.1.3. Not to violate the rights of other land users or the established procedure for the use of natural resources;

4.1.4. Not to engage in activities that may deteriorate the quality characteristics of the land or its environmental condition;

4.1.5. To perform the obligations specified in this Agreement, provided for by law, and required by the circumstances;

4.1.6. To make, without delay, the payments for the limited right to use the part of the land plot specified in the Agreement;

4.1.7. [*Other obligations*];

4.2. Rights of the Easement Holder:

4.2.1. To extend this Agreement on the terms agreed upon by the Parties by submitting a written application to the Owner [*value*] days before the expiration of the term of the land easement agreement;

4.2.2. [*Other rights*].

5. Term of the land easement

5.1. This Agreement is concluded by the Parties for a period of [*insert required information*];

5.2. The land easement agreement shall enter into force upon its registration in the Unified State Register of Rights.

6. Obligations of the parties

6.1. If either Party fails to properly perform its obligations under this Agreement and is found to be at fault in accordance with the terms of the Agreement, such Party shall be held liable;

6.2. If payments are delayed beyond the period specified in this Agreement, the Easement Holder shall be obligated to pay interest at the rate of [*value*]% for each day of delay in making the relevant payment;

6.3. If the Owner fails to perform its obligations in accordance with the terms of this Agreement and fails to provide the Easement Holder with the opportunity to use the easement located on the land plot belonging to the Owner, the Owner shall be obligated to compensate the Easement Holder for the losses incurred as a result of the inability to use the easement.

7. Dispute resolution procedure

7**7.1.** The Parties shall take all necessary measures to resolve any disputes that may arise and shall seek to settle disagreements through negotiations;

7.2. If the Parties fail to reach a mutual agreement, the disputes shall be resolved through judicial proceedings in accordance with the legislation of the Republic of Uzbekistan.

8. Final provisions

8.1. The terms of the land easement shall remain in effect even if ownership of the land plot is transferred to another person.

8.2. The limited right to use a portion of the land plot shall be subject to registration in the Unified State Register of Rights.

8.3. The Easement Holder shall bear the costs associated with the execution of this Agreement and the registration of the land easement.

8.4. Any amendments and additions to this Agreement shall be made in writing and signed by the Parties.

8.5. All supplementary agreements shall be attached to this Agreement and shall constitute an integral part thereof.

8.6. This Agreement is executed in three copies, one of which shall be kept in the records of [*name of the registering organization*] at [*address*]. The remaining two copies shall be provided to the Owner and the Easement Holder.

8.7. In matters not provided for in this Agreement, the Parties shall act in accordance with the applicable legislation.

9. Details and signatures of the parties

Owner [*insert required information*] [*insert required information*]

Note: The private land easement agreement may be formalized with partial modifications based on the actual conditions at the site..

It should also be emphasized that a significant proportion of easements established through administrative procedures are public easements. The purpose of establishing public easements should be understood as meeting the needs of the public, including the needs of the state, self-governing bodies, and the local population.

Discussion. Studies and pilot experiments conducted in the Urta Chirchiq district of Tashkent Region show that one land easement agreement can be concluded for every two land plots. Accordingly, there is a need to conclude an average of 16,500 land

easement agreements in one district, 45,000 in the region, and 11.5 million land easement agreements throughout the Republic. At present, however, this process has only been studied from a legal perspective.

As noted above, the study of practice indicates that the state registration of land easements is rarely encountered in the activities of state cadastral authorities. In most cases, land easements are implemented without registration. At the same time, the principle of participation of citizens and public organizations in decision-making concerning the establishment of land-related rights serves to create a legal basis for the participation of citizens and public organizations in decision-making concerning the establishment of public land easements. This, in turn, serves as a legal mechanism for ensuring the active participation of citizens and public organizations in the process of making such decisions.

Conclusion/Recommendations. Thus, at present, there are shortcomings in the legislation on land and in the field of the state land cadastre concerning the introduction and regulation of land easements throughout the Republic. Therefore, relations associated with the state registration of land easements should have appropriate legal, technical, and engineering solutions. In our opinion, the development of land easements in the Republic in a technically and legally comprehensive manner and their practical implementation are currently not at a satisfactory level. Therefore, these issues require comprehensive research from theoretical, legal, methodological, and technical perspectives.

Considering that the fields of land management and land cadastre study the legal, organizational, and technical aspects of this problem, it can be observed that the practical implementation of land easements by land users can produce significant positive results, particularly by increasing opportunities for more efficient use of land per unit area.

References

1. Land Code of the Republic of Uzbekistan. Bulletin of the Oliy Majlis of the Republic of Uzbekistan, 1998, Issues 5–6. https://lex.uz/law_collection/2026
2. Civil Code of the Republic of Uzbekistan. Bulletin of the Oliy Majlis of the Republic of Uzbekistan, 1998. https://lex.uz/docs/-111189
3. Land Code of the Russian Federation - http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody&nd=102073184
4. Law No. O‘RQ-803 of the Republic of Uzbekistan “On State Registration of Rights to Immovable Property.” https://lex.uz/docs/-6297080
5. Abdusamadova Z.Sh. *The History of the Formation of Land Servitude in the Central Asian Region*. TSUL Legal Report, 2025. https://legalreport.tsul.uz/index.php/legalreport/article/view/74
6. Abdusamadova Z.Sh. *Legal Regulation, Practice, and Systematic Analysis of Land Servitude in the Legislation of Uzbekistan and CIS Countries*. TSUL Legal Report, 2026.

https://www.researchgate.net/publication/403699001_LEGAL_REGULATION_PRACTICE_AND_SYSTEMATIC_ANALYSIS_OF_LAND_SERVITUDE_IN_THE_LEGISLATION_OF_UZBEKISTAN_AND_CIS_COUNTRIES
7. Meiller É. *Contribution à la théorie de la servitude*. Thèse. https://theses.fr/2009LYO31022
8. Meiller É. *La notion de servitude*. LGDJ, 2012. https://www.lgdj.fr/la-notion-de-servitude-9782275038117.html
9. Lange N. *Die Ausübung der Grunddienstbarkeit nach der Teilung des herrschenden Grundstücks*. Peter Lang, 2018. https://www.peterlang.com/document/1110632
10. Hufschmid S. *Die rechtsgeschäftliche Änderung einer Dienstbarkeit*. Stämpfli Verlag, 2026. https://www.schulthess.com/de/detail/ISBN-9783727228087/Hufschmid-Selina/Die-rechtsgeschaeftliche-Aenderung-einer-Dienstbarkeit?srsltid=AU7gw4U9CM5J6XG6SI44aLNzhK-n6Wl3NOPF2Sx3QKh6UyS2lsuMedKn
11. Tománek D. *Služebnosti (Easements)*. Charles University, 2020. https://www.researchgate.net/publication/317988153_Landowner_Attitudes_Toward_Conservation_Easements_Balancing_the_Private_and_Public_Interest_in_Land
12. Waite A.J. *Easements: Positive Duties on the Servient Owner?* The Cambridge Law Journal, 1985. https://www.jstor.org/stable/4506786
13. Gordley J. *Foundations of Private Law: Property, Tort, Contract, Unjust Enrichment*. Oxford University Press, 2006. https://archive.org/details/foundationsofpri0000gord

UDK: 551.48(551.482)

QOR VA YOMG'IR SUVLARI HISOBIGA YER OSTI SUVLARINI TO'LDIRISHDA G'OVAKLI ASFALT TEXNOLOGIYASINING IMKONIYATLARI

Xamidova Rayxona Maxmudovna *- Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti talabasi raykhonaxamidova@gmail.com*

G‘aniyev Shaxob Rabimkulovich *- Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti dotsenti, PhD orcid id: 0000-0003-2316-6137, shaxobganiyev88@gmail.com*

Annotatsiya. Iqlim o‘zgaruvchanligi sharoitida yomg‘ir va qor suvlaridan oqilona foydalanish, ularni to‘g‘ri yo‘naltirish dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Ushbu maqolada shahar va qishloq

hududlarini suv bosishining oldini olish, yer osti suvlari zaxirasini ekologik toza usulda to‘ldirish imkonini beruvchi zamonaviy texnologiya - g‘ovakli (suv o‘tkazuvchan) asfalt tahlil qilingan. Texnologiyaning tuzilishi, ishlash prinsipi, gidrologik, iqlimiy va ekologik afzalliklari, shuningdek kamchiliklari va ularni bitum tarkibini polimer hamda nanomateriallar bilan modifikatsiyalash orqali bartaraf etish yo‘llari xorijiy ilmiy manbalar asosida yoritilgan. Tahlil natijalari ushbu texnologiyaning yer osti suvlarini tabiiy tarzda boyitish va kelajak avlodlar uchun toza suv resurslarini saqlab qolishdagi ahamiyatini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: iqlim, qor, yomg‘ir, texnologiya, yer osti suvlari, shahar, qishloq, g‘ovakli asfalt, yo‘llar.

Аннотация. В условиях изменчивости климата рациональное использование дождевых и талых вод, а также их правильное направление является одной из актуальных проблем. В данной статье проанализирована современная технология — пористый (водопроницаемый) асфальт, позволяющая предотвращать подтопление городских и сельских территорий и экологически безопасным способом пополнять запасы подземных вод. На основе зарубежных научных источников рассмотрены структура технологии, принцип её действия, гидрологические, климатические и экологические преимущества, а также недостатки и пути их устранения посредством модификации состава битума полимерами и наноматериалами. Результаты анализа показывают значимость данной технологии для естественного пополнения подземных вод и сохранения чистых водных ресурсов для будущих поколений.

Ключевые слова: климат, снег, дождь, технология, подземные воды, город, сельская местность, пористый асфальт, дороги.

Abstract. Under conditions of climate variability, the rational use of rainwater and snowmelt, as well as their proper management and direction, is one of the pressing environmental challenges. This article analyzes a modern technology—porous (permeable) asphalt—which can help prevent flooding in urban and rural areas and replenish groundwater reserves in an environmentally friendly manner. Based on international scientific sources, the structure and operating principles of this technology, its hydrological, climatic, and environmental advantages, as well as its limitations and possible solutions through the modification of bitumen with polymers and nanomaterials are examined. The results of the analysis demonstrate the importance of this technology for naturally recharging groundwater and preserving clean water resources for future generations.

Keywords: climate, snow, rain, technology, groundwater, urban areas, rural areas, porous asphalt, roads.

KIRISH

O‘zbekiston iqlimi keskin kontinental bo‘lib, qishda sovuq va yozda issiq havo sharoitlari suv resurslaridan oqilona foydalanish masalasini dolzarb qilib qo‘ymoqda. Aholi sonining tez sur'atlarda o‘sishi yangi shahar va turar-joy massivlarining barpo etilishiga zamin yaratmoqda, biroq shaharsozlikda suv resurslari inobatga olinmasdan olib borilayotgan qurilishlar sel va toshqin davrida ko‘cha hamda uylarning suv bosishiga sabab bo‘lmoqda.

Yo‘l infratuzilmasi insoniyat taraqqiyotida muhim o‘rin egallaydi va turmush darajasini yaxshilashda beqiyos hissa qo‘shadi; avtomobil yo‘llari o‘zining qulayligi tufayli eng ko‘p foydalaniladigan infratuzilma turlaridan biri hisoblanadi (Quyen, 2025). An'anaviy asfalt qoplamalari suv o‘tkazmasligi sababli yomg‘ir va qor suvlarini yer yuzasida ushlab qoladi yoki kanalizatsiya tizimlariga yo‘naltiradi, natijada yer osti suvlarining tabiiy to‘lishi cheklanadi. Ushbu muammoga muqobil yechim sifatida so‘nggi o‘n yilliklarda dunyo miqyosida g‘ovakli (suv o‘tkazuvchan) asfalt texnologiyasi keng qo‘llanilmoqda.

Tadqiqotning maqsadi — g‘ovakli asfalt texnologiyasining tuzilishi, ishlash prinsipi, gidrologik-iqlimiy va ekologik afzalliklarini, shuningdek uning kamchiliklari hamda ularni bartaraf etish usullarini xorijiy ilmiy adabiyotlar tahlili asosida yoritishdan iborat.

Tadqiqot vazifalari quyidagilardan iborat:

1. g‘ovakli asfaltning turlari va qatlamli tuzilishini tavsiflash;
2. uning gidrologik, iqlimiy va ekologik afzalliklarini aniqlash;
3. texnologiyadan foydalanayotgan xorijiy davlatlar tajribasini umumlashtirish;
4. mavjud kamchiliklarni va ularni bitum modifikatsiyasi orqali bartaraf etish yo‘llarini tahlil qilish.

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqot 2013–2025-yillarda chop etilgan xalqaro ilmiy jurnallardagi (Transportation Research Record, Materials, Water SA, RILEM Technical Letters va boshqalar) maqolalar, monografik manbalar hamda me'yoriy-texnik hujjatlarni tizimli sharh (systematic literature review) va qiyosiy tahlil usullari yordamida o‘rganishga asoslangan. Manbalarni tanlashda g‘ovakli asfaltning gidrologik samaradorligi, ekologik ta’siri va ekspluatatsion muammolariga bag‘ishlangan tadqiqotlarga ustuvorlik berildi.

Natijalar va muhokama. G‘ovakli asfaltning turlari va qatlamli tuzilishi: Qor va yomg‘ir suvlarini o‘ziga shimib, yer ostiga o‘tkazuvchi suv o‘tkazuvchan qoplamalarning uchta asosiy turi mavjud: g‘ovakli beton (Pervious Concrete, PC), o‘zaro jipslashuvchi suv o‘tkazuvchan beton plitalar (Permeable Interlocking Concrete Pavement, PICP) va ulardan eng keng tarqalgani — g‘ovakli asfalt (Porous Asphalt, PA) (Selbig & Buer, 2018).

G‘ovakli asfalt odatda an'anaviy iliq aralashmali (WMA) yoki issiq aralashmali asfalt (HMA) asosida tayyorlanadi, biroq tarkibidagi mayda zarrachalar (qum va kukun) miqdori sezilarli darajada kamaytirilgan bo‘ladi. Natijada o‘zaro bog‘langan bo‘shliqlardan iborat ochiq granulometrik aralashma hosil bo‘ladi, uning bo‘shliq hajmi 10–25% ni tashkil etadi; standart asfaltda esa bu ko‘rsatkich 2–3% dan oshmaydi va bo‘shliqlar o‘zaro bog‘lanmagan bo‘ladi (Xxyyzz, 2015). Aralashma uchun qattiq, qirrali va chidamli maydalangan tosh eng maqbul material hisoblanadi — bunday zarrachalar bitum yordamida bir-biri bilan yaxshi tutashib, 16–22% gacha g‘ovaklik hosil qiladi (Porous Asphalt Mixtures Enriched with Bamboo Fibers, n.d.).

1-jadval

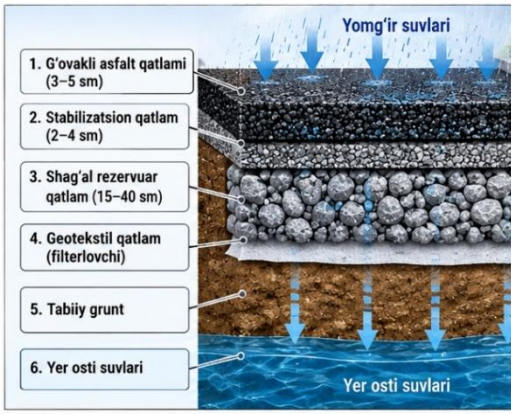
Suv o‘tkazuvchan qoplama besh qatlamdan iborat drenaj tizimi asosida ishlaydi

	Qatlam	Vazifasi
	Yuqori (suv o‘tkazuvchi asfalt) qatlam	G‘ovak tuzilishga ega bo‘lib, yomg‘ir va qor suvlarini pastga o‘tkazadi; transport harakatiga chidamli.
	Bog‘lovchi (tekislovchi) qatlam	Yuqori va pastki qatlamlarni birlashtiradi, yuklamani bir tekis taqsimlaydi.
	Shag‘al (filtrlovchi) qatlam	Yirik tosh va shag‘aldan iborat; suvni vaqtincha yig‘ib, tuproqqa sekin singdiradi.
	Qum (mayda filtrlovchi) qatlam	Tuproqning yuvilib ketishining oldini oladi, suvni tabiiy filtrlaydi.
	Tabiiy tuproq qatlami	Suv shu qatlam orqali o‘tib, yer osti suvlarini to‘ldiradi.

Bunday tuzilma tufayli oddiy asfaltdan farqli o‘laroq — u sirtida ko‘lmak hosil qilib, suvni ichkariga o‘tkazmaydi — g‘ovakli asfalt yer osti suvlarini ekologik toza va tezkor tarzda boyitadi.

G‘ovakli asfaltning 15–25% gacha bo‘shliq hajmi (Sonebi et al., 2016) tufayli u suvni oddiy asfaltga nisbatan ancha tez yer ostiga o‘tkazadi va yuza suv oqimini sezilarli darajada kamaytiradi (Drake et al., 2013). Kuchli tiqilib qolish holatlarida ham qoplama soatiga kamida 25–50 litr/m² suv o‘tkazish qobiliyatini saqlab qoladi — bu ko‘rsatkich eng kuchli yomg‘ir-sel yog‘inlari hajmidan ham yuqori.

Qishda erigan qor yoki yomg‘ir suvi yo‘l yuzasida qolib ketmasdan darhol pastga shimiladi, natijada tunda havo haroratining pasayishi bilan yuzada xavfli muzlamalar hosil bo‘lmaydi (Zhang & Kevern, 2021). Yozda esa qoplama tarkibidagi havo bo‘shliqlari va tuproq namligi hisobiga issiqlikni kamroq yutadi, bu esa "shahar issiqlik oroli" (urban heat island) samarasini yumshatishga xizmat qiladi (Li et al., 2013).



1-rasm — g‘ovakli asfalt qoplamasining konstruktiv tuzilishi va suv infiltratsiyasi.



2-rasm — an’anaviy va g‘ovakli asfaltning yog‘in suvlari harakati bo‘yicha taqqoslanishi.

Ekologik afzalliklari: Suv asfalt g‘ovaklari va ostidagi shag‘al qatlamidan o‘tayotganda avtomobillardan tushgan moy va boshqa zararli kimyoviy moddalardan tozalanib, yer osti suvlariga toza holatda qo‘shiladi. Yo‘l yuzasidan oqib chiquvchi suv tarkibidagi eng zararli og‘ir metallar — rux (Zn), mis (Cu), qo‘rg‘oshin (Pb) va kadmiy (Cd) hisoblanadi. G‘ovakli qoplamalar va maxsus chok to‘ldiruvchi materiallar yordamida ushbu moddalarning 70–90% gacha qismi ushlab qolinishi mumkin (Zhao & Zhao, 2014), bu esa yer osti suvlarini ifloslanishdan asraydi va yomg‘ir suvlarining kanalizatsiya tizimlarini haddan tashqari yuklashining oldini oladi.

2-jadval

Xorijiy davlatlar tajribasi: Turli mamlakatlarda g‘ovakli asfalt texnologiyasidan foydalanish ko‘lami va maqsadlari

Davlat	Qo‘llanish xususiyati
Niderlandiya	Texnologiyani eng ko‘p qo‘llovchi davlat; tezkor magistral yo‘llarning ~20% i g‘ovakli asfalt bilan qoplangan (Noort, 1994).
AQSH	Suv boshqaruvi bo‘yicha qat'iy qonunchilik tufayli avtoturargohlar, piyodalar yo‘laklari va shahar ichki yo‘llarida keng qo‘llaniladi.
Germaniya	Yer osti suvlarini tabiiy to‘ldirish maqsadida shahar infratuzilmasida majburiy standartlar asosida qo‘llaniladi.
Yaponiya	1987-yildan buyon shahar iqlimini yaxshilash va tayfun paytida suv to‘planishining oldini olish uchun ommaviy joriy etilgan (Mix Design and Application of Porous Asphalt Pavement Using Japanese Technology, n.d.).
Fransiya, Italiya	Tezyurar yo‘llarda suv sachrashi va shovqinni kamaytirish, yer osti suvlarini tabiiy yo‘l bilan to‘ldirish maqsadida qo‘llaniladi.
Xitoy	"Shahar-gubka" davlat dasturi doirasida barcha yangi shaharlarda majburiy qo‘llaniladi.

Kamchiliklari va cheklovlari: G‘ovakli asfaltning asosiy kamchiligi — yo‘l changi va mayda zarrachalar hisobiga vaqt o‘tishi bilan uning suv o‘tkazuvchanlik qobiliyati pasayib borishidir (kolmatatsiya). Bu muammo qoplamani 3–5 yilda bir marta yuqori bosimli yuvish texnikasi va sanoat changyutgichlari (vacuum sweeping) yordamida tozalash orqali bartaraf etiladi, bu esa qoplama funksiyasini deyarli cheksiz muddatga tiklaydi (Sousa et al., 2024).

Yuqori g‘ovaklik (15–25%) materialning ichki zichligini pasaytiradi, shu sababli bunday qoplamalarni og‘ir yuk mashinalari harakatlanadigan magistral yo‘llarda qo‘llash tavsiya etilmaydi. Bundan tashqari, suvning doimiy ravishda asfalt g‘ovaklari orqali o‘tishi bitum va tosh zarrachalari o‘rtasidagi bog‘lanishni asta-sekin kuchsizlantiradi — bu hodisa "namlik shikasti" (moisture damage) deb ataladi (Amanda et al., 2025).

Bitum tarkibini polimerlar va nanomateriallar bilan modifikatsiyalash g‘ovakli asfaltning asosiy kamchiliklarini sezilarli darajada kamaytirish imkonini beradi (Huang et al., 2021).

3-jadval

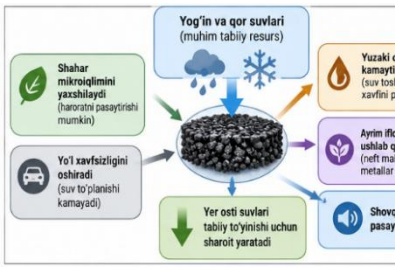
Asosiy modifikatorlar va ularning ta’siri umumlashtirilgan

Modifikator	Ta’sir mexanizmi
SBS (stirol-butadien-stirol)	Bitumning qayishqoqligini oshiradi, g‘ildiraklar ostida cho‘kish (koleya) va charchoqdan yorilishni kamaytiradi (Huang et al., 2021).
SBR va EVA polimerlari	Bitumning yopishqoqligini yaxshilab, tosh zarrachalarining ajralib chiqishi (ravelling) oldini oladi (Amanda et al., 2025).
Nanokremniy dioksidi (2–4%)	Bitum qovushqoqligini oshirib, yuvilib ketishini kamaytiradi va xizmat muddatini uzaytiradi (Enieb & Diab, 2016).
Nano gil (nano-clay)	Ultrabinafsha nurlar va havo ta'sirida bitumning tez qarishi (qotib murt bo‘lishi) jarayonini sekinlashtiradi (Yi et al., 2025).
Gidrofob nano-qoplamalar	Bo‘shliq devorlariga suv va loy-changning yopishib qolishini kamaytiradi (Segundo et al., 2021).

Ta’kidlash joizki, nanomateriallar qo‘llashning uzoq muddatli iqtisodiy samaradorligi va mahalliy sharoitlarga moslashtirilishi bo‘yicha qo‘shimcha tadqiqotlar talab etiladi.



3-rasm — avtoturargoh misolida suvning yer osti suvlariga infiltratsiyasi.



4-rasm — g‘ovakli asfaltning ekologik va amaliy afzalliklari.

Xulosa. O‘tkazilgan tahlil shuni ko‘rsatadiki, g‘ovakli asfalt global iqlim o‘zgaruvchanligi sharoitida yomg‘ir va qor suvlaridan oqilona foydalanish, shahar hamda qishloq hududlarini suv bosishidan asrash va yer osti suvlari zaxirasini ekologik toza tarzda to‘ldirishning samarali yechimlaridan biri hisoblanadi.

Texnologiyaning asosiy afzalliklari — yo‘l yuzasida suv to‘planmasligi va shinalarning suv ustida sirpanish (aquaplaning) xavfining yo‘qolishi, qishda ko‘rinmas muzlamalar hosil bo‘lmasligi (Zhang & Kevern, 2021), atrof-muhitni salqin ushlab turishi hamda og‘ir metallarni 70–90% gacha ushlab qolib yer osti suvlarini ifloslanishdan asrashidan iborat.

AQShning Massachusets shtatidagi Uolden Pond (Walden Pond) davlat qo‘riqxonasida 1977-yilda o‘rnatilgan g‘ovakli asfaltli avtoturargoh 45 yildan ortiq vaqt davomida hech qanday to‘liq ta'mirlashsiz ishlab kelmoqda (MacDonald, 2006) — bu esa suv o‘tkazuvchan qoplamalarning drenaj oqimi hisobiga tezroq eskirishi

haqidagi farazni shubha ostiga qo‘yadi. Bunday uzoq xizmat muddati qoplamaning muzlash-erish tsiklidan kam zarar ko‘rishi bilan izohlanadi, chunki suv yuzada to‘planib qoplamani yorish o‘rniga bevosita ichkariga singib ketadi.

Shu bilan birga, texnologiyaning kolmatatsiyaga moyilligi va og‘ir transport yuklamasiga chidamsizligi kabi cheklovlari mavjud bo‘lib, ular davriy texnik xizmat ko‘rsatish hamda bitumni polimer va nanomateriallar bilan modifikatsiyalash orqali muvaffaqiyatli bartaraf etilmoqda. O‘zbekiston sharoitida, xususan yangi qurilayotgan shahar va turar-joy massivlarida ushbu texnologiyani joriy etish sel-toshqin xavfini kamaytirish va yer osti suvlari zaxirasini boyitishning istiqbolli yo‘nalishlaridan biri bo‘lishi mumkin. Bu borada mahalliy iqlim va yo‘l qurilishi materiallariga moslashtirilgan tajriba-sinov tadqiqotlarini o‘tkazish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Xamidov M. X., Suvanov, B. U., & Isaboev, K. T. Sug‘orish melioratsiyasi.
2. Dierkes, C., & Lucke, T. Pollution Retention Capability and Maintenance of Permeable Pavements.
3. Alshaikh, R. Z., Abdulmunem, S. A., & Alkinani, A. S. (2023). A Review on Urban Planning and Its Role in Managing Flood Risks. Urban Planning and Construction, 1(1), 1–8. https://doi.org/10.55121/upc.v1i1.104
4. Amanda, M. T., Mauliana, R., Rahman, T., & Suparma, L. B. (2025). Evaluating the performance of porous asphalt mixtures with polymer-modified and unmodified bitumen. Discover Civil Engineering, 2(1). https://doi.org/10.1007/s44290-025-00196-x
5. Drake, J., Bradford, A., & Maršálek, J. (2013). Review of environmental performance of permeable pavement systems: state of the knowledge. Water Quality Research Journal, 48(3), 203–222. https://doi.org/10.2166/wqrjc.2013.055
6. Enieb, M., & Diab, A. (2016). Characteristics of asphalt binder and mixture containing nanosilica. International Journal of Pavement Research and Technology, 10(2), 148–157. https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2016.11.009
7. Huang, W., Liu, X., Zhang, S., Zheng, Y., Ding, Q.-L., & Tong, B. (2021). Performance-Guided Design of Permeable Asphalt Concrete with Modified Asphalt Binder Using Crumb Rubber and SBS Modifier for Sponge Cities. Materials, 14(5), 1266. https://doi.org/10.3390/ma14051266
8. Kim, K., Riley, S., Yamashita, E., Marasco, D., & Webster, L. (2023). Promoting Porosity: Adaptation of Urban Roadways for Flooding and Climate Change. Transportation Research Record, 2678(7), 549–562. https://doi.org/10.1177/03611981231208188
9. Li, H., Harvey, J., & Jones, D. (2013). Cooling Effect of Permeable Asphalt Pavement under Dry and Wet Conditions. Transportation Research Record, 2372(1), 97–107. https://doi.org/10.3141/2372-11

10. MacDonald, C. (2006). Porous Pavements Working in Northern Climates. HMAT: Hot Mix Asphalt Technology, 11(4). https://trid.trb.org/view/783174
11. Mix design and application of porous asphalt pavement using Japanese technology. (n.d.). https://doi.org/10.1088/1757-899x/512/1/012026
12. Noort M. (1994). Winter Maintenance on Porous Asphalt. 16. https://trid.trb.org/view/390425
13. Porous Asphalt Mixtures Enriched with Bamboo Fibers as a New Approach for Future Sustainable Construction. (n.d.). https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3176089/v1
14. Quyen N. D. (2025). Building Road Infrastructure Under Public-Private Partnership Method in the World – Some Proposals in Vietnam. Journal of Information Systems Engineering & Management, 10, 588–592. https://doi.org/10.52783/jisem.v10i31s.5113
15. Segundo, I. R., Freitas, E. F., Branco, V. T. F. C., Landi, S., Costa, M. F. M., & Carneiro J. (2021). Review and analysis of advances in functionalized, smart, and multifunctional asphalt mixtures. RepositóriUM, 151, 111552. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111552
16. Selbig, W. R., & Buer, N. H. (2018). Hydraulic, water-quality, and temperature performance of three types of permeable pavement under high sediment loading conditions. Scientific Investigations Report. https://doi.org/10.3133/sir20185037
17. Sonebi M., Bassuoni, M. T., & Yahia, A. (2016). Pervious Concrete: Mix Design, Properties and Applications. RILEM Technical Letters, 1, 109–115. https://doi.org/10.21809/rilemtechlett.2016.24
18. Sousa M. G., Dinis-Almeida, M., Fael, C., & Bentes, I. (2024). Permeable Asphalt Pavements (PAP): Benefits, Clogging Factors and Methods for Evaluation and Maintenance – A Review. Materials, 17(24), 6063. https://doi.org/10.3390/ma17246063
19. Yi, Q., Zhang, Z., Tan, S., Peng, C., & Rong, H. (2025). Study of the modification mechanism and high-temperature rheological properties of OMMT/SBS-modified asphalt. Frontiers in Materials, 12. https://doi.org/10.3389/fmats.2025.1681616
20. Zhang, K., & Kevern, J. T. (2021). Review of porous asphalt pavements in cold regions: the state of practice and case study repository in design, construction, and maintenance. Journal of Infrastructure Preservation and Resilience, 2(1). https://doi.org/10.1186/s43065-021-00017-2
21. Zhao, Y., & Zhao, C. (2014). Lead and zinc removal with storage period in porous asphalt pavement. Water SA, 40(1), 65. https://doi.org/10.4314/wsa.v40i1.8

УДК 631.459:633.2:502.5(575.15)

YAKKABOG‘ TUMANI TOG‘OLDI MINTAQASIDA TUPROQ EROZIYASI VA YAYLOV DEGRADATSIYASI

Sultonov Shuxrat Adxamovich *- Shahrisabz davlat pedagogika instituti dotsenti, O‘zbekiston, Shahrisabz shahri, E-mail: sultonovshuxrat87@gmail.com*

Suyunova Irodaxon Abdimannon qizi *- Shahrisabz davlat pedagogika instituti talabasi, O‘zbekiston, Shahrisabz shahri*

Ulashova Laylo Toxir qizi *- Shahrisabz davlat pedagogika instituti talabasi O‘zbekiston, Shahrisabz shahri*

Annotatsiya. *Maqolada Yakkabog‘ tumani tog‘oldi (adir) mintaqasida tuproq eroziyasi va yaylov degradatsiyasining tabiiy va antropogen omillari so‘nggi yillardagi ilmiy tadqiqotlar asosida tahlil qilinadi. Past adirlar, baland adirlar va tog‘ etaklari bo‘yicha eroziya turlari, yaylovlar holati va degradatsiya belgilari qiyoslanib, ushbu jarayonlarni kamaytirish bo‘yicha tavsiyalar beriladi.*

Kalit so‘zlar: *Yakkabog‘ tumani, tog‘oldi, adir, suv eroziyasi, jarlanish, bo‘z tuproqlar, yaylov degradatsiyasi, ortiqcha mol boqish.*

Аннотация. *В статье на основе научных исследований последних лет проанализированы природные и антропогенные факторы эрозии почв и деградации пастбищ в предгорной (адырной) зоне Яккабагского района. Виды эрозии, состояние пастбищ и признаки их деградации сопоставлены для низких адыров, высоких адыров и подножий гор. Даны рекомендации по снижению интенсивности этих процессов.*

Ключевые слова: *Яккабагский район, предгорье, адыры, водная эрозия, овражная эрозия, серозёмы, деградация пастбищ, перевыпас.*

Abstract. *Based on recent scientific research, the article analyzes the natural and anthropogenic factors of soil erosion and pasture degradation in the piedmont (adyr) zone of Yakkabog district. Erosion types, pasture condition and signs of degradation are compared for the low adyrs, high adyrs and mountain foot areas. Recommendations for reducing the intensity of these processes are given.*

Keywords: *Yakkabog district, piedmont, adyrs, water erosion, gully erosion, sierozems, pasture degradation, overgrazing.*

Kirish. Tuproq eroziyasi va yaylovlar degradatsiyasi quruq va yarim quruq mintaqalarda yer resurslarining tanazzulga uchrashiga olib keluvchi asosiy jarayonlardan hisoblanadi [3]. O‘zbekistonda yaylov va pichanzorlar mamlakat yer maydonining qariyb

yarmini egallaydi, biroq ularning katta qismi ortiqcha mol boqish va boshqa antropogen ta’sirlar natijasida inqirozga uchragan [5]. Shu bois 2019-yilda «Yaylovlar to‘g‘risida»gi Qonun qabul qilinib, yaylovlardan navbatlab foydalanish va tanazzulga uchragan yaylovlarni tiklash vazifalari belgilandi [4].

Tog‘oldi mintaqasida bu ikki jarayon bir-biri bilan chambarchas bog‘liq: qiya yonbag‘irlar, oson yuviluvchi lyoss jinslari va bahorgi jalalar eroziya uchun qulay sharoit yaratsa, o‘simlik qoplamining siyraklashuvi uni yanada kuchaytiradi. Yakkabog‘ tumani adirlari Janubi-g‘arbiy Hisordagi inson faoliyati ta’sirida eng ko‘p o‘zgargan landshaftlar qatoriga kiradi [1]. Hudud tuproqlari [6], eroziya jarayonlari [7; 8] va landshaftlaridan foydalanish [1; 2] bo‘yicha tadqiqotlar mavjud bo‘lsa-da, ular asosan butun viloyat yoki Janubi-g‘arbiy Hisor miqyosida bajarilgan. Mazkur ishning maqsadi Yakkabog‘ tumani tog‘oldi mintaqasida tuproq eroziyasi va yaylov degradatsiyasining omillari, hududiy xususiyatlari va oqibatlarini yoritib, ularni kamaytirish yo‘llarini ko‘rsatishdan iborat.

Tadqiqotda adabiyot va xaritalarni tahlil qilish, qiyosiy-geografik va landshaft-ekologik usullardan foydalanildi. Eroziya omillarini baholashda universal tuproq yo‘qotilishi tenglamasi (USLE) tarkibidagi omillar – yog‘in, tuproqning yuvilishga moyilligi, qiyalik, o‘simlik qoplami va yerga ishlov berish usuli – sifat jihatdan tahlil qilindi [9].

Tog‘oldi mintaqasining tabiiy sharoiti. Tumanning tog‘oldi mintaqasi g‘arbdagi sug‘oriladigan tekislik bilan sharqdagi Hisor tizmasi tarmoqlari oralig‘ida joylashgan to‘lqinsimon adirlardan iborat [1; 11]. Adirlar yumshoq lyoss va lyossimon jinslardan tuzilgan bo‘lib, soy vodiylari va jarlar bilan kuchli parchalangan [8; 10; 14]. Past adirlarda qiyaliklar nisbatan yotiq, baland adirlar va tog‘ etaklarida esa yonbag‘irlar tiklashib boradi.

Iqlimning eroziya uchun muhim xususiyati yog‘inlarning yil davomida notekis taqsimlanishidir: yog‘inning asosiy qismi kech kuz, qish va bahorda tushadi, yoz esa quruq va issiq o‘tadi [10; 11]. Bahorda qisqa vaqt ichida yog‘adigan kuchli jalalar yuza oqimini hosil qilib, tuproqning ustki qatlamini yuvib ketadi. Yozda efemer o‘simliklar qurib qolgach, yonbag‘irlar deyarli yalang‘och qoladi va kuzgi jalalar paytida eroziyaga moyillik ortadi.

Mintaqada oddiy va to‘q tusli bo‘z tuproqlar tarqalgan [6; 10]. Ular gumusga nisbatan kambag‘al, strukturasi bo‘sh bo‘lib, lyoss asosida shakllangani uchun suvda oson yuviladi. Adirlarda lalmikor yerlarning ulushi katta, ular asosan g‘alla ekiladigan va yaylov sifatida foydalaniladigan maydonlardir [2; 6].

Tuproq eroziyasining omillari va turlari. Tog‘oldi mintaqasida eroziyaning tabiiy va antropogen omillari birgalikda ta’sir etadi (1-rasm).

Tabiiy omillarga yonbag‘irlarning qiyaligi, lyoss jinslarining oson yuvilishi, bahorgi jalalar va yozda o‘simlik qoplamining siyraklashuvi kiradi. Antropogen omillar orasida qiya yerlarni nishab bo‘ylab yuqoridan pastga qarab haydash, ortiqcha mol boqish, mol yo‘laklari va dala yo‘llarining ko‘payishi hamda butalarni o‘tin uchun kesish asosiy o‘rin tutadi [2; 7].

Mintaqada eroziyaning bir necha turi kuzatiladi. Yuza (tekis) suv eroziyasi lalmi haydalgan yonbag‘irlarda keng tarqalgan bo‘lib, tuproqning gumusli ustki qatlamini asta-sekin yupqalashtiradi. Chiziqli eroziya jalalar va qor erishi paytidagi oqimlar ta’sirida rivojlanib, dastlab yuvinti ariqchalarni, so‘ngra jarlarni hosil qiladi [7; 8]. Jarlanish ayniqsa mol yo‘laklari va dala yo‘llari bo‘ylab tez kechadi. Baland adirlar va tog‘ etaklarida sel va surilma jarayonlari ham uchraydi [8]. Bog‘ va tokzorlar barpo etilgan qiya yerlarda noto‘g‘ri sug‘orish natijasida irrigatsiya eroziyasi yuzaga keladi.

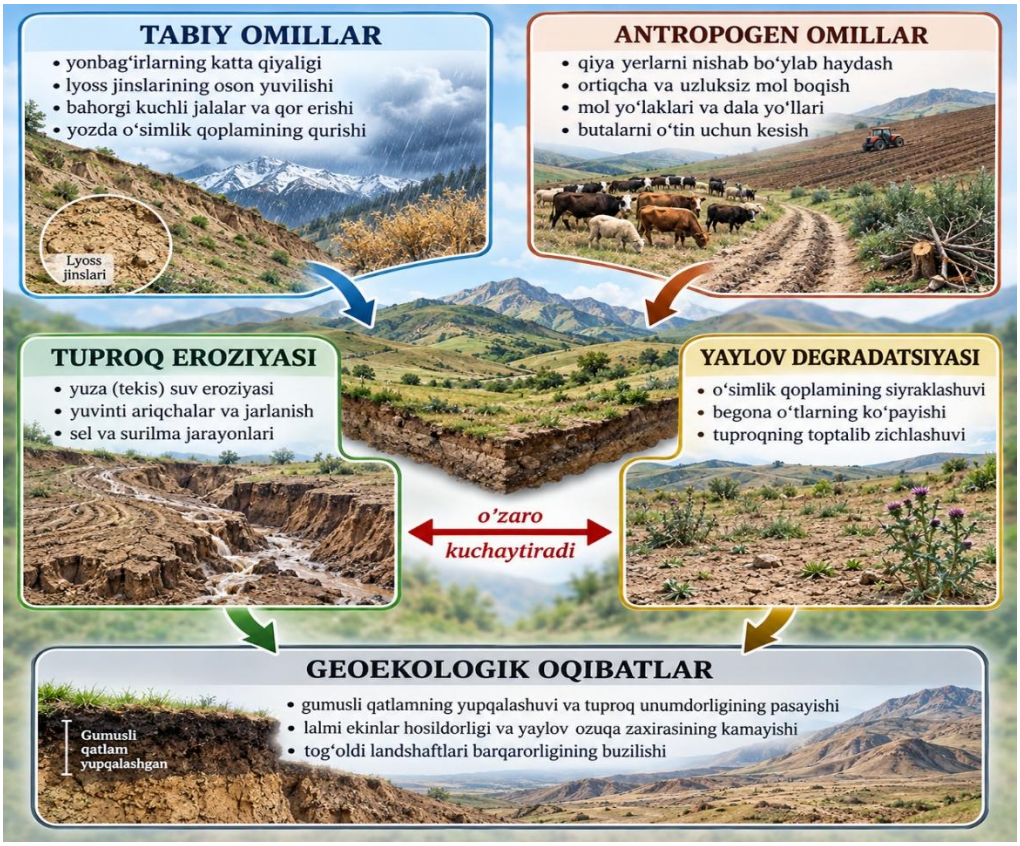
Eroziya darajasiga ko‘ra tuproqlar kuchsiz, o‘rtacha va kuchli yuvilgan turlarga ajratiladi. Kuchli yuvilgan yonbag‘irlarda gumusli qatlam deyarli yo‘qolib, yuzaga ona jins – lyoss chiqib qoladi. Bu tuproq unumdorligi va namlik zaxirasining kamayishiga, lalmi ekinlar hosildorligining pasayishiga olib keladi [6; 7].

Yaylov degradatsiyasi. Tog‘oldi yaylovlari tuman chorvachiligining asosiy ozuqa bazasi bo‘lib, ulardan asosan bahor va kuz mavsumlarida foydalaniladi [2]. Past adirlarda qo‘ng‘irbosh va rang ustunlik qiluvchi efemer-efemeroid yaylovlar, baland adirlarda esa ularga shuvoq, bug‘doyiq va boshqa ko‘p yillik o‘tlar qo‘shiladi, tog‘ etaklarida butazorlar paydo bo‘ladi [12; 13].

Yaylov degradatsiyasining asosiy sababi – mol boqish yuklamasining yaylov sig‘imiga mos kelmasligi. Chorva mollari aholi punktlari va sug‘orish manbalari atrofidagi yaylovlarda deyarli uzluksiz boqiladi, yaylovlardan navbatlab foydalanish tartibiga amal qilinmaydi. Xonadonlardagi chorva mollari sonining ortib borishi tog‘oldi yaylovlariga tushadigan yuklamani yanada oshirmoqda [15]. Bahorda o‘simliklar urug‘ bermasdan oldin boqilishi ularning tabiiy tiklanishiga to‘sqinlik qiladi [2; 4]. Natijada mollar yaxshi yeydigan ozuqabop o‘tlar kamayib, ularning o‘rnini kam yeyiladigan yoki zaharli isiriq, karrak, yantoq kabi o‘simliklar egallaydi. Bunday o‘simliklarning ko‘payishi yaylov degradatsiyasining ishonchli indikatori hisoblanadi.

Yaylov degradatsiyasi va tuproq eroziyasi o‘zaro kuchaytiruvchi jarayonlardir. O‘simlik qoplami siyraklashgan yaylovda tuproq yuzasi jala tomchilaridan himoyalanmaydi, mollarning tuyoqlari tuproq strukturasini buzib, uni zichlashtiradi. Buning oqibatida suvning shimilishi

kamayib, yuza oqimi va yuvilish kuchayadi, yuvilgan tuproqda esa o‘simliklar qiyin tiklanadi. Shu tariqa “ortiqcha mol boqish – o‘simlik qoplamining siyraklashuvi – eroziya – yaylov mahsuldorligining pasayishi” ko‘rinishidagi yopiq zanjir hosil bo‘ladi (1-rasm).



1-rasm. *Tog‘oldi mintaqasida tuproq eroziyasi va yaylov degradatsiyasining o‘zaro bog‘liqlik sxemasi (rasm mualliflar tomonidan [2; 7; 9] ma’lumotlari asosida tuzilgan)*

Degradatsiyaning hududiy tafovutlari. Tog‘oldi mintaqasining turli qismlarida eroziya va yaylov degradatsiyasining namoyon bo‘lishi relyef, tuproq va xo‘jalikda foydalanish xususiyatlariga bog‘liq holda farqlanadi. Ularning asosiy belgilari 1-jadvalda qiyoslab berilgan.

1-jadval.

Yakkabog‘ tumani tog‘oldi mintaqasida tuproq eroziyasi va yaylov degradatsiyasining qiyosiy tavsifi

Mintaqa qismi	Relyefi va tuproqlari	Eroziyaning asosiy turlari	Yaylov holati va degradatsiya belgilari	Tavsiya etiladigan tadbirlar
I. Past adirlar	Yotiq qiyali to‘lqinsimon qirlar; oddiy bo‘z tuproqlar	Yuza suv eroziyasi, mol yo‘laklari bo‘ylab jarlanish	Qo‘ng‘irbosh-rangli yaylovlar; qishloqlar atrofida kuchli toptalgan, isiriq va yantoq ko‘paygan	Yaylovlardan navbatlab foydalanish, fitomelioratsiya, mol yo‘laklarini tartibga solish

II. Baland adirlar	Qiyaligi ortib boruvchi, jarlar bilan parchalangan qirlar; to‘q tusli bo‘z tuproqlar	Lalmi yerlarda yuza va chiziqli eroziya, jarlanish	Shuvoq-efemerli yaylovlar; ozuqabop o‘tlar kamaygan, karrak turlari ko‘paygan	Nishabga ko‘ndalang haydash, tik qiyaliklarni ko‘p yillik o‘tlar va pistazorlar bilan band qilish
III. Tog‘ etaklari	Tik yonbag‘irlar, soy vodiylari; to‘q tusli bo‘z va tog‘ jigarrang tuproqlar	Chiziqli eroziya, sel, surilma	Butazor va o‘tloqlar; butalar kesilgan, yonbag‘irlar toptalgan	Butazorlarni tiklash, sel oqimini boshqarish, mol boqishni cheklash

Manba: mualliflar tomonidan [1; 2; 6; 7; 8; 12] ma’lumotlari asosida tuzilgan.

1-jadvaldan ko‘rinadiki, past adirlarda degradatsiya asosan aholi punktlari atrofidagi ortiqcha mol boqish, baland adirlarda qiya lalmi yerlarni noto‘g‘ri haydash, tog‘ etaklarida esa butazorlarning kesilishi va sel-surilma jarayonlari bilan bog‘liq. Eng og‘ir holat qishloqlarga yaqin, qiyaligi katta va o‘simlik qoplami siyrak bo‘lgan yonbag‘irlarda kuzatiladi.

Eroziya va degradatsiyaga qarshi chora-tadbirlar. Tog‘oldi mintaqasida tuproq va yaylovlarni muhofaza qilish majmuaviy yondashuvni talab etadi. Lalmi yerlarda yerni nishabga ko‘ndalang haydash, tik qiyaliklarni haydashdan chiqarib, ularni ko‘p yillik o‘tlar yoki pista, bodom kabi qurg‘oqchilikka chidamli daraxtlar bilan band qilish, jarlar boshlanadigan joylarda suv yo‘naltiruvchi inshootlar va ixotazorlar barpo etish maqsadga muvofiq [2; 7]. Yaylovlarda «Yaylovlar to‘g‘risida»gi Qonun talablariga muvofiq ularni uchastkalarga bo‘lib navbatlab foydalanish, eng ko‘p yuklama normasini belgilash, kuchli degradatsiyaga uchragan uchastkalarni vaqtincha foydalanishdan chiqarib, izen, keyreuk, teresken kabi ozuqabop o‘simliklarni ekish orqali tiklash lozim [4]. Bundan tashqari, yaylovlar va eroziyalangan yerlar holatini masofaviy zondlash va GAT texnologiyalari yordamida muntazam kuzatib borish tavsiya etiladi.

Xulosa. Yakkabog‘ tumani tog‘oldi mintaqasida tuproq eroziyasi va yaylov degradatsiyasi lyoss jinslarining oson yuvilishi, yonbag‘irlarning qiyaligi va bahorgi jalalar kabi tabiiy omillar bilan birga qiya yerlarni noto‘g‘ri haydash va ortiqcha mol boqish kabi antropogen omillar ta’sirida rivojlanmoqda. Mintaqada yuza suv eroziyasi va jarlanish, tog‘ etaklarida esa sel va surilma jarayonlari ustunlik qiladi. Yaylovlarda ozuqabop o‘tlarning kamayib, isiriq, karrak va yantoq kabi o‘simliklarning ko‘payishi degradatsiyaning asosiy belgisidir. Ikki jarayon bir-birini kuchaytirgani sababli ularga qarshi kurash ham birgalikda olib borilishi zarur: nishabga ko‘ndalang ishlov berish, tik qiyaliklarni ko‘p yillik o‘simliklar bilan band qilish, yaylovlardan navbatlab foydalanish va

tanazzulga uchragan yaylovlarni fitomelioratsiya yo‘li bilan tiklash tuman tog‘oldi landshaftlarining barqarorligini ta’minlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Allayorov R.X. Janubi-g‘arbiy Hisor tog‘ va tog‘oldi landshaftlaridan foydalanish va geoekologik vaziyatni optimallashtirish: g.f.f.d. (PhD) diss. avtoref. – Samarqand, 2023. – 50 b.

2. Allayorov R.X. Janubi-g‘arbiy Hisor tog‘ va tog‘oldi landshaftlarining imkoniyatlari va ulardan foydalanish // «Zamonaviy geografiyada innovatsion g‘oyalar: raqamli iqtisodiyot va GIS texnologiyalar» xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. I qism. – Qarshi: QarDU, 2024. – B. 97–102.

3. FAO, ITPS. Status of the World’s Soil Resources (SWSR) – Main Report. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, 2015. – 650 p.

4. O‘zbekiston Respublikasining «Yaylovlar to‘g‘risida»gi Qonuni. 20.05.2019 yildagi O‘RQ-538-son // Qonunchilik ma’lumotlari milliy bazasi. – URL: https://lex.uz

5. O‘zbekistonda yaylov maydonlarining necha foizi inqirozga uchragani ma’lum bo‘ldi // Kun.uz, 08.01.2019. – URL: https://kun.uz

6. Qorayev A.X. Hisor tog‘ tizmalari lalmi tuproqlari va ularning sifatini baholash: b.f.f.d. (PhD) diss. avtoref. – Toshkent, 2019. – 46 b.

7. Усманова Р., Абдимўминова М. Эрозионные процессы почв в агроландшафтах Кашкадарьинской области // «Zamonaviy geografiyada innovatsion g‘oyalar: raqamli iqtisodiyot va GIS texnologiyalar» xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. I qism. – Qarshi, 2024. – C. 67–71.

8. Муртазаев Б.Ч. К вопросу изучения физико-географических процессов в горах Юго-Западного Гиссара // «Zamonaviy geografiyada innovatsion g‘oyalar: raqamli iqtisodiyot va GIS texnologiyalar» xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. I qism. – Qarshi, 2024. – C. 78–85.

9. Wischmeier W.H., Smith D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Agriculture Handbook No. 537. – Washington, D.C.: USDA, 1978. – 58 p.

10. Баратов П. Ўзбекистон табиий географияси. – Тошкент: Ўқитувчи, 1996.

11. O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi. – Toshkent: O‘zME DIN, 2005.

12. Закиров К.З. Флора и растительность бассейна реки Зеравшан. Ч. 1–2. – Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1955–1962.

13. Baysunov B.X., Omonov O.E., Buxorov J. Qashqadaryo botanik-geografik rayoni janubi-g‘arbiy qismi (Xontaxta tog‘ massivi) dendroflorasi // [2]-manbadagi to‘plam. – Qarshi, 2024. – B. 115–118.

14. Sultonov Sh.A. Qashqadaryo viloyati tog‘li hududlarida foydali

qazilmalarni geografik tarqalishi // Экономика и социум. – 2025. – №3(130)-1. – URL: www.iupr.ru. ISSN 2225-1545.

15. Qashqadaryo viloyati statistika boshqarmasi. Hududlar bo‘yicha qishloq xo‘jaligi ko‘rsatkichlari. – URL: https://www.qashstat.uz

UUK: 621.311.21:556.55(575.1)

HISORAK SUV OMBORI MISOLIDA QASHQADARYO VILOYATI GIDROENERGETIK POTENSIALINI OSHIRISH YO‘LLARI

N.M. Suyarqulov *– Shahrisabz davlat pedagogika instituti “Geografiya” kafedrasi o‘qituvchisi, E-mail: nizomiddin-suyarqulov@mail.ru; ORCID: 0009-0007-0771-9973*

Annotatsiya. *Maqolada Qashqadaryo viloyati gidroenergetik salohiyatidan foydalanish darajasi Hisorak suv ombori va uning bazasidagi ikki gidroelektr stansiyasi (45 MVt va 3,5 MVt) misolida tahlil qilingan. Rasmiy statistik va me’yoriy ma’lumotlar asosida viloyatdagi yirik suv omborlari jami sig‘imining (≈2,59 mlrd m³) atigi 6,6 foizi energetik maqsadda o‘zlashtirilgani, Hisorak GESda o‘rnatilgan quvvatdan foydalanish koeffitsiyenti 20,5 foizni tashkil etib, respublika GESlari o‘rtacha ko‘rsatkichidan (≈31 %) ancha past ekani aniqlandi. Salohiyatni oshirishning yetti yo‘nalishi asoslangan: agregatlarni modernizatsiya qilish, kanal inshootlarida mikro GESlar kaskadini barpo etish, gidroakkumulyatsiyalovchi elektr stansiya (GAES), suzuvchi quyosh elektr stansiyasi bilan gibrid tizim, irrigatsion-energetik rejimni optimallashtirish, oqimning raqamli monitoringi va loyqa bosishiga qarshi tadbirlar. Hisob-kitoblarga ko‘ra, GAESsiz tadbirlar majmui gidrouzel bazasidagi yillik ishlab chiqarishni 98,4 mln kVt·soatdan 122–130 mln kVt·soatgacha (1,24–1,33 barobar) oshirish, yiliga 7–9 mln m³ tabiiy gazni tejash va 13–18 ming t CO_2 chiqindisini kamaytirish imkonini beradi. Istiqbolli nuqtalarni geoaxborot tizimlari (GAT) va raqamli relyef modeli asosida saralash tartibi taklif etilgan.*

Kalit so‘zlar: *gidroenergetik potensial, Hisorak suv ombori, Oqsuv daryosi, kichik GES, mikro GES, GAES, suzuvchi quyosh elektr stansiyasi, o‘rnatilgan quvvatdan foydalanish koeffitsiyenti, GAT, raqamli relyef modeli.*

Аннотация. *В статье на примере Гиссаракского водохранилища и двух действующих на его базе гидроэлектростанций (45 МВт и 3,5 МВт) проанализирован уровень использования гидроэнергетического потенциала Кашкадарьинской области. На основе официальных статистических и нормативных данных установлено, что в энергетических целях используется лишь 6,6 % суммарной ёмкости крупных водохранилищ области (≈2,59 млрд м³), а коэффициент использования установленной мощности*

Гиссаракской ГЭС составляет 20,5 %, что значительно ниже среднего по ГЭС республики (≈31 %). Обоснованы семь направлений наращивания потенциала: модернизация агрегатов, каскад микро-ГЭС на канальных сооружениях, гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭС), гибридная система с плавучей солнечной электростанцией, оптимизация ирригационно-энергетического режима, цифровой мониторинг стока и меры против заиления. Расчёты показывают, что комплекс мер без ГАЭС позволяет увеличить годовую выработку на базе гидроузла с 98,4 до 122–130 млн кВт·ч (в 1,24–1,33 раза), экономить 7–9 млн м³ природного газа и сократить выбросы CO_2 на 13–18 тыс. т в год. Предложен порядок отбора перспективных площадок с помощью ГИС и цифровой модели рельефа.

Ключевые слова: *гидроэнергетический потенциал, Гиссаракское водохранилище, река Аксу, малая ГЭС, микро-ГЭС, ГАЭС, плавучая солнечная электростанция, коэффициент использования установленной мощности, ГИС, цифровая модель рельефа.*

Abstract. *The paper assesses the utilisation of the hydropower potential of the Kashkadarya region using the Hisorak reservoir and the two hydropower plants operating on its basis (45 MW and 3.5 MW) as a case study. Official statistical and regulatory data show that only 6.6 % of the total storage of the region's large reservoirs (≈2.59 bn m³) is used for power generation, and that the capacity factor of the Hisorak HPP is 20.5 %, well below the national HPP average (≈31 %). Seven directions for increasing the potential are substantiated: modernisation of generating units, a cascade of micro hydropower plants on canal structures, a pumped-storage plant, a hybrid system with floating photovoltaics, optimisation of the irrigation–energy regime, digital runoff monitoring, and sedimentation control. Calculations show that the package of measures, excluding pumped storage, can raise annual generation at the scheme from 98.4 to 122–130 GWh (by a factor of 1.24–1.33), save 7–9 million m³ of natural gas and avoid 13–18 thousand t of CO_2 per year. A GIS- and DEM-based procedure for screening prospective sites is proposed.*

Keywords: *hydropower potential, Hisorak reservoir, Oqsuv (Aksu) river, small hydropower, micro hydropower, pumped storage, floating photovoltaics, capacity factor, GIS, digital elevation model.*

Kirish

O‘zbekiston elektr energetikasi hanuzgacha asosan tabiiy gazda ishlaydigan issiqlik elektr stansiyalariga tayanadi. 2025-yilda mamlakatda 86,7 mlrd kVt·soat elektr energiyasi ishlab chiqarilgan bo‘lib, uning qariyb 80 foizi an’anaviy manbalar hissasiga to‘g‘ri kelgan, “yashil” generatsiya esa 16,8 mlrd kVt·soatni tashkil etgan [1]. Shundan gidroelektr stansiyalar (GES) ulushi taxminan 6,5 mlrd kVt·soat, ya’ni umumiy ishlab chiqarishning 7–8 foizini tashkil etadi [1, 2]; rasmiy baholarga ko‘ra gidroenergetikaning

energetika balansidagi ulushi 10–12 foiz atrofida [3].

So‘nggi yillarda soha jadal rivojlandi: 2017-yilda mamlakatda 36 ta GES faoliyat yuritgan bo‘lsa, 2025-yilga kelib ularning soni 100 taga, umumiy o‘rnatilgan quvvati 1,6 GVtdan 2,4 GVtgacha yetkazildi [3]; 2026-yil sentyabr holatiga ko‘ra GESlar soni 106 ta, quvvati 2,5 GVt [4]. PQ-129-son qarorga [5] muvofiq 2025–2026-yillarda umumiy quvvati 164 MVt, yillik ishlab chiqarishi 500 mln kVt·soat bo‘lgan 2983 ta mikro GES qurish belgilangan [6], 2026–2032-yillar dasturida esa 3,6 GVt yangi gidroquvvat, jumladan umumiy quvvati 1,4 GVt bo‘lgan uchta GAES barpo etish imkoniyatlari ko‘rib chiqilmoqda [3]. Bu yo‘nalishlar “O‘zbekiston – 2030” strategiyasini amalga oshirishga oid davlat dasturida [7] belgilangan “yashil” iqtisodiyot maqsadlariga mos bo‘lib, gidroenergetikani rivojlantirish endilikda nafaqat yirik to‘g‘onlar qurish, balki mavjud gidrotexnika infratuzilmasining energetik salohiyatini to‘liq ochish hisobiga ham amalga oshirilishini ko‘rsatadi.

Ilmiy adabiyotlarda Markaziy Osiyo suv omborlarining asosan irrigatsiya uchun qurilgani va loyqa bosishi ularning sig‘imini kamaytirayotgani [8], kichik GESlarni loyihalash metodikasi [9], suzuvchi fotoelektrik tizimlarning energetik samaradorligi va bug‘lanishni kamaytirish effekti [10–12] o‘rganilgan. Biroq Qashqadaryo viloyati suv omborlarining energetik o‘zlashtirilish darajasini miqdoriy baholovchi va uni oshirish yo‘llarini hisob-kitob bilan asoslovchi ishlar kam.

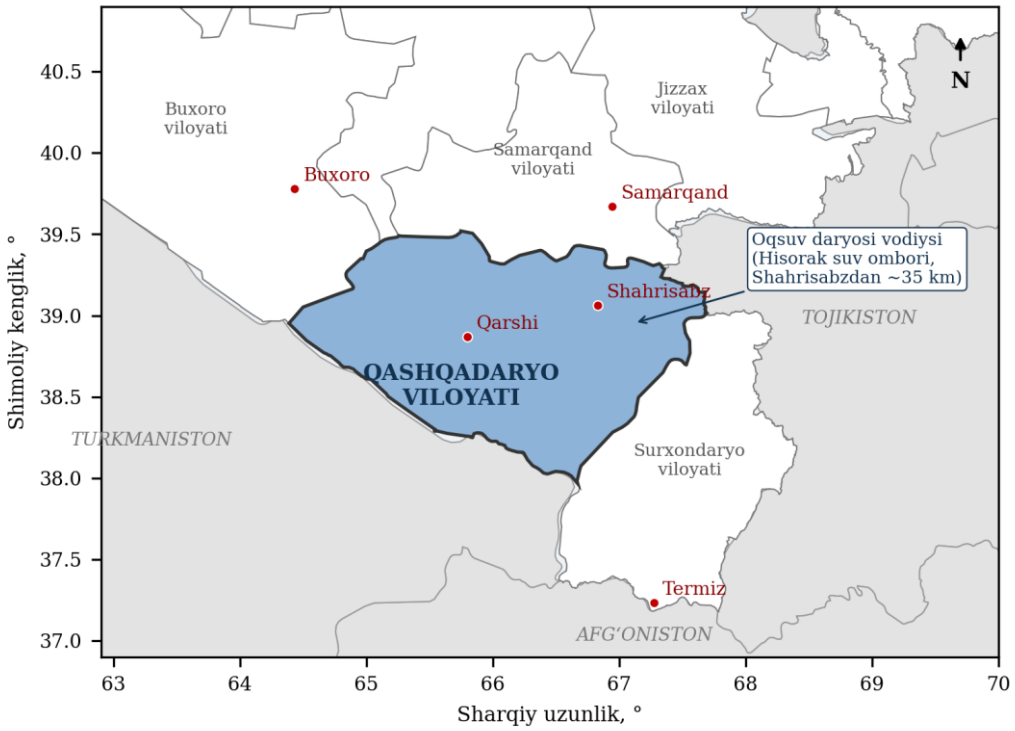
Tadqiqotning maqsadi – Hisorak gidrouzeli misolida viloyat gidroenergetik potensialidan foydalanish darajasini baholash hamda uni oshirishning texnik, tashkiliy va geoaxborot yo‘nalishlarini hisob-kitoblar asosida ilmiy asoslash.

Tadqiqot hududi

Qashqadaryo viloyati respublikaning janubida joylashgan (1-rasm); maydoni 28,57 ming km², doimiy aholisi 2025-yil 1-iyul holatiga 3 673,7 ming kishi [13]. Hududda Qashqadaryo va uning irmoqlari – Oqsuv, Yakkabog‘daryo, Tanxozdaryo, Jinnidaryo va G‘uzordaryo oqim hosil qiladi. Yog‘in miqdori sharqdan g‘arbga keskin kamayadi: 1980–2022-yillar o‘rtacha ma’lumotlariga ko‘ra Shahrisabzda 551 mm, Chimqo‘rg‘onda 364 mm, G‘uzorda 359 mm, Qarshida 253 mm, Muborakda 193 mm ni tashkil etadi [14]. Tog‘ oldi hududlarida yog‘inning ko‘pligi, relyefning katta nishabligi va qor-muzlik suvlaridan to‘yinadigan daryolarning mavjudligi viloyat gidroenergetik zaxirasini shakllantiradi. Shu bilan birga oqim yillar bo‘yicha keskin o‘zgaradi: Qashqadaryoning Chiroqchi gidropostidagi o‘rtacha yillik suv sarfi 2012-yilda 14,6 m³/s, 2020-yilda 26,0 m³/s, 2021-yilda esa 8,82 m³/s bo‘lgan [14]. Bu energiya ishlab chiqarishning suvlilikka kuchli bog‘liqligini ko‘rsatadi.

Tadqiqot obyekti – Qashqadaryoning chap irmog‘i Oqsuv daryosida, Shahrisabz shahridan 35 km, Miroqi qishlog‘idan 1,5 km uzoqlikda joylashgan Hisorak suv ombori [15]. Inshoot 1977–1988-yillarda qurilgan va 1990-yildan foydalanishda [15]. To‘g‘on yadroli tosh-tuproq to‘kma turida bo‘lib,

balandligi 138,5 m, uzunligi 660 m, usti eni 16 m [16]; bu koʻrsatkich bilan Hisorak respublikadagi eng baland toʻgʻonlardan biridir. Suv omborining toʻliq sigʻimi 170 mln m³, oʻlik sigʻimi 8,4 mln m³, demak foydali sigʻimi 161,6 mln m³ [17]. Gidrouzel viloyatning toʻrt tumani – Shahrisabz, Kitob, Chiroqchi va Yakkabogʻ tumanlaridagi sugʻoriladigan yerlarni suv bilan taʼminlaydi [15]; 2025-yilda Hisorak suv omboridan Qarshi shahrigacha ichimlik suvi tarmogʻini tortish vazifasi ham qoʻyilgan [18].



Manba: geoBoundaries (UZB ADM1), Natural Earth 1:10 mln; muallif ishlovi. Suv ombori joylashuvi sxematik.

1-rasm. Tadqiqot hududining joylashuvi (muallif ishlovi [22])

Materiallar va usullar

Tadqiqotda Oʻzbekiston Respublikasi Prezidentining qaror va farmonlari, Statistika agentligi, Energetika vazirligi va "Oʻzbekgidroenergo" AJ maʼlumotlari, Markaziy Osiyo suv omborlari maʼlumotlar bazasi [17] hamda ilmiy adabiyotlardan foydalanildi. Qiyosiy-geografik, hisob-analitik va kartografik usullar qoʻllanildi.

Gidroagregat quvvati klassik bogʻliqlik orqali aniqlanadi [9]:

$$N = 9{,}81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta \quad (1)$$

bu yerda N – quvvat, kVt; Q – turbinadan oʻtayotgan suv sarfi, m³/s; H – foydali bosim, m; $\eta = \eta_t \cdot \eta_g$ – turbina va generator foydali ish koeffitsiyentlarining koʻpaytmasi.

Yillik ishlab chiqarish va oʻrnatilgan quvvatdan foydalanish koeffitsiyenti (OʻQFK):

$$E = N \cdot T \cdot K, \quad K = E / (N \cdot 8760) \quad (2)$$

bu yerda T – yildagi soatlar soni (8760); K – OʻQFK. Aynan K

gidrouzelning energetik jihatdan qanchalik samarali ishlatilayotganini o‘lchaydigan asosiy mezon hisoblanadi.

Tejaladigan tabiiy gaz hajmi va oldi olinadigan CO_2 chiqindisi quyidagicha baholandi:

$$V_g = \Delta E \cdot q, \quad M_{CO_2} = V_g \cdot k \qquad (3)$$

bu yerda $q \approx 0{,}286$ m³/kVt·soat – Hisorak kichik GESi bo‘yicha rasmiy ma’lumotdan (17,5 mln kVt·soat ↔ 5 mln m³ gaz [19]) kelib chiqqan solishtirma gaz sarfi; $k \approx 1{,}9$ kg CO_2/m³ – tabiiy gaz yonishining standart emissiya omili (56,1 t CO_2/TJ [20], quyi yonish issiqligi ≈34 MJ/m³).

Kartografik material Python muhitida (matplotlib, shapely) geoBoundaries ma’muriy chegaralari [22] va Natural Earth ma’lumotlari asosida tuzildi. Mikro GES va GAES uchun istiqbolli nuqtalarni saralashda quyidagi GAT tartibi taklif etiladi: (a) SRTM yoki ALOS AW3D30 raqamli relyef modeli (30 m) va kanal tarmog‘i vektor qatlamini birlashtirish; (b) mikro GES uchun bosimi $H \geq 2$ m va suv sarfi $Q \geq 1$ m³/s bo‘lgan tushish inshootlarini ajratish; (c) GAES uchun Hisorak suv omboridan 3 km radiusda bosim farqi ≥ 200 m va gorizontal masofaning bosimga nisbati $L/H \leq 10$ bo‘lgan yuqori basseyn maydonlarini izlash (global GAES atlasi algoritmiga o‘xshash [21]).

Natijalar

Viloyat suv omborlarining energetik o‘zlashtirilishi. Hisorak suv ombori dastlab sof irrigatsion maqsadda loyihalashtirilgan bo‘lib, tarkibida gidroenergetika inshootlari ko‘zda tutilmagan edi. Ikki agregatli, quvvati 45 MVt bo‘lgan Hisorak GES 2011-yilda ishga tushirildi [17, 19]. 2025-yil iyun oyida gidrouzel yaqinida quvvati 3,5 MVt bo‘lgan Hisorak kichik GESi foydalanishga topshirildi: u yiliga 17,5 mln kVt·soatgacha energiya ishlab chiqaradi, bu 7 300 ta xonadon ehtiyojiga yetadi va yiliga o‘rtacha 5 mln m³ tabiiy gazni tejaydi; loyiha qiymati 1,5 mln AQSh dollari [19]. Viloyatda amalda faoliyat ko‘rsatayotgan 3 ta GESning umumiy quvvati 49 MVt [19], bu respublika GESlari quvvatining (2,4–2,5 GVt) atigi 2 foiziga teng.

Viloyatdagi yirik suv omborlarining energetik o‘zlashtirilishi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Qashqadaryo viloyatining yirik suv omborlari va ularning energetik o‘zlashtirilishi

Suv ombori	Manba	Foydalanishga topshirilgan yil	To‘liq sig‘im, mln m³	GES quvvati, MVt	Energetik holati
Hisorak	Oqsuv	1988 (GES – 2011)	170	45 + 3,5	O‘zlashtirilgan, zaxira mavjud
Chimqo‘rg‘on	Qashqadaryo	1963	500	–	O‘zlashtirilmagan
Pachkamar	G‘uzordaryo	1968	260	–	O‘zlashtirilmagan
Aktay	Qashqadaryo	1963	110	–	O‘zlashtirilmagan
Qamashi	Qorabog‘daryo	1987*	25	–	Mikro GES uchun istiqbolli
Tallimarjon	Qarshi magistral kanali (nasos bilan to‘ldiriladi)	1985	1525	–	Bosim kichik, energetik o‘zlashtirilmagan
Jami			**2590**	**48,5**	**Energetik ulush: 6,6 %**

Jadvaldan koʻrinib turibdiki, viloyatdagi yirik suv omborlarining jami ≈2,59 mlrd m³ sigʻimidan energetik maqsadda foydalanilayotgani faqat Hisorak (170 mln m³), yaʼni 6,6 foizni tashkil etadi. Qolgan suv omborlari sugʻorish rejimida ishlatiladi va ularning suv tashlama tugunlaridagi bosim energiyasi foydalanilmay qolmoqda. Tallimarjon suv ombori sigʻimi boʻyicha eng kattasi boʻlsa-da, u tekislikda joylashgan va nasos stansiyalari orqali toʻldirilgani sababli anʼanaviy GES uchun bosim yetarli emas.

Mavjud quvvatdan foydalanish darajasi

Hisorak GESning nazariy yillik ishlab chiqarishi 45 MVt · 8760 soat = 394,2 mln kVt·soatni tashkil qilishi mumkin edi. Amalda esa yiliga oʻrtacha 80,9 mln kVt·soat ishlab chiqarilmoqda [23], demak (2) formulaga koʻra K = 80,9 / 394,2 ≈ 20,5 %. Kichik GES uchun bu koʻrsatkich sezilarli yuqori: 17,5 / (3,5 · 8,76) ≈ 57 %. Respublika boʻyicha esa GESlarning oʻrtacha OʻQFK ≈ 6,5 mlrd kVt·soat / (2,4 GVt · 8760 soat) ≈ 31 % ni tashkil etadi [1–3]. Tafovutning sababi obyektiv: asosiy stansiya irrigatsion grafikka boʻysunadi, suv sarfi faqat vegetatsiya davrida maksimal boʻladi, qishda esa suv toʻplash rejimi tufayli agregatlar deyarli toʻxtab turadi. Demak, gidroenergetikani rivojlantirishning asosiy zaxirasi yangi bosim yaratishda emas, balki mavjud oqim va bosim energiyasidan toʻliqroq foydalanishda yotadi.

Salohiyatni oshirishning asosiy yoʻnalishlari

1. Agregatlarni modernizatsiya qilish. Hisorak GES agregatlari 2011-yildan beri ishlamoqda. Zamonaviy gidravlik profilga ega ishchi gʻildiraklarga almashtirish va boshqaruv tizimini raqamlashtirish turbina FIKini 2–4 foiz punktga oshirishi mumkin [25]. η ≈ 0,88 boʻlganda bu mavjud suv sarfini oshirmagan holda ΔE = 80,9 · (0,02…0,04) / 0,88 ≈ 1,8–3,7 mln kVt·soat qoʻshimcha energiya beradi; hisobda ehtiyotkorlik bilan 2–3 mln kVt·soat qabul qilindi.

2. Kanal inshootlarida mikro GESlar kaskadi. Hisorakdan suv magistral kanallar orqali Shahrisabz, Kitob, Chiroqchi va Yakkabogʻ tumanlariga uzatiladi. Kanallardagi tushish (perepad) inshootlari, tezoqarlar va taqsimlagichlarda 2–6 m bosim hosil boʻladi. Q = 5 m³/s, H = 4 m va η = 0,80 boʻlgan tipik tugunda (1) formulaga koʻra N = 9,81 · 5 · 4 · 0,80 ≈ 157 kVt quvvat olinadi. Bunday 20–25 ta nuqtani jihozlash 3,1–3,9 MVt qoʻshimcha quvvat beradi. Kanallar asosan aprel–oktyabr oylarida (≈5000 soat) ishlashini va oʻrtacha yuklama 0,8 ekanini hisobga olsak, yillik ishlab chiqarish 12–16 mln kVt·soatni tashkil etadi. Nuqtalarning aniq soni 3-boʻlimdagi GAT tartibi va dala geodezik oʻlchovlari asosida aniqlanishi lozim. Taqqoslash uchun, milliy dasturdagi mikro GESlarning oʻrtacha quvvati 164 MVt / 2983 ≈ 55 kVt [6], yaʼni taklif etilayotgan tugunlar undan ancha yirik. Bu yoʻnalish PQ-129-son qarorida [5] belgilangan vazifalarga toʻliq mos keladi va xususiy investitsiya jalb qilish uchun eng qulaydir.

3. Gidroakkumulyatsiyalovchi elektr stansiyasi (GAES). GAES tunda va bahorda ortiqcha energiyadan foydalanib suvni yuqori basseynga haydaydi va uni kunduzgi maksimal

iste’mol soatlarida qaytarib beradi. Hisorak suv ombori Hisor tizmasining tog‘ oldi qismida, dengiz sathidan ≈1009 m balandlikda joylashgan [23]; uning atrofida yuqori basseyn uchun joy 3-bo‘limda keltirilgan GAT tartibi bilan izlanishi kerak. Masalan, sig‘imi 2 mln m^3 bo‘lgan yuqori basseyn va 250 m bosim farqida akkumulyatsiya qilinadigan energiya $E = \rho g H V \eta \approx 1000 \cdot 9{,}81 \cdot 250 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 0{,}9 / 3{,}6 \cdot 10^9 \approx 1{,}2$ mln kVt·soat bo‘lib, bu 6 soat davomida ≈200 MVt quvvat berishga teng. Respublikada umumiy quvvati 1,4 GVt bo‘lgan uchta GAES qurish imkoniyati o‘rganilayotgani [3] mazkur taklifning dolzarbligini tasdiqlaydi.

4. Suzuvchi quyosh elektr stansiyasi (SQES) bilan gibrid tizim. Suv omborining suv yuzasi (≈4,2 km^2) suzuvchi fotoelektrik panellarni joylashtirish uchun qulay maydon. Uning 1 foizini (≈4,2 ga) ≈1 ga/MVt zichlikda qoplash 3,5–4,2 MVt quvvat beradi. Janubiy O‘zbekiston uchun xos taxminan 1600–1700 kVt·soat/kVt solishtirma ishlab chiqarishda [24] bu yiliga 6–7 mln kVt·soat energiya demakdir. Suv bilan sovutilish natijasida panellar FIKi quruqlikdagiga nisbatan oshadi: eksperimentda absolyut FIK 2,7 foizga ortgani qayd etilgan [10]. Panellar ostidagi yuzada bug‘lanish 30–60 foizga kamayadi [10, 11]; bug‘lanish qatlami ≈1 m/yil deb qabul qilinganda (mahalliy kuzatuvlar bilan aniqlashtirish lozim) bu yiliga 13–25 ming m^3 suvni tejaydi. Gibrid tizim GESning mavjud podstansiyasi va uzatish liniyasidan foydalangani uchun ulanish xarajatlari keskin kamayadi [12].

5. Irrigatsion-energetik rejimni optimallashtirish. Hozirda suv chiqarish grafigi faqat sug‘orish talabidan kelib chiqib tuziladi. Ikki mezonli (suv ta’minoti + energiya ishlab chiqarish) optimallashtirish modeli sug‘orish me’yorini buzmagan holda foydasiz suv tashlashlarni kamaytirish va suv omboridagi o‘rtacha sathni (demak, bosimni) oshirish hisobiga yillik ishlab chiqarishni 5–7 foizga (4–6 mln kVt·soat) oshirishi mumkin (ekspert baho). Bundan tashqari, suv chiqarishni sutkalik maksimal iste’mol soatlariga surish energiyaning tizimdagi qiymatini oshiradi.

6. Oqimning raqamli monitoringi va bashorati. Oqsuv havzasi qor va muzlik suvlaridan to‘yinadi, iqlim o‘zgarishi sharoitida esa oqimning mavsumiy taqsimoti o‘zgarmoqda. Avtomatik gidropostlar, qor qoplamining masofadan zondlash ma’lumotlari (MODIS, Sentinel-2) va SCADA tizimiga asoslangan “raqamli egizak” modeli suv to‘plash rejimini oldindan rejalashtirish, foydasiz suv tashlashlarni kamaytirish va to‘g‘on xavfsizligini nazorat qilish imkonini beradi. 2024-yil 10-iyunda qo‘shimcha tunnel ochish ishlari chog‘ida to‘g‘onning chap qismida suv sizib chiqishi qayd etilgani [16] to‘g‘on deformatsiyalarini GNSS va yuqori aniqlikdagi nivelirlash yordamida uzluksiz geodezik monitoring qilish zarurligini ko‘rsatadi.

7. Loyqa bosishiga qarshi tadbirlar. Viloyat daryolarida muallaq oqiziqlar miqdori yuqori: Qashqadaryoning Chiroqchi postida uning konsentratsiyasi 300 g/m^3 (2012-y.) dan 1300 g/m^3 (2020-y.) gacha o‘zgargan [14]. Markaziy Osiyo suv omborlarida loyqa bosishi foydali sig‘imning kamayishiga va, demak, energetik zaxiraning yo‘qolishiga olib

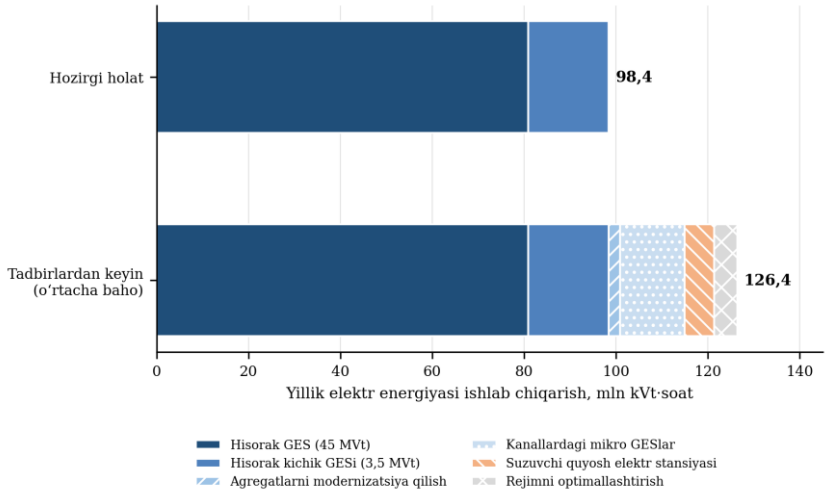
kelmoqda [8]. Havza yon bag‘irlarini o‘rmonzorlashtirish, oqiziq ushlagich inshootlar qurish, davriy gidravlik yuvish hamda har 5 yilda exolot va GNSS yordamida batimetrik syomka o‘tkazib, sig‘im-sath egri chizig‘ini yangilab borish foydali sig‘imni saqlab qolishning samarali usullaridir.

Taklif etilayotgan tadbirlarning kutilayotgan energetik samarasi 2-jadval va 2-rasmda umumlashtirilgan.

2-jadval.

Taklif etilayotgan tadbirlarning kutilayotgan energetik samarasi (muallif hisob-kitoblari)

Tadbir	Qo‘shimcha quvvat, MVt	Yillik energiya, mln kVt·soat	Amalga oshirish muddati
Agregatlarni modernizatsiya qilish	–	2–3	Qisqa (1–2 yil)
Kanallarda mikro GESlar kaskadi	3,1–3,9	12–16	Qisqa (1–3 yil)
Suzuvchi quyosh elektr stansiyasi	3,5–4,2	6–7	O‘rta (2–4 yil)
Rejimni optimallashtirish	–	4–6	Qisqa (1 yil)
Jami (GAESsiz)	**6,6–8,1**	**24–32**	–
GAES (misol: V = 2 mln m^3, H = 250 m)	≈200	Tartibga solish: ≈1,2 mln kVt·soat akkumulyatsiya	Uzoq (5–8 yil)



2-rasm. Hisorak gidrouzeli bazasidagi yillik elektr energiyasi ishlab chiqarish: hozirgi holat va tadbirlardan keyingi istiqbol (oraliqlarning o‘rtacha qiymati)

Hisob-kitoblarga ko‘ra, GAES loyihasini hisobga olmaganda ham taklif etilgan tadbirlar majmui gidrouzel bazasidagi yillik ishlab chiqarishni hozirgi 98,4 mln kVt·soatdan (80,9 + 17,5) 122–130 mln kVt·soatgacha, ya’ni 1,24–1,33 barobarga oshiradi. (3) formulaga ko‘ra bu yiliga 24–32 mln kVt·soat · 0,286 ≈ 7–9 mln m^3 tabiiy gazni tejash va atmosferaga chiqariladigan CO_2 miqdorini 13–18 ming tonnaga kamaytirish demakdir.

Muhokama

Olingan natijalar Hisorak GESdagi past O‘QFK (20,5 %) texnik nosozlik emas, balki inshootning irrigatsion ustuvorlikda ishlatilishining oqibati ekanini ko‘rsatadi. Shu sababli asosiy stansiya ishlab chiqarishini keskin oshirish sug‘orish rejimini buzmasdan mumkin emas va samaraning asosiy qismi (≈70 %) mustaqil manbalar – kanallardagi mikro GESlar va SQES hisobiga olinadi. Aynan shu yo‘nalishlar yangi to‘g‘on qurishni talab qilmaydi, nisbatan kam investitsiya bilan qisqa muddatda amalga oshiriladi va milliy mikro GES dasturi [5, 6] bilan uyg‘unlashadi.

Tadqiqotning cheklovlari ham mavjud. Birinchidan, hisob-kitoblar ochiq rasmiy manbalardagi yillik

koʻrsatkichlarga asoslangan; oylik suv sarfi va bosim qatorlari mavjud boʻlganda natijalarni aniqlashtirish mumkin. Ikkinchidan, kanal tushish inshootlari soni, suv yuzasi maydoni va bugʻlanish qatlami taxminiy qabul qilingan – ular dala geodezik oʻlchovlari, masofadan zondlash (NDWI indeksi asosida suv yuzasini aniqlash) va GAT tahlili bilan tekshirilishi lozim. Uchinchidan, Chimqoʻrgʻon, Pachkamar va Aktay suv omborlaridagi toʻgʻon osti kichik GESlari salohiyati alohida gidrologik tahlilni talab etadi va bu maqolada miqdoriy baholanmadi. GAES boʻyicha keltirilgan parametrlar faqat tartib koʻrsatkichi boʻlib, joy tanlash GAT saralashi va muhandislik-geologik izlanishlardan soʻng aniqlanadi.

Xulosa

1. Qashqadaryo viloyatining gidroenergetik salohiyati qisman oʻzlashtirilgan: yirik suv omborlari jami sigʻimining atigi 6,6 foizi energetik maqsadda ishlatiladi, viloyat GESlarining umumiy quvvati (49 MVt) respublika GES quvvatining ≈2 foiziga teng.

2. Hisorak GESda OʻQFK 20,5 foizni tashkil etadi, bu respublika oʻrtacha koʻrsatkichidan (≈31 %) past va inshootning irrigatsion ustuvorlikda ishlatilishi bilan bogʻliq.

3. Eng tez natija beradigan yoʻnalishlar – kanal tushish inshootlarida mikro GESlar kaskadi, agregatlarni modernizatsiya qilish va irrigatsion-energetik rejimni ikki mezonli optimallashtirish; oʻrta muddatda – SQES bilan gibrid tizim, uzoq istiqbolda – GAES.

4. GAESsiz tadbirlar majmui gidrouzel bazasidagi yillik ishlab chiqarishni 98,4 dan 122–130 mln kVt·soatgacha (1,24–1,33 barobar) oshiradi, yiliga 7–9 mln m^3 gazni tejaydi va 13–18 ming t CO_2 chiqindisining oldini oladi.

5. Istiqbolli nuqtalarni aniqlash, toʻgʻon deformatsiyasi va suv ombori loyqa bosishini kuzatishda GAT, raqamli relyef modeli, GNSS va batimetrik syomkaga asoslangan geodezik-kartografik taʼminot hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Oʻzbekistonda elektr energiyasi ishlab chiqarish 6 %ga, quyosh va shamol generatsiyasi esa ikki baravarga oshdi 2026 *Spot.uz* 3 yanvar https://www.spot.uz/oz/2026/01/03/electricity-generation

2. Oʻzbekgidroenergo elektr ishlab chiqarishni 27 %ga – 8,3 mlrd kVt·soatgacha oshiradi 2026 *Spot.uz* 20 avgust https://www.spot.uz/oz/2026/08/20/uzbekgidroenergo

3. Uzbekistan reviews hydropower expansion plans with 3.6 GW pipeline 2026 *International Water Power & Dam Construction* 30 April; Uzbekistan wants to build 3.6 GW of new hydropower capacity by 2033 2026 *Interfax* https://interfax.com/newsroom/top-stories/117381/

4. Uzbekistan expands hydropower capacity to 2.5 GW with 106 plants 2026 *Trend News Agency* 15 September https://www.trend.az/casia/uzbekistan/4224344.html

5. Oʻzbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 28-martdagi “Respublika hududlarida mikro gidroelektr stansiyalari tarmogʻini rivojlantirish boʻyicha qoʻshimcha chora-tadbirlar toʻgʻrisida”gi PQ-129-son qarori https://lex.uz/docs/-7462039

6. 2025–2026-yillarda 3 mingga yaqin mikro GES qurilishi belgilandi 2025 *Kun.uz* 3 aprel

7. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 30-yanvardagi “«O‘zbekiston – 2030» strategiyasini «Atrof-muhitni asrash va «yashil iqtisodiyot» yili»da amalga oshirishga oid davlat dasturi to‘g‘risida”gi PF-16-son Farmoni https://lex.uz/docs/-7369703

8. Rakhmatullaev S, Huneau F, Celle-Jeanton H, Le Coustumer P, Motelica-Heino M and Bakiev M 2013 Water reservoirs, irrigation and sedimentation in Central Asia: a first-cut assessment for Uzbekistan *Environ. Earth Sci.* **68** 985–98

9. ESHA 2004 *Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant* (Brussels: European Small Hydropower Association)

10. Majumder A, Innamorati R, Frattolillo A, Kumar A and Gatto G 2021 Performance analysis of a floating photovoltaic system and estimation of the evaporation losses reduction *Energies* **14** 8336

11. dos Santos F R, Wiecheteck G K, Virgens Filho J S, Carranza G A, Chambers T L and Fekih A 2022 Effects of a floating photovoltaic system on the water evaporation rate in the Passaúna reservoir, Brazil *Energies* **15** 6274

12. World Bank Group, ESMAP and SERIS 2019 *Where Sun Meets Water: Floating Solar Market Report* (Washington DC: World Bank)

13. Hududlar kesimida doimiy aholi soni (2025-yil 1-iyul holatiga) 2025 *O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti huzuridagi Statistika agentligi* https://stat.uz

14. Eshev S S, Xazratov A N, G‘ayimnazarov I X va Jumayev A R 2023 Qashqadaryo viloyatida suv resurslaridan samarali foydalanish masalalari *Oriental Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences* **3**(12) 406–14

15. Hisorak suv ombori. U qachon qurilgan va Qashqadaryo uchun nimasi bilan muhim? 2024 *Kun.uz* 11 iyun

16. “Hisorak” suv omboridagi avariya haqida nima ma’lum? 2024 *Ozodlik radiosi* 11 iyun

17. Large reservoirs (with live storage of more than 10 million m^3) in the Amu Darya basin *CAWater-Info* https://www.cawater-info.net/bk/dam-safety/pdf/amu_reser_hps_e.pdf

18. Hisorak suv omboridan Qarshi shahrigacha ichimlik suvi tarmog‘i tortiladi – Prezident 2025 *Spot.uz* 20 iyun

19. Prezident Hisorak suv ombori yaqinidagi yangi kichik GESni ko‘zdan kechirdi 2025 *Gazeta.uz* 20 iyun

20. IPCC 2006 *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* vol 2 *Energy* ch 2 (Hayama: IGES)

21. Lu B, Stocks M, Blakers A and Anderson K 2018 Geographic information system algorithms to locate prospective sites for pumped hydro energy storage *Appl. Energy* **222** 300–12

22. Runfola D *et al* 2020 geoBoundaries: a global database of political administrative boundaries *PLoS ONE* **15** e0231866

23. Гиссаракская ГЭС *EnergyBase* https://energybase.ru/power-plant/gissarak-hpp

24. World Bank and Solargis *Global Solar Atlas 2.0* https://globalsolaratlas.info

25. IEA 2021 *Hydropower Special Market Report: Analysis and Forecast to 2030* (Paris: International Energy Agency)

УДК 349.4:332.3:352.075(575.1)

MAHALLA FUQAROLAR YIG‘INI HUDUDIDA OMMAVIY SERVITUTLARNI JORIY ETISH XUSUSIYATLARI VA AFZALLIKLARI

Raxmonov Qosimdjon *– “TIQXMMI” MTU dotsenti, DSc. elektron pochta: kosimdjon50@gmail.com*

Raxmonov Jahongir Qosimjonovich *– “TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti mustaqil tadqiqotchisi.mailto:Jkrakhmonov@gmail.com*

Annotatsiya

O‘zbekiston jamiyatida mahalla fuqarolar yig‘ini nafaqat ma’muriy birlik, balki ijtimoiy hayot asosi, o‘zini o‘zi boshqarish namunasidir. Asrlar davomida shakllangan ushbu tizim qo‘shnichilik umumiy manfaatlar va jamoaviy qarorlarni o‘zida mujassam etgan muhim boshqaruv ob’ekti hisoblanadi. Maqolada mahalla fuqarolar yig’ini hududida ommaviy servitutlarni joriy etish xususiyatlari va afzalliklari tahliliy xulosalar asosida yoritilgan.

Аннотация

В узбекском обществе сход граждан махалли является не только административной единицей, но и основой общественной жизни, а также примером самоуправления. Данная система, сформировавшаяся на протяжении веков, воплощает в себе добрососедские отношения, общие интересы и коллективное принятие решений и представляет собой важный объект управления. В статье на основе аналитических выводов освещаются особенности и преимущества введения публичных сервитутов на территории схода граждан махалли.

Annotaion

In Uzbek society, the citizens’ assembly of the mahalla is not only an administrative unit but also the foundation of social life and an example of self-governance. This system, which has developed over centuries, embodies neighborly relations, common interests, and collective decision-making, and serves as an important governance institution. The article examines the specific features and advantages of introducing public servitudes within the territory of a citizens’ assembly of the mahalla based on analytical findings.

Tahlil va natijalar. Ushbu xususiyatlar mahallaning jamoaviy ruhi va o‘zini o‘zi boshqarish salohiyatini nazarda tutgan holda ommaviy servitutlarni joriy etishda noyob imkoniyat va bir vaqtning o‘zida muammolar manbai ham bo‘lib xizmat qiladi. Mahalla o‘z hududida infratuzilma, kommunikatsiya va ijtimoiy xizmatlar uchun qulay bo’lgan servitutlarni o‘rnatishi mumkin. Muammo shundaki, mahalla hududidagi yer uchastkalarining ma’lum qismi tomorqa yoki uy-joy xususiy mulki bo‘lib, ularning egalari o‘z huquqlariga nisbatan har qanday cheklovga, shu umladan, servitutga ham ehtiyotkorlik bilan munosabat bildirishi aniqlangan. Mahalla hududida ommaviy servitutlarni muvaffaqiyatli joriy etishda yuqoridagi holatlarga e’tibor qaratish zarur.

O‘zbekiston Respublikasining “Yer kodeksi” va “Fuqarolarning o‘zini o‘zi boshqarish organlari to‘g‘risida”gi qonuniga muvofiq, mahalla fuqarolar yig‘ini (MFY) huquqiy shaxs maqomiga ega bo‘lib, u o‘z hududida

bir qator vakolatlarni amalga oshiradi [1,2]. Ammo, yer munosabatlarini tartibga solish sohasida mahallaning vakolatlari cheklangan: MFY o‘z hududidagi yer fondini tasarruf etish huquqiga ega emas, chunki kadastr hujjatlarida bu yerlar davlat, xususiy yoki boshqa huquqiy shakllardagi mulk sifatida e’tirof etilgan.

Demak, MFY hududida ommaviy servitut bitimlarinilarni tuzish va ularni joriy etish uchun: birinchidan davlat organlari orqali huquqiy servitut o‘rnatish tartib-tamoyilini to‘g‘ri belgilash, ikkinchidan MFYning o‘zini o‘zi boshqarish tizimidan mazkur jarayonni ijtimoiy jihatdan qulay vosita sifatida foydalanishni tashkil etish talab etiladi. MFY hududida odatda quyidagi yerdan foydalanuvchi subyektlar mavjud bo’ladi [3].

Xususiy uy-joy qurish va tomorqa xo’jaligini yuritish uchun ajratilgan va shaxsiy mulk sifatida ro‘yxatdan o‘tgan yer uchastkalari soni va maydonining salmog’i yuqoriligi kuzatiladi [4]. Bunday yer uchastkalari uchun servitut o‘rnatish yer egasining roziligi yoki maxsus tartib orqali amalga oshiriladi. MFY hududidagi infratuzilmasiga tegishli umumiy foydalanishdagi yo‘llar, maydonlar va ko‘kalamzor hududlar mavjud bo‘lib, ular ko‘pincha davlat mulki hisoblanadi va ularda servitut bitimini tuzish masalasi nisbatan sodda shaklda yechim topadi.

O’zbekiston va MDH davlatlarida joriy etilgan ommaviy servitutlar ma’lum darajada o’xshash va farqli jihatlari hamda ularni shakllantirish uslublari bilan ajralib turadi [5,6].

Amaldagi kommunal xizmat korxonalariga tegishli yer uchastkalarida kommunikatsiya tarmoqlari o‘tkazilgan bo‘lib, ular har doim ham rasmiy servitut bitimlari asosida faoliyat yuritmaydi. Ma’lumki, ijara asosida foydalanilayotgan yer uchastkalarida ham servitut masalasi qo‘yilishi mumkin va bunda ijara shartnomasi bilan servitut munosabatlarini huquqiy jihatdan muvofiqlashtirish ehtiyoji tug’iladi.

MFY raisi va yettilik kengashi huquqiy jihatdan servitut taraflaridan biri bo‘la olmaydi, chunki ular yer egasi yoki davlat organi vakolatiga ega emas. Ammo, servitutni tashkil etishda ularning amaliy faoliyati zarurdir. Ular YFSlar bilan muzokaralar olib borishda vositachi va ishonchli shaxs sifatida ishtirok etish. MFY majlislarida servitut loyihalarini muhokama qilishni tashkil etish, cervitutga oid nizolarni sudgacha bartaraf etishda faol yordam berish imkoniyatiga ega. Yer egalari o‘rtasida kompensatsiya adolatli taqsimlanganligi ustidan jamoaviy nazoratni ta’minlashda ham MFYning roli katta.

MFY hududida eng keng tarqalgan va amaliyotda tez-tez yuzaga keladigan tur hisoblanadi. Mahalla hududida quyidagi kommunikatsiya tarmoqlari uchun servitut o‘rnatilishida quyidagi omillarni e’tiborga olish talab etiladi.

1. Birinchidan, suv ta’minoti va kanalizatsiya quvurlari mahalla hududida xususiy uy-joylar ostidan va atrofidan o‘tishi muqarrar. Ikkinchidan mahallalarda bu quvurlar ko‘pincha avval o‘rnatilgan bo‘lib, hech qanday rasmiy hujjatga ega emasligi. Ushbu merosiy vaziyatlarni tashkiliy-huquqiy jihatdan tartibga solish kechiktirib bo‘lmaydigan zaruriyatdir.

2. Gaz ta’minoti tarmoqlari ham xuddi shunday muammoga ega bo’lib, ko‘plab mahallalarda gaz quvurlari xususiy yer uchastkalaridan o‘tsa ham, bu holat hech qaerda rasmiy ravishda qayd etilmagan. Yer egasi uyini sotmoqchi bo‘lganda yoki qurilish ishlarini olib bormoqchi bo‘lganda bu noaniqlik jiddiy huquqiy va cheklov hamda turli to‘siqlarga aylanadi.

3. Elektr ta’minoti tarmoqlari, ayniqsa yer osti kabellari, xususiy uchastkalar ostidan o‘tishi mumkin. Havodagi elektr uzatish liniyalari esa yer egasining hovlisi ustidan o‘tishi holatlari ham uchraydi.

4. Telekommunikatsiya va raqamli aloqa infratuzilmasi so‘nggi yillarda keskin kengaygan bo‘lib, optik tolali kabellar, internet tarmoqlari va mobil aloqa qurilmalari uchun yangi servitutlar muntazam ravishda zarur bo‘lib qolmoqda.

5. Mahalla ichki yo‘llarining bir qismi asosan rasman xususiy yer uchastkasining hududiga to‘g‘ri kelishi mumkin. Tarixan shakllangan o‘tish yo‘llari, qo‘shni hovlilar orqali o‘tadigan umumiy foydalanishdagi piyodalar yo‘laklari va transport o‘tish yo‘llari ham servitut huquqiy asosini talab qiladi. Ayniqsa qadimgi mahallalarda bu muammo o‘tkir tusga ega, ya’ni, uy-joylar asrlar davomida o‘sib, kengayib, qurilishlar bir-biriga yaqinlashib qolgan joylarda, amaliyotda ishlatiladigan yo‘llar rasman hech kimning xususiy mulki sifatida qayd etilmaganligiga qaramay, YFSlar tomonidan kundalik hayotda foydalanilib kelinmoqda.

6. MFY hududida ko‘kalamzorlashtirishni ta’minlash, daraxtlarni saqlab qolish va ekologik muvozanatni saqlash maqsadida ham servitutlar zarur hisoblanadi. Masalan, mahallada tarixan o‘sib kelayotgan va butun hududning ko‘rinishiga xos bo‘lgan yirik va qadimgi daraxtlar xususiy yer uchastkasida joylashgan bo‘lishi mumkin. Yer egasining o‘z xohishiga ko‘ra ularni kesib tashlashini oldini olish uchun ekologik servitut mexanizmi qo‘llanilishi tavsiya etiladi.

7. Suv oqimini tartibga solish, sel yoki toshqindan himoya qilish uchun MFYning ma’lum hududlarida qurilish va o‘zlashtirish faoliyatini cheklashga oid ekologik servitut orqali amalga oshirishni talab etadi.

8. O‘zbekistonning ko‘plab mahallalari boy tarixiy merosga ega. Qadimiy me’moriy yodgorliklar, tarixiy ko‘cha tartibi, an’anaviy qurilish uslubi va madaniy ahamiyatga ega joylar mahalla hududida saqlanishi va kelgusi avlodlarga yetkazilishi lozim. Aynan shunday maqsadlar uchun o‘rnatiladigan madaniy meros servituti yer egasining uchastkasida ma’lum qurilish va o‘zgartirish ishlarini tartibga soladi.



Quyidagi rasmda servitut tizimi tarkibidagi ommaviy turining o’rni va uni yuritish maqsadi aks ettirilgan (1-rasm).

1-rasm. MFY hududida ommaviy servitutning o’rni va yuritish maqsadi.

Mahalla hududida ommaviy servitutlarni tartibga solish jarayoni avvalo mavjud vaziyat va holatlarni to‘liq tahlil qilishdan boshlanadi. Bu bosqichda quyidagi ishlar amalga oshiriladi: birinchidan, mahalla hududidagi barcha yer uchastkalarining kadastr ma’lumotlarini tizimlashtirish va tahlil qilish talab etiladi. Amalda foydalaniladigan, biroq hujjatlashtirilmagan barcha kommunikatsiya tarmoqlari, yo’llar (yo‘laklar) va umumiy foydalanish maydonlari aniqlanadi. Tadqiqotlar davomida MFYlar hududida tashkil etilgan servitutlar amaldagi “Servitutlar” huquqiy klassifikatori (03.08.07.06)ga mos holda yuritilmaganligi aniqlandi [7].

Mavjud kommunikatsiya tarmoqlarini boshqaradigan suv ta’minoti, gaz, elektr, telekommunikatsiya tashkilotlari bilan aloqa o‘rnatiladi va ularning hujjatlari bilan taqqoslanadi. YFSlar yer uchastkalari to‘g‘risidagi ma’lumotlar to‘planadi va ularning huquqiy maqomi aniqlanadi. So’rovnoma asosida aniqlanganki, ba’zi yer egalari o‘z uchastkasida qanday kommunikatsiya tarmoqlari o‘tishi haqida hech qanday ma’lumotga ega emas, ba’zilari esa o‘z uchastkalarida

rasman o‘zlarinikiga tegishli bo‘lmagan hududlardan foydalanib keladi.

Tahliliy bosqich tugagach, mahalla fuqarolar yig‘inida umumiy majlis o‘tkaziladi. Bu majlisda muammoga oid quyidagi masalalar muhokama qilish tavsiya etiladi. Mahalla hududidagi servitut muammolari va ularni hal etish zaruriyati kadastr mutaxassisi yordamida barcha ishtirokchilarga tushuntirish usulida taqdim etiladi. Har bir yer egasiga o‘z uchastkasiga oid aniq ma’lumotlar beriladi.

Servitut o‘rnatilishi nazarda tutilayotgan yer egalari kelishuv suhbatiga taklif etiladi. Bu bosqichda mahalla raisining nufuzi va ishonchi hal qiluvchi ahamiyatga ega. Yer egalari notanish davlat amaldori yoki yurist bilan gaplashishdan ko‘ra, yaxshi tanigan qo‘shnisi va mahalla raisining tushuntirishlarini ijobiy ma’noda qabul qiladi va bitimni qo’llashga moyil bo’ladi. Jamoat muhokamasi bosqichi tugagach, har bir yer egasi bilan alohida muzokaralar olib boriladi. Bu muzokaralarda cervitutning aniq chegaralari, maqsadi va muddati tushuntiriladi. To’lov miqdori mustaqil baholash asosida taklif etiladi va muhokama qilinadi. Muzokara davomida yer egasining savollari va e’tirozlarini to‘liq inobatga olgan holda, bitim loyihasi taqdim etiladi, yer egasiga uni o‘rganish uchun yetarli vaqt beriladi.

Amaliyotda kuzatilishicha, ko‘plab yer egalari dastlab servitutga qarshi bo‘lsa ham, o‘z savollari to‘liq javob topgach va adolatli to’lov taklif etilgach, bitimga ixtiyoriy ravishda rozilik bildirishi ma’lum bo’lgan. Servitutga majburlash va bosim o’tkazish esa aksincha, jarayonni murakkablashtiradi va ijobiy yechimdan uzoqlashtiradi.

O‘zaro tomonlar kelishuvi asosida bitimlar tuzilgach, ular notarial tasdiqlashdan o‘tkaziladi va Davlat yer kadastr agentligida ro‘yxatga olinadi. Bu bosqichda texnik hujjatlar ya’ni, kadastr hujjati ko‘chirmasi, yer uchastkasining joylashuv chizmasi, servitut maydoni chegaralarini ko‘rsatuvchi xarita tayyorlanadi. Noaniq yoki noto‘g‘ri tuzilgan hujjatlar keyinchalik jiddiy nizolarga sabab bo‘lishi mumkinligi e’tiborga loyiq talab hisoblanadi.

Amaliyotda servitut maydonlari chegaralarini aks ettiruvchi elektron xaritalarni tuman va mahalla miqyosida shakllantirilmaganligi ma’lumotlarni aniqligiga salbiy ta’sir ko’rsatayotganligi tadqiqotlar davomida qayd etilgan [8]. Mazkur muammolarni bartaraf etish masalalari kadastr sohasi olimlari tomonidan yechimlar berilgan [9,10].

O‘zbekistondagi ko‘plab yer uchastkalarida huquqiy-texnik maqom noaniq bo‘lishi mumkin: yer bir necha avlod davomida meros orqali o‘tib, rasmiy qayta ro‘yxatga olinmagan; yer ko‘p yillar oldin sotilgan, biroq shartnoma notarial tasdiqlashdan o‘tkazilmagan yoki kadastrda qayd etilmagan; meros bo‘lib qolgan yer bir necha merosxo‘r o‘rtasida hali rasman taqsimlanmagan holatlari keng tarqalgan.

Bunday holatlarda servitut o‘rnatish murakkab bo’lib, servitut avvalo bitimni tuzishdan avval, yer huquqlarini aniqlashtirish va tartibga solish uchun yer egalariga yordam ko‘rsatish zarur. Ba’zi hollarda kadastr organlari servitut jarayoni bilan birga hujjatlarni tartibga solish bo‘yicha ham bepul maslahat va yordam taqdim etishi tavsiya etiladi. Mahalla hududida bir yer uchastkasiga suv ta’minoti, gaz, elektr, telekommunikatsiya ob’ektlariga egalari tomonidan bir vaqtning o‘zida servitut talab qilishi mumkin. Bu holda yer egasiga har bir tashkilot bilan alohida muzokaralar olib borish juda og‘ir yukka aylanadi.

Maqbul yechim sifatida kadastr agentligi yoki uning platformasi orqali barcha servitut talablarini birlashtirib, yer egasi bilan yagona kompleks muzokaralar olib borishi tavsiya etiladi. Bu yer egasining vaqtini tejaydi, shu bilan birga kommunikatsiya tarmoqlari o‘rtasidagi texnik muvofiqlikni ham ta’minlash imkoniyati yaratiladi. Quyidagi rasmda ommaviy servitutni bir nechta yer uchastkalari uchun shakllantirishning umumiy loyihaviy sxemasi aks ettirilgan (2-rasm).



2-rasm. Ommaviy servitutni bir nechta yer uchastkalari uchun shakllantirishning umumiy loyihaviy sxemasi.

Mahalladagi yer egalari ko‘pincha hukumat tomonidan taklif etilgan to’lovlarga ishonchsizlik bilan qaraydi. Servitutga ajratilgan maydon uchun to’lovni hisoblashda mustaqil, akkreditatsiyalangan baholovchilardan foydalanish va baholash usulini qo’llagan holda yer egasiga asosli tarzda taqdim etish zarur. Bundan tashqari, to’lov miqdorini boshqa hududlardagi o‘xshash holatlardagi to’lovlar bilan solishtirib ko‘rsatish ham adolatlilik hissini mustahkamlaydi.

Mahalla muhitida bir yer egasining servitut bitimiga bo’lgan noroziligi boshqalarga ham salbiy ta’sir qilishi mumkin. Aksincha, nufuzli qo‘shni yoki mahalla faollari bitimga rozilik bildirgach, boshqalar andoza olib servitutga rozilik maylini kuchaytirishi kuzatilgan. Servitutni

birinchi bo‘lib qabul qilgan ijobiy tajriba egalarini boshqalarga namuna sifatida ko‘rsatish, biroq boshqalarga ijtimoiy bosim o‘tkazishdan qat’iyan saqlanish zarur. Majburlash qisqa muddatda samara berishi mumkin, ammo uzoq muddatda mahalla va davlat o‘rtasidagi ishonchga putur yetkazishi ham aniqlangan.

Har bir mahallada maxsus “Servitut masalalari bo‘yicha kengash” tashkil etilishi mumkin. Bu kengash mahalla raisi, bir necha obro‘li mahalla a’zolari, huquqshunos maslahatchi va kommunal xizmat tashkilotlari vakillaridan iborat bo‘lishi maqsadga muvofiq. Kengashning asosiy vazifalari quyidagilardan iborat: servitut so‘rovlarini dastlabki ko‘rib chiqish, yer egalari bilan birinchi muloqotlarni o‘tkazish, nizoli holatlarni sudgacha hal etishga ko‘maklashish va mahalla hududidagi servitutlar ro‘yxatini muntazam yangilab borish.

Tadqiqot natijalarining muhokamasi. Mahalla binosi yoki raqamli platformada hamma uchun ochiq bo‘lgan “Mahalla servitut xaritasi” joylashtirilishi elektron xaritada mahalla hududidagi barcha ro‘yxatdan o‘tgan servitutlar, ularning chegaralari, maqsadi va muddati ko‘rsatish tavsiya etiladi. Har qanday yer egasi yoki yangi uy-joy sotib olmoqchi bo‘lgan kishi ushbu xaritadan foydalanib, servitutga bo’lgan o‘zi qiziqtirgan maydon bo‘yicha to‘liq ma’lumot olishi mumkin. Natijada ommaviy servitutni ro’yxatga olishda va uni iste’molchilarga uzatishda qulayliklar yaratiladi.

Zamonaviy mahallalar uchun raqamli portal yaratish ommaviy servitutlarni boshqarishni tubdan soddalashtirishi mumkin. Bunday portalda yer egalari o‘z uchastkalariga oid servitut ma’lumotlarini onlayn ko‘rishlari, servitut bo‘yicha murojaat va shikoyatlarini elektron tarzda yuborishlari, kompensatsiya to‘lovlari tarixini kuzatishlari va yangi servitut takliflari bo‘yicha onlayn ovoz berishlari mumkin bo‘ladi.

Bunday shaffof tizim nafaqat mavjud servitutlar haqida xabar berishi, balki yangi ehtiyojmand yer egalarini shikoyat qilishini ham oldini olishi mumkin. MFY hududida ommaviy servitutlarni muvaffaqiyatli joriy etish uchun quyidagi asosiy tamoyillarga rioya etish tavsiya etiladi:

yer egalari bilan servitutga oid har qanday muloqotni hurmat, ochiqlik, halollik va shaffoflik asosida tashkil etish eng muhim birinchi ishonch tamoyil bo’lishi kerak. qurilishi lozim. Bir marta yo‘qotilgan ishonchni qayta tiklash nihoyatda qiyin.

ikkinchisi shoshilmaslik tamoyili bo’lib, amaliyotda katta miqyosli infratuzilma loyihalari uchun tez va zo‘rlik bilan servitut o‘rnatishga urinish ko‘pincha aksincha natija berishi ya’ni, kechikishlar, nizolar va ijtimoiy norozilikka sabab bo’lishi bilan izohlanadi. Vaqt sarflangan to‘g‘ri jarayon uzoqroq muddatda ammo ishonchli natijalarga erishishga xizmat qiladi.

adolatli to’lov tizimi tamoyili murosasizlik bilan yechim ta’minlanishga xizmat qiladi. Yer egasi o‘zini kamsitilganday his qilsa, bu nafaqat nizoga, balki mahalla va davlat o‘rtasidagi umumiy munosabatlarning yomonlashuviga olib kelishi mumkinligi bilan izohlanadi.

MFY yettilik faollari nufuzidan to‘g‘ri foydalanish tamoyili. Bu mavjud ijtimoiy yer mulkdan oqilona foydalanishga xizmat qiladi. Mahalla raisi va kengashining obro‘si davlat maqsadlari uchun yer fondidan ehtiyotkorlik va tejamkorlik bilan foydalanish demakdir.

Xulosa va takliflar. Demak, mahalla fuqarolar yig‘ini hududida

ommaviy servitutlarni joriy etish muammosi faqat huquqiy yoki texnik masala emas. Ushbu muhim tadbir jamiyat, davlat va shaxs manfaatlarining kesishgan nuqtasida amalga oshiriladigan murakkab ijtimoiy jarayon bo'lib, uning natijasida yer maydonidan tejab foydalanishga erishiladi.

O'zbekistonning an'anaviy mahalla tizimi bu jarayon uchun noyob imkoniyat manbaidir. Jamoaviy qarorlarni qabul qilish madaniyati, qo'shnilar o'rtasidagi ishonch va mahalla raisining vositachilik salohiyati uyg'unlashganda ommaviy servitutlarni boshqa mamlakatlardagiga qaraganda samaraliroq joriy etish imkonini ochib beradi.

Tadqiqotlar natijasida qayd etilgan taklif va mulohazalar asosida davlat miqyosidagi tadbirlar mahalla hududidagi har bir yer egasiga u nafaqat servitutning ob'ekti, balki mahallasining rivojlanishida faol ishtirokchi va haqiqiy hamkor ekanligini his ettirish zaruriyatini keltirib chiqarishiga xizmat qilishi asoslangan. Shunday uslubiy yondashuvlar servitut bitimlari majburiyat emas, balki o'z mahallasiga qo'shilgan munosib hissa sifatida qabul qilish hissiyotini uyg'otishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. O'zbekiston Respublikasining Yer kodeksi. O'zbekiston Respublikasi Oliy Majlisining Axborotnomasi, 1998-yil, 5–6-sonlar.

https://lex.uz/law_collection/2026

2. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining qarori, 15.09.2025 yildagi 586-son "Mahalla fuqarolar yig'ini yagona reyestrini shakllantirish va yuritish tartibi to'g'risida" nizom - https://lex.uz/uz/docs/-7733032
3. O'zbekiston Respublikasining Fuqarolik kodeksi. O'zbekiston Respublikasi Oliy Majlisining Axborotnomasi, 1998-yil. https://lex.uz/docs/-111189
4. O'zbekiston Respublikasining "Ko'chmas mulkka bo'lgan huquqlarni davlat ro'yxatidan o'tkazish to'g'risida"gi O'RQ-803-son Qonuni. https://lex.uz/docs/-6297080
5. Abdusamadova Z.Sh. "O'zbekiston va MDH mamlakatlari qonunchiligida yer servitutining huquqiy tartibga solinishi, amaliyoti va tizimli tahlili". TSUL Legal Report, 2026. https://www.researchgate.net/publication/403699001_LEGAL_REGULATION_PRACTICE_AND_SYSTEMATIC_ANALYSIS_OF_LAND_SERVITUDE_IN_THE_LEGISLATION_OF_UZBEKISTAN_AND_CIS_COUNTRIES
6. Abdusamadova Z.Sh. "Markaziy Osiyo mintaqasida yer servitutining shakllanish tarixi". TSUL Legal Report, 2025.. https://legalreport.tsul.uz/index.php/legalreport/article/view/74
7. LexUZ'dagi "Servitutlar" huquqiy klassifikatori (03.08.07.06). https://lex.uz/mact/1967564
8. Narzullaev O.X. "Yer huquqi va servitut chegaralari: mulkchilik, retrospektiv tahlili". https://uza.uz/posts/546853
9. Raxmonov Jahongir, Ro'ziboyev Akmaljon - Ommaviy yer servitut

bitimlarini shakllantirish zaruriyati vajoriy etishning kreativ yechimlari “Geodeziya, kartografiya va geoinformatika” Ilmiy-texnik jurnal. 2026-yil I-maxsus soni.
10. Raxmonov Sherzod, Ro‘ziboyev Akmaljon - Mahalla hududida ommaviy servitut shartnomasini ishlab chiqish va joriy qilish. “Geodeziya, kartografiya va geoinformatika” Ilmiy-texnik jurnal. 2026-yil I-maxsus soni.

УДК 332.3:556.18:551.583(575.1)

LAND USE AND WATER RESOURCES IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

A.Ashurov - "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University

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 increased 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 sustainable 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.

Keywords: *Climate change, land use, water resources, sustainable land management, integrated water resources management, water scarcity, land degradation, irrigation, Uzbekistan*

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.

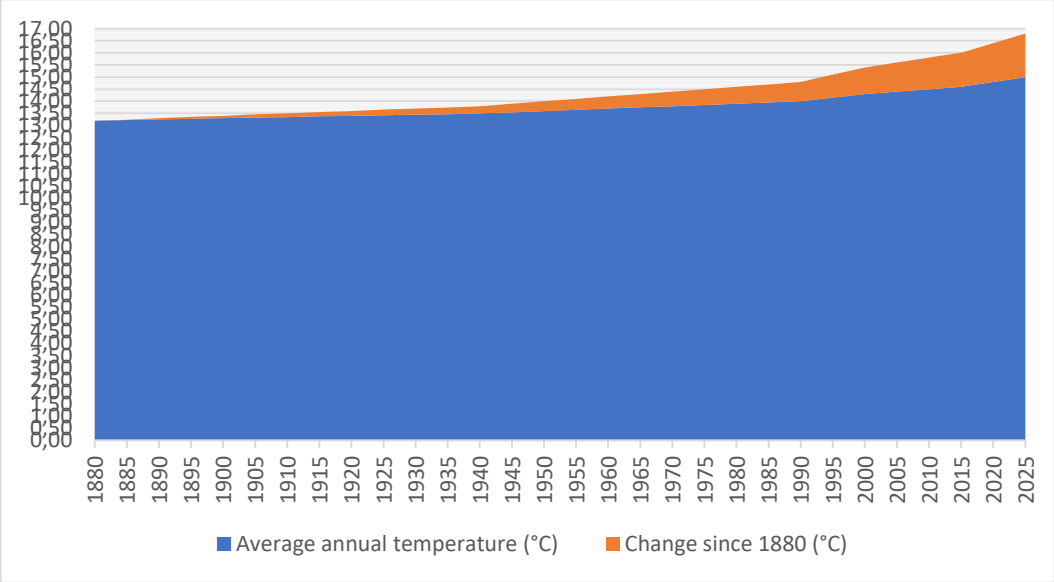


Figure 1: Dynamics of growth of average annual temperature in Uzbekistan (1880–2025)

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%.

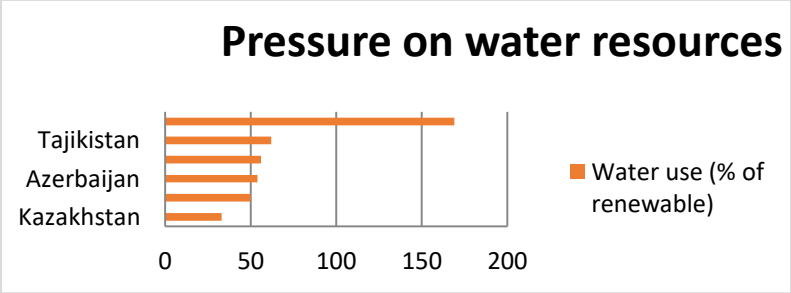


Figure 2: Pressure on water resources in Central Asia countires

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%).

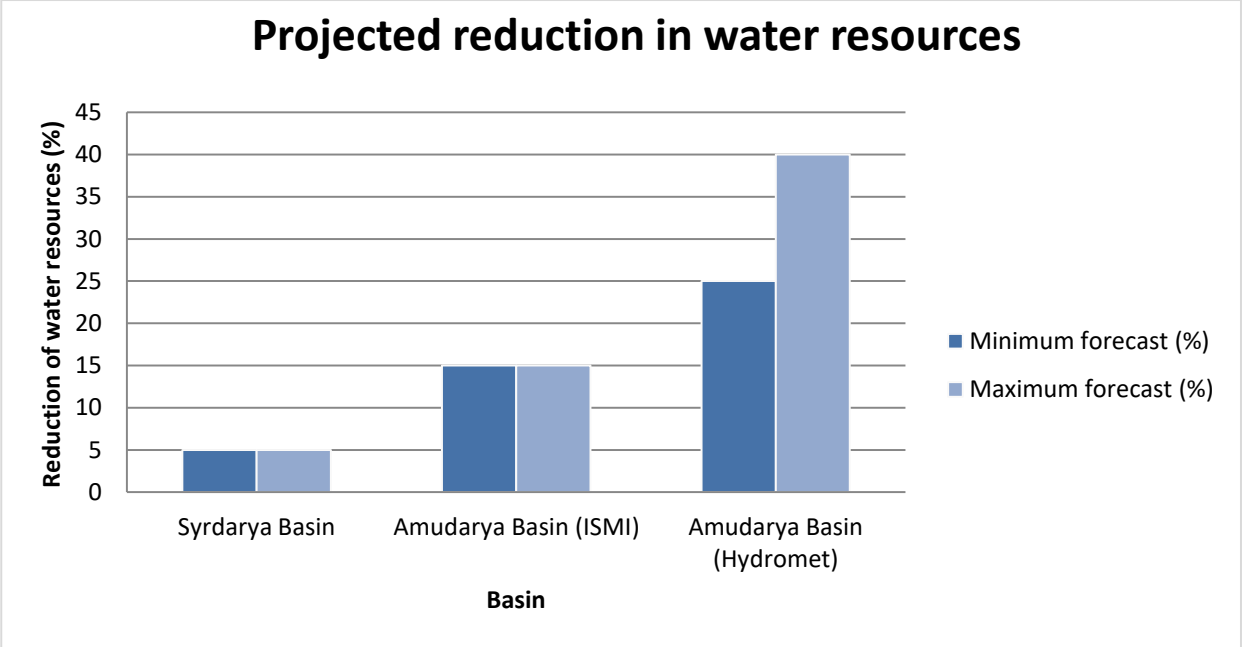


Figure 3: Forecast of water resource reduction in river basins by 2050

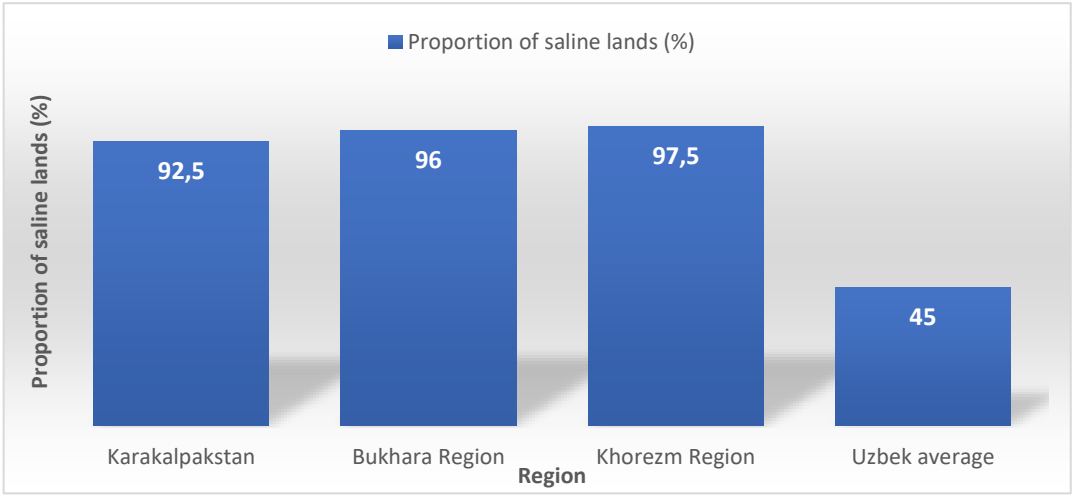


Figure 4: Salinization of irrigated lands by region of Uzbekistan

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.

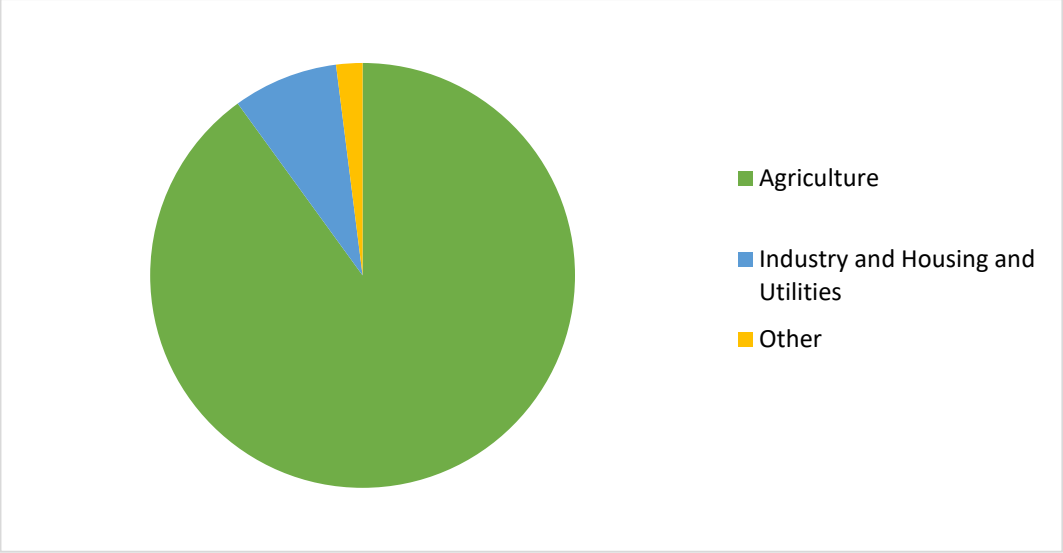


Figure 5: Structure of water consumption in Uzbekistan

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.

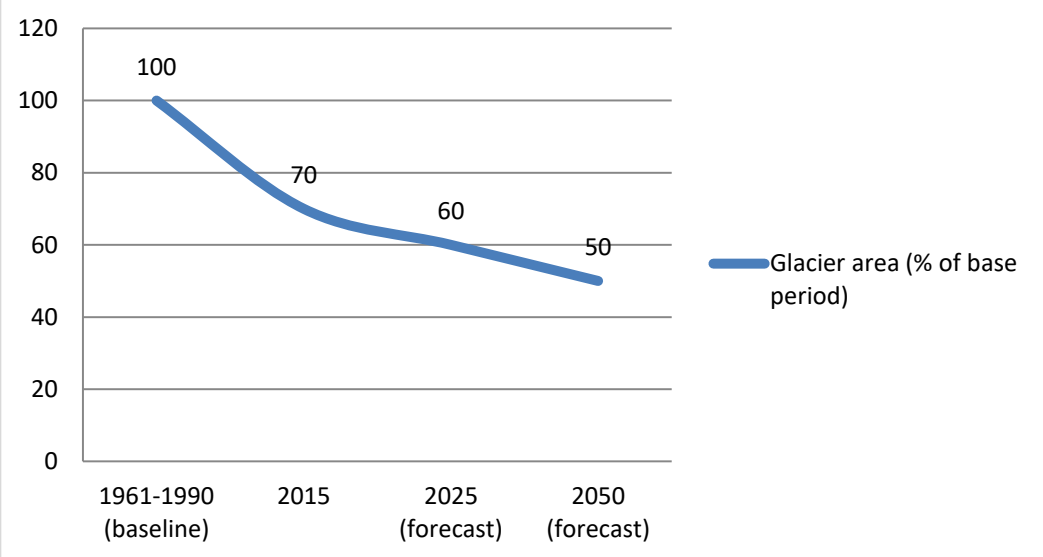


Figure 6: Reduction of glacier area in Central Asia

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.

Theoretical Foundations of Sustainable Land and Water Resources Management

1.1. The Concept of Sustainable Development as Applied to Land Use

The concept of sustainable development is the fundamental basis of the modern approach to natural resource management. According to the definition of the UN World Commission on Environment and Development (Brundtland Commission), presented in the report "Our Common Future" (1987), sustainable development is development in which meeting the

needs of the present does not undermine the ability of future generations to meet their own needs. This formulation enshrined the principle of intergenerational equity as the foundation of sustainable development and received widespread recognition following the UN Conference on Environment and Development (Rio de Janeiro, 1992), which adopted Agenda 21—a comprehensive program of action to ensure sustainable development at the global, national, and local levels. The concept of sustainable development is based on a three-pronged approach that balances three interrelated components:

1) The economic component—the rational use of resources to ensure economic prosperity and improve societal well-being;

2) The social component—achieving a high standard of living, a fair distribution of benefits, and ensuring social stability;

3) The environmental component—preserving the environment, biodiversity, and natural resources for future generations.

Academician T.S. Khachaturov, the founder of the science of environmental economics, wrote about the need for "sustainable socio-ecological-economic development of the country" back in 1979—long before the adoption of fundamental UN decisions in this area. The modern interpretation adds a fourth component to the traditional three—the management component, responsible for effective management and coordination of actions.

Sustainable development theory distinguishes two main approaches: the concept of strong sustainability and the concept of weak sustainability. Strong sustainability presupposes preserving natural capital for future generations without altering it. For example, according to UNESCO, "each generation should leave the world's water, air, and soil resources in the same condition as they found them when it first appeared on Earth." Weak sustainability, developed by Obel Laureate in Economics Robert Solow, allows for the substitution of physical or human capital for natural capital, provided that the overall well-being of the next generation is not diminished.

With regard to land use, the concept of sustainable development means the use of land resources that ensures: (1) meeting the needs of the population for food, raw materials, and other products of land use; (2) maintaining and restoring soil fertility; (3) preventing land degradation, erosion, and desertification; (4) preserving biodiversity and the ecological functions of landscapes; (5) ensuring the economic efficiency of land use. According to Agenda 21 (Chapter 7), the goal of sustainable land management is to meet land resource needs through environmentally sound spatial planning. This requires the development of national legislation, the creation of effective land markets, a system of tax incentives and land use controls, and partnerships between the public, private, and community sectors. Sustainable soil management involves practices such as no-tillage, the creation of shelterbelts to reduce erosion, salinity control, and composting. The ever-increasing global population makes land particularly valuable as a resource, so land use and planning must consider factors such as soil erosion, sustainability, and renewability.

1.2. The Water-Land Nexus: Linkages and Interdependencies

The nexus approach (from the English word nexus – connection, interdependence) is a conceptual framework for the comprehensive analysis of the interrelations between strategic resources. The most widely used is the water-energy-food nexus (WEF nexus), which examines the interdependence of water resources, energy, and food security. Since food production is inextricably linked to land use, an expanded version of the concept considers a four-component nexus: the climate-land-energy-water (CLEW nexus).

Water, energy, food, and land, as researchers note, form a single "hyperconnected" global network, the functioning of which is characterized by complexity and feedback loops. This system is under pressure from population growth, climate change, political decisions, and socioeconomic development. The efficient functioning and sustainability of the land-water nexus are essential for human well-being.

The key interrelationships in the land-water nexus are:

1) Water for land use: Agriculture consumes approximately 70% of global freshwater withdrawals for crop irrigation. The availability and quality of water resources directly determine land productivity and agricultural use.

2) Land for water: Land use patterns influence the hydrological cycle, precipitation infiltration, groundwater recharge, surface runoff, and water quality. Wetlands, forests, and natural ecosystems perform critical water regulation functions.

3) Competition for resources: Increasing food demand requires the expansion of irrigated land, which increases water withdrawals and can lead to the depletion of water resources. At the same time, land degradation reduces their water-holding capacity. 4) Energy Nexus: More than a quarter of the energy used globally is spent on producing and supplying food. Energy is needed to pump water, operate irrigation systems, and cultivate land.

Population growth, regional socioeconomic development, and changing resource consumption patterns in the context of a changing climate are dramatically increasing the demand for water, energy, and food. Ensuring water, energy, and food security requires considering the interrelationships between these sectors, seeking compromises to meet the needs of different consumers, and developing intersectoral cooperation and planning.

In Central Asia, the nexus approach is actively promoted by international organizations, including the OECD, UNECE, and FAO. The "Water, Energy, and Land Nexus in Central Asia" project is implementing pilot projects, holding regional dialogues, and developing specialist capacities. The nexus approach is designed to promote integrated management, taking into account the importance of ecosystems as guarantors of resource security. The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) emphasizes that, given the projected population growth to 9 billion by 2050, food production will need to increase by 60%, creating unprecedented pressure on water and land resources. Understanding and applying the nexus approach helps avoid the unintended consequences of sectoral decisions and unlocks the potential to achieve the UN Sustainable Development Goals.

1.3. Impact of Climate Change on Resource Availability and Quality

Climate change has profound and multifaceted impacts on land and water resources, becoming one of the main threats to sustainable development in the 21st century. According to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Special Report "Climate Change and Land" (2019), the increase in surface air temperature over land since the pre-industrial period is almost twice the global average temperature.

Impact on Water Resources. The United Nations calls water the central element of the climate crisis. Water is the cause of most of the impacts of climate change—from unpredictable precipitation patterns to shrinking ice sheets, rising sea levels, floods, and droughts. Currently, approximately 2 billion people worldwide lack access to safe drinking water, and approximately half the world's population experiences severe water shortages for at least part of the year. These figures are expected to increase due to climate change and population growth. Available and usable freshwater accounts for only 0.5% of the Earth's water resources, and climate change threatens these reserves. Rising temperatures disrupt precipitation patterns and the entire hydrological cycle. Changes in precipitation directly impact groundwater recharge: in regions with reduced precipitation, groundwater levels decline, leading to drinking water shortages and problems in agriculture.

According to UNESCO, climate change will negatively impact the availability, quality, and quantity of water resources needed to meet basic human needs. Rising water temperatures and reduced dissolved oxygen concentrations reduce the self-purification capacity of freshwater basins. This creates increased risks of water pollution and pathogen infestations caused by floods or higher concentrations of pollutants during droughts.

In coastal areas, rising sea levels can lead to salinization of groundwater, degrading its quality. Accelerated evaporation with rising temperatures increases the concentration of pollutants in water bodies. Hotter water typically contains less dissolved oxygen, which negatively impacts ecosystems.

Impact on land resources. The IPCC notes that climate change, including increased frequency and intensity of extreme events, is negatively impacting food security and terrestrial ecosystems, contributing to desertification and land degradation in many regions. Desertification, land degradation, and drought (DLDD) negatively impact the availability, quantity, and quality of water resources, leading to water shortages.

Climate change is altering water availability, making it a more scarce resource in a growing number of regions. Global warming is exacerbating water shortages in already water-stressed regions and increasing the risk of agricultural droughts, which impact crop yields, and environmental droughts, which increase the vulnerability of ecosystems. Droughts can trigger devastating sand and dust storms, capable of transporting billions of tons of sand across continents. Deserts are expanding, reducing the land available for growing food crops. Changing land cover affects evaporation and transpiration, which affects the amount of water available to recharge aquifers. Deforestation and land cultivation lead to increased

surface runoff and decreased water infiltration into the soil, reducing groundwater recharge.

Regional Features. Most of the impacts of climate change on water resources are manifested in the tropics, where most developing countries are located. Archipelagos, mountainous regions, tropical regions, and the far north are most vulnerable. Some small island states may face existential threats.

Arid regions, such as Central Asia, face particular risks. Water scarcity increases the risks to agricultural production as water supply, storage, and transportation systems reach their design limits. In many areas with high water stress, farmers withdraw shallow groundwater for irrigation, in some cases using non-renewable resources.

The need for adaptation. Gilbert F. Houngbo, Chair of UN-Water and President of the International Fund for Agricultural Development, emphasizes: "If we are truly committed to limiting global temperature rise to below 2°C and achieving the Sustainable Development Goals by 2030, we must take urgent action. Improved water management can support climate change mitigation and adaptation efforts." Adaptation to climate change requires innovative approaches to water resource management and land use. It is necessary to implement advanced technologies to increase water efficiency, improve water collection and recycling systems, and develop new methods for managing water resources. Healthy aquatic ecosystems and more effective water resource management can reduce greenhouse gas emissions and provide protection from climate threats.

CONCLUSION:

This study systematizes 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. The analysis shows that the country faces serious challenges due to the combination of climate change, its geographical location in an arid zone, and its dependence on transboundary water resources..

Summary of Key Findings

1. Scope of the Problem

Uzbekistan is among the countries most vulnerable to climate change. The average annual temperature in the country has increased by 1.6 degrees Celsius since 1880, exceeding the global average. Water resources in the Syr Darya and Amu Darya basins are projected to decline by 10-40% by 2050. Over 70% of the country's territory is degraded, and approximately 2 million hectares of irrigated land have been subjected to secondary salinization.

2. Theoretical Foundations of Management

The study showed that sustainable land and water resource management should be based on the principles of a land-water nexus, recognizing the inextricable relationship between these resources. The concept of integrated water resources management (IWRM), adapted to the conditions of Uzbekistan, envisions the coordination of water use, land use, and ecosystem protection at the basin level. 3. Innovative monitoring and analysis tools

Modern technologies significantly improve resource management efficiency. Remote sensing enables monitoring of crop conditions, land degradation, and water quality. Digital platforms such as Smart Water enable real-time water

consumption monitoring. Mathematical models of water balance and erosion processes support informed decision-making.
4. Water-saving technologies
The introduction of modern irrigation technologies is a key area of adaptation. Drip irrigation systems can reduce water consumption by 40-50% while simultaneously increasing crop yields. The Government of Uzbekistan provides subsidies covering up to 40% of the cost of such systems and concessional loans through the suvkred-it.uz platform.
5. Legal and Institutional Mechanisms
Uzbekistan has created an extensive legal and regulatory framework for water resources management, including the Water Resources Development Concept for 2020-2030 and the Water Resources Management Strategy for 2021-2023. Economic instruments, such as water tariffs and subsidies, have been introduced to encourage efficient resource use.
6. Key Challenges and Constraints
Despite progress, significant barriers remain: the high cost of modern technologies, limited access to financing, fragmented institutional governance, outdated infrastructure, lack of data and information, and low awareness of best practices among farmers.
Recommendations for Policymakers and Practitioners
For policymakers and government agencies:
1. Strengthening financial support
- Expand subsidy programs for water-saving technologies, increasing subsidies from 40% to 50-60% for small farms
- Develop public-private partnership mechanisms to attract investment in water infrastructure modernization
- Create a special climate adaptation fund to finance pilot projects**
2. Institutional Reforms**
- Strengthen coordination between ministries and agencies by establishing an interdepartmental water resources council with clear powers
- Empower basin water management organizations with greater authority in water planning and allocation
- Develop the capacity of local water user organizations
3. Information Systems Development
- Create a unified digital platform for monitoring and managing water and land resources with open access to data
- Invest in modernizing the hydrometeorological network and early warning systems
- Develop the use of remote sensing technologies for operational monitoring
4. Legal Improvements
- Improve water use legislation to ensure transparency and fairness in water allocation
- Strengthen enforcement mechanisms for water legislation
- Harmonize national legislation with international standards
For practitioners (farmers, water user organizations, agribusiness):
1. Implementation of water-saving technologies
- Transition to drip and subsurface irrigation systems, especially for high-value crops
- Apply soil mulching to reduce evaporation
- Use water-saving agricultural practices, such as minimum tillage
2. Diversification of agricultural production

- Implement crop rotations with drought-resistant crops
- Develop horticulture and viticulture as an alternative to water-intensive crops
- Transition to the production of high-value-added products
3. Improvement of farm-level management
- Actively participate in the work of water user organizations
- Implement water metering and irrigation planning systems
- Invest in training and professional development
4. Use of Innovative Solutions
- Apply digital tools for irrigation planning
- Use meteorological data and forecasts to optimize water use
- Participate in pilot projects to introduce new technologies

Areas of Further Research

1. Deepening the scientific understanding of climate change
- Developing detailed climate models for various regions of Uzbekistan, taking into account local characteristics
- Studying the impact of climate change on the hydrological cycle, including changes in precipitation, snowmelt, and glacial runoff
- Assessing the cumulative impact of climate change on ecosystems and biodiversity

2. Optimizing water and land use
- Developing integrated water-land balance models for various agroclimatic zones
- Studying optimal crop rotations and cropping patterns, taking into account water resource limitations
- Analyzing the effectiveness of various irrigation systems in Uzbekistan

3. Socioeconomic aspects of adaptation
- Assessing the economic effectiveness of various adaptation measures at the level farms and regions
- Study of the social consequences of climate change and adaptation strategies for vulnerable groups
- Analysis of barriers to the implementation of innovative technologies and development of measures to overcome them

4. Transboundary cooperation and regional integration
- Development of mechanisms for the equitable distribution of transboundary water resources in the context of climate change
- Study of the possibilities of creating regional climate monitoring and early warning systems
- Analysis of successful international experience in transboundary basin management

5. Technological innovations
- Development and adaptation of new varieties of agricultural crops resistant to drought and salinity
- Study of the potential for using renewable energy sources for water lifting and irrigation
- Development of intelligent irrigation management systems based on artificial intelligence and big data

6. Institutional and legal mechanisms
- Analysis of the effectiveness of existing institutional structures for water resources management
- Development of models for successful public-private partnerships in the water sector
- Study of mechanisms for financing adaptation to climate change

7. Monitoring and evaluation
- Development of a system of indicators for sustainable water and land resource management
- Creation of a methodology for a comprehensive assessment of the

vulnerability of territories to climate change changes
- Improving methods for assessing the ecosystem services of wetlands and other natural systems

Conclusions

Sustainable land and water management in the face of climate change is critical for ensuring food security, economic development, and social stability in Uzbekistan. The country has significant potential to adapt to changing conditions through the adoption of modern technologies, improved institutional governance, and the development of regional cooperation.

The success of adaptation strategies depends on a comprehensive approach that combines technological innovation, institutional reforms, economic incentives, and awareness raising among all stakeholders. Particular attention should be paid to supporting smallholder farmers and vulnerable groups.

The World Bank estimates that the benefits of adaptation investments in Uzbekistan are two to three times greater than the costs, underscoring the economic feasibility of proactive action. However, time for action is limited—delay increases the risks and costs of adaptation.

The results of this study can serve as a basis for developing evidence-based sustainable development strategies and programs, improving the legal and regulatory framework, and providing practical guidelines for various stakeholders. The implementation of the proposed recommendations will contribute to the achievement of the goals of the Uzbekistan 2030 Strategy and national commitments within the framework of international climate agreements.

REFERENCES:

- 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
- 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
- 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
- Uzbekistan: Rising Temperatures and Water Scarcity // CABAR.asia. [Electronic resource]. - Access mode: -https://longreads.cabar.asia/ cli-matechangeuz
- 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-/
- The State of the Environment in Uzbekistan. [Electronic resource]. - Access mode: http://uz-eco.tilda.ws/
- National Statistics Committee of the Republic of Uzbekistan. Sustainable Development Goals. [Electronic resource]. - Access mode: https://nsdg.stat.uz/goal/16
- Land degradation and desertification // GEF Small Grants Program. [Electronic resource]. -

Access mode: https://sgp.uz/ru/degradacija-zemel-i-opustynivanie/
- Land degradation: consequences and solutions for elimination // AGRO.UZ. - 2022. [Electronic resource]. - Access mode: https://www.agro.uz/ru/11-0308/
- 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/
- 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
- Strategy "Uzbekistan - 2030". [Electronic resource]. — Access mode: https://strategy.uz/index.php?static=strategy_actions&lang=ru
- 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/
- 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
- 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
- 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
- Sustainable Development - The Great Russian Encyclopedia. [Electronic resource]. — Access mode: https://bigenc.ru/c/ustoichivoe-razvitie-1e8c42
- 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/
- Sustainable development: goals, concept and strategy // Save the Forest, 2024. [Electronic resource]. - Access mode: https://forest-save.ru/esg-blog/ustojchivoe-razvitie
- 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
- Sustainable agriculture - Wikipedia. [Electronic resource]. — Access mode: https://ru.wikipedia.org/wiki/Устоивое_сельское_хозяйство
- Central Asian Dialogue on Water-Energy-Food Nexus (NEXUS). [Electronic resource]. — Access mode: https://carececo.org/main/activity/projects/nexus/
- Nexus Resource Platform. [Electronic resource]. — Access mode: https://www.water-energy-food.org/ru/
- Water-Energy-Land Use Linkages // OECD. [Electronic resource]. — Access mode:

https://www.oecd.org/en/about/programmes/water-energy-land-use-linkages.html
- 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
- Water-Food-Energy Nexus // FAO. [Electronic resource]. — Access mode: https://www.fao.org/land-water/water/watergovernance/waterfoodenergy-neus/en/
- Water: at the center of the climate crisis // UN. [Electronic resource]. - Access mode: https://www.un.org/ru/climatechange/science/climate-issues/water
- 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
- 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 . 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
- Causes and consequences of climate change // UN. [Electronic resource]. - Access mode: https://www.un.org/ru/climatechange/science/causes-effects-climate-change
- How climate change affects water resources // WiseWater. [Electronic resource].Access mode: https://wisewater.ru/articles/vliyanie_izmeneniya_klimata_na_vodnie_resursi
- 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
- 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/

УДК 631.459:631.4:502.5:332.3(575.1)

ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИ ЕРЛАРИНИНГ ЭКОЛОГИК БАРҚАРОРЛИГИ: ТУШУНЧА, ТАРКИБИЙ ҚИСМЛАР ВА УНИ БАҲОЛАШ ОМИЛЛАРИ

Саидмуродова Нигина Бурхон қизи - *Қарши Давлат техника университети магистранти*

Аннотация. *Мақолада «экологик барқарорлик» тушунчасининг илмий эволюцияси, унинг қишлоқ хўжалиги ерларига нисбатан моҳияти ва таркибий қисмлари таҳлил этилган. Хорижий адабиётлар (БМТнинг Брундтланд ҳисоботи, ФАО SAFA қўлланмаси, SAFE ва PSR концептуал доиралари, экотизим хизматлари назарияси) шарҳи асосида экологик барқарорликнинг олтита асосий йўналиши — тупроқ, сув, биохилма-хиллик, атмосфера/иқлим, ер қоплами/ландшафт бутунлиги ва моддий-энергетик юклама — ажратиб кўрсатилган. Ҳар бир йўналиш бўйича назарий кўрсаткичлар геоахборот тизимлари ва масофадан зондлаш орқали амалий ўлчанадиган индикаторлар (NDVI, NDSI/SSI, LST, тупроқ органик углероди ва бошқалар) билан боғланган.*
Калит сўзлар: экологик барқарорлик, барқарор қишлоқ хўжалиги, экотизим хизматлари, тупроқ сифати, биохилма-хиллик, PSR модели, SAFA, индикаторлар.

КИРИШ.

Қишлоқ хўжалиги ерларидан оқилона фойдаланиш масаласи, аввало, «барқарорлик» тушунчасининг тўғри талқин этилишини талаб қилади. Амалиётда кўпинча «экологик барқарорлик» атамаси интуитив равишда, аниқ таркибий асоссиз қўлланилади, бу эса баҳолаш кўрсаткичларини танлашда субъективликка ва турли тадқиқотлар натижаларининг қиёсланмаслигига олиб келади. Шу боис мазкур мақоланинг мақсади — экологик барқарорлик тушунчасининг илмий эволюциясини, унинг таркибий қисмларини ва уларни амалда баҳолаш омилларини тизимли тарзда ёритишдан иборат.

Замонавий барқарорлик назарияси Бирлашган Миллатлар Ташкилотининг 1987 йилги «Бизнинг умумий келажагимиз» (Брундтланд) ҳисоботидан бошланади, унда барқарор ривожланиш «ҳозирги авлод эҳтиёжларини келажак авлодларнинг ўз эҳтиёжларини қондириш имкониятига путур етказмаган ҳолда қондириш» деб таърифланган ва иқтисодий, экологик ҳамда ижтимоий (тенглик) йўналишларининг ўзаро уйғунлигини талаб қилиши кўрсатилган [1]. Қишлоқ хўжалиги соҳасида бу умумий концепция «барқарорлик учбурчаги» шаклида — иқтисодий фойдалилик, экологик мувозанат ва ижтимоий адолат ўртасидаги мувозанат сифатида — қайта ишлаб чиқилган, бунда ҳеч бир йўналиш бошқаларидан устун бўлмаслиги лозим [2].

Экологик барқарорликнинг ўзи, ушбу учлик доирасида, агроэкотизимнинг ўз функционал бутунлигини — тупроқ унумдорлигини, сув ва ҳаво сифатини, биологик хилма-хилликни ҳамда табиий жараёнларни (моддалар айланиши, ер усти сув режими, иқлимий мувозанат) — узоқ муддат давомида, инсон таъсирига қарамасдан сақлаб қолиш қобилияти сифатида тушунилади. Халқаро амалиётда бу тушунча кўпинча «экотизим хизматлари» (ecosystem services) назарияси орқали операционаллаштирилади: қишлоқ хўжалиги амалиётлари бир вақтнинг ўзида тупроқни муҳофаза қилиш, биохилма-хиллик, сув миқдори ва сифати, углерод секвестрацияси, чангланиш ва озиқа моддалари айланиши каби хизматларга таъсир кўрсатади ва улардан фойдаланади [3]. Демак, экологик барқарорлик — статик ҳолат эмас, балки

агроэкотизимнинг ушбу хизматларни узлуксиз таъминлаш қобилиятининг вақт бўйича сақланиши ёки яхшиланишидир.

Озиқ-овқат ва қишлоқ хўжалиги тизимларининг барқарорлигини баҳолаш бўйича БМТ Озиқ-овқат ва қишлоқ хўжалиги ташкилоти (ФАО) ишлаб чиққан SAFA қўлланмасида «экологик яхлитлик» (environmental integrity) ўлчами олтита мавзуга ажратилган: атмосфера, сув, ер, материаллар ва энергия, биохилма-хиллик ҳамда ҳайвонлар фаровонлиги [2]. Ушбу тузилишни қишлоқ хўжалиги ерларининг ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда қуйидаги олтита йўналиш бўйича тизимлаштириш мумкин.

Тупроқ сифати ва унумдорлиги

Тупроқ — агроэкотизимнинг асосий ва энг секин тикланадиган компоненти бўлиб, унинг ҳолати органик модда (гумус) миқдори, тузилиши, шўрланиш даражаси, эрозияга учраш даражаси ва биологик фаоллиги орқали тавсифланади. Марказий Осиё шароитида бу омил алоҳида аҳамиятга эга: сўнгги тадқиқотлар Ўзбекистон тупроқларида гумус миқдорининг 1990–2020 йилларда 1,3–1,5 баробарга камайганини ва бир қатор вилоятларда шўрланиш даражасининг икки-уч баробар ошганини кўрсатган [4].

Сув ресурслари ҳолати

Сув режими — сифати, миқдори ва ер ости сувлари сатҳи жиҳатидан — суғориладиган деҳқончилик учун ҳал қилувчи омил ҳисобланади. Хоразм вилояти мисолида ўтказилган тадқиқот ер ости сувлари сатҳининг юзага яқинлиги деградация хавфини оширувчи энг кучли омил (нисбий таъсир кучи — 330%) эканини кўрсатган, бунда ер ости сувларининг шўрланганлиги ҳам сезиларли таъсирга (26%) эга бўлган [5].

Биохилма-хиллик ва экотизим хизматлари

Агроландшафтдаги биологик хилма-хиллик — тупроқ микрофлораси ва фаунаси, чангловчи ҳашаротлар, ёввойи ва экинга яқин ўсимлик турлари — озиқа моддалари айланиши, чангланиш ва зараркунандаларга қарши табиий назорат каби муҳим экотизим хизматларини таъминлайди. Бу хизматларнинг йўқолиши агроэкотизимнинг ташқи (кимёвий) омилларга боғлиқлигини оширади ва узоқ муддатли барқарорликни пасайтиради [3].

Атмосфера ва иқлим омиллари

Иссиқхона газлари эмиссияси, ер юзаси ҳарорати ва иқлим ўзгаришига мослашув қобилияти экологик барқарорликнинг иқлимий ўлчовини ташкил этади. Бу омил, айниқса, иссиқлик стресси ва қурғоқчилик хавфи ортиб бораётган аридли минтақаларда (жумладан Ўзбекистонда) экинларнинг ҳосилдорлиги ва тупроқ намлик режимига бевосита таъсир кўрсатади [2].

Ер қоплами ва ландшафт функционал бутунлиги

Ер қоплами ва ундан фойдаланиш тузилишининг ўзгариши (масалан, табиий ўсимлик қопламининг қисқариши, ерларнинг парчаланиши, деградация) ландшафт даражасидаги экологик функцияларга — сув айланиши, эрозиядан муҳофаза, экотизимлар ўртасидаги алоқадорликка — таъсир кўрсатади. Айнан шу омил БМТ Чўлланишга қарши курашиш конвенцияси (UNCCD) томонидан ишлаб чиқилган SDG 15.3.1 глобал кўрсаткичининг марказида туради, у ер қоплами ўзгариши, ер маҳсулдорлиги динамикаси ва тупроқ органик углероди захиралари каби учта субиндикатор орқали баҳоланади [6].

Материаллар, энергия ва кимёвий юклама

Минерал ўғитлар, пестицидлар ва энергия ресурсларидан фойдаланиш даражаси ҳам агроэкотизимнинг экологик мувозанатига бевосита таъсир кўрсатади: ортиқча кимёвий юклама тупроқ ва сув сифатининг пасайишига, биохилма-хилликнинг қисқаришига олиб келади. Шу сабабли кўп сонли халқаро баҳолаш тизимларида (масалан, ҳаёт цикли таҳлили — LCA) бу омил алоҳида йўналиш сифатида кўриб чиқилади [7].

ЭКОЛОГИК БАРҚАРОРЛИКНИ БАҲОЛАШ ЁНДАШУВЛАРИ

Юқорида кўрсатилган таркибий қисмларни амалда баҳолаш учун халқаро адабиётда бир нечта концептуал доира ва усуллар шаклланган. «Босим–ҳолат–жавоб» (Pressure–State–Response, PSR) модели атроф-муҳитга кўрсатилаётган антропоген босимни, экотизимнинг жорий ҳолатини ва жамият томонидан кўрилаётган чора-тадбирларни ўзаро боғлаган ҳолда таҳлил қилиш имконини беради ва экологик кўрсаткичлар учун айниқса мос келади, аммо иқтисодий ва ижтимоий кўрсаткичларни таҳлил қилишда чекланган [8]. Кўп даражали (участка, хўжалик, ландшафт) SAFE (Sustainability Assessment of Farming and the Environment) доираси эса принцип–мезон–индикатор–мезон қиймати иерархияси орқали экологик, иқтисодий ва ижтимоий устунларни бирлаштиради [9].

Замонавий тадқиқотларда экологик таъсирларни баҳолаш учун тўрт хил усулнинг биргаликда қўлланилиши тавсия этилади: ҳаёт цикли таҳлили (LCA), экотизим хизматлари таҳлили, ҳосилдорлик бўшлиғи (yield gap) таҳлили ва агроэкологик кўрсаткичлар усули — уларнинг ҳар бири турли жиҳатларни (моддий оқимлар, экотизим функциялари, потенциал ва реал ҳосилдорлик фарқи, амалий кўрсаткичлар) қамраб олади ва биргаликда яхлит тизимли баҳолашни таъминлайди [7].

Сўнгги ўн йилликда бу назарий доиралар масофадан зондлаш маълумотлари билан бойитилмоқда: тупроқ ва биохилма-хиллик омиллари NDVI каби вегетация индекслари орқали [10], сув ва шўрланиш омиллари NDSI/SSI индекслари орқали [11], иқлим/атмосфера омили эса ер юзаси ҳарорати (LST) орқали [12] масофадан баҳоланиши мумкин. Бундай интеграция назарий концепциялар (SAFA, SAFE, PSR)ни амалий, кенг ҳудудларда қўлланиладиган ва такрорланувчан геоахборот индикаторларига айлантириш имконини беради, бу эса Мисрдаги SASM модели [13], Япониядаги fuzzy-MCDM ёндашуви [14] ва Сурхондарё ҳавзаси мисолидаги ландшафт таҳлили [12] каби амалий тадқиқотларда ўз тасдиғини топган.

Шу тариқа, экологик барқарорликни баҳолашнинг замонавий методологияси икки босқичли жараён сифатида кўрилиши мумкин: (1) назарий асосланган таркибий қисмларни (тупроқ, сув, биохилма-хиллик, иқлим, ландшафт, кимёвий юклама) аниқлаш; (2) ҳар бир таркибий қисмни геофазовий маълумотлар асосида ўлчанадиган, стандартлаштирилган индикаторларга айлантириш ва уларни ягона интеграциялашган баҳолаш моделида бирлаштириш.

Таркибий қисм	Назарий асос (манба)	Геофазовий/амалий индикатор
Тупроқ сифати ва унумдорлиги	SAFA – «Ер» мавзуси [2]	Гумус миқдори, бонитет балли, NDVI
Сув ресурслари ҳолати	SAFA – «Сув» мавзуси [2]	Ер ости сувлари сатҳи, ирригация самарадорлиги

Таркибий қисм	Назарий асос (манба)	Геофазовий/амалий индикатор
Биохилма-хиллик ва экотизим хизматлари	Dale & Polasky [3]	Ўсимлик турлари хилма-хиллиги, NDVI динамикаси
Атмосфера ва иқлим	SAFA – «Атмосфера» мавзуси [2]	LST, қурғоқчилик индекси
Ер қоплами ва ландшафт бутунлиги	UNCCD SDG 15.3.1 [6]	Ер қоплами ўзгариши, NPP
Материаллар, энергия ва кимёвий юклама	LCA ёндашуви [7]	Ўғит/пестицид меъёрлари, энергия сарфи

1-жадвал. Экологик барқарорликнинг таркибий қисмлари ва уларга мос геофазовий индикаторлар

ХУЛОСА

Ўтказилган таҳлил шуни кўрсатадики, «экологик барқарорлик» — ягона кўрсаткич эмас, балки тупроқ, сув, биохилма-хиллик, атмосфера/иқлим, ер қоплами ва кимёвий юклама каби олти таркибий қисмни ўз ичига олган кўп ўлчовли тушунчадир. Ушбу таркибий қисмларнинг ҳар бирини аниқ назарий асосга (SAFA, SAFE, PSR, экотизим хизматлари назарияси) таяниб, замонавий геоахборот ва масофадан зондлаш индикаторлари орқали ўлчанадиган кўрсаткичларга айлантириш — қишлоқ хўжалиги ерларининг экологик барқарорлигини илмий асосланган ҳолда баҳолаш ва мониторинг қилишнинг зарурий шартидир. Мазкур концептуал асос кейинги тадқиқотларда интеграциялашган баҳолаш моделини ишлаб чиқиш ва уни муайян ҳудуд шароитида синовдан ўтказиш учун методологик пойдевор бўлиб хизмат қилади.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. World Commission on Environment and Development (WCED). Our Common Future (Brundtland Report). – Oxford: Oxford University Press, 1987.
2. FAO. Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems (SAFA) Guidelines, Version 3.0. – Rome: FAO, 2014.
3. Dale V.H., Polasky S. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services // Ecological Economics. – 2007. – Vol. 64, No. 2. – P. 286–296.
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. 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.
6. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). Good Practice Guidance for Assessing SDG Indicator 15.3.1. – Bonn: UNCCD, 2017.
7. Bergez J.-E., Béthinger A., Bockstaller C. et al. Integrating agri-environmental indicators, ecosystem services assessment, life cycle assessment and yield gap analysis to assess the environmental sustainability of agriculture // Ecological Indicators. – 2022. – Vol. 141. – Art. 109107.
8. Yli-Viikari A. Indicators for sustainable agriculture – a theoretical framework for classifying and assessing indicators // Agricultural and Food Science in Finland. – 1999. – Vol. 8. – P. 265–283.

9. Van Cauwenbergh N., Biala K., Bielders C. et al. SAFE – A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems // Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2007. – Vol. 120, No. 2–4. – P. 229–242.
10. Padonou M.J.D.D. et al. Ecological sustainability indicators of agroecosystems derived from satellite remote sensing: a systematic review // Cahiers Agricultures. – 2024.
11. 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.
12. 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.

УДК 332.3:528.9:004.9(575.1)

ЕР ТУЗИШ ЛОЙИҲАЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШДА ГАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИНИНГ ЎРНИ ВА АҲАМИЯТИ

Муродова Шаҳодат Музаффаровна *- Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари миллий тадқиқот университети (ТИҚХММИ) мустақил изланувчиси*

Аннотация. Мақолада ер тузиш лойиҳаларини ишлаб чиқиш жараёнининг замонавий босқичлари ва бу жараёнда геоахборот тизимлари (ГАТ) технологияларининг тутган ўрни таҳлил этилган. Хорижий тажриба (Польша, Туркия, Украина мисолларида ер консолидацияси лойиҳалари) ва мамлакатимиздаги меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатлар шарҳи асосида ГАТнинг дастлабки тадқиқот, ерларни баҳолаш, майдонларни лойиҳалаш, лойиҳани келишиш ҳамда амалга ошириш ва мониторинг қилиш каби барча босқичлардаги амалий имкониятлари кўрсатилган. Суғориладиган ерларда ер тузиш лойиҳаларини ГАТ ва масофадан зондлаш маълумотлари асосида такомиллаштириш йўналишидаги истиқболли вазифалар белгиланган.

Калит сўзлар: ер тузиш, геоахборот тизимлари, ер консолидацияси, лойиҳалаш, кадастр, суғориладиган ерлар, масофадан зондлаш.

КИРИШ

Ер тузиш — ер ресурсларидан оқилона фойдаланиш ва уларни муҳофаза қилишни таъминловчи, ҳудудни ташкил этиш, ер майдонларининг чегаралари, мақсадли йўналиши ва фойдаланиш тартибини белгилашга қаратилган давлат тадбирлари тизимидир. Ер тузиш лойиҳаларининг сифати кўп жиҳатдан дастлабки маълумотларнинг тўлиқлиги ва аниқлигига, шунингдек лойиҳалаш жараёнида қўлланиладиган технологик воситаларга боғлиқ. Анъанавий, қоғоз харита ва далада ўлчаш асосидаги усуллар кўп вақт талаб қилиши, аниқлик даражасининг пастлиги ва маълумотларни тезкор янгилаш имконияти йўқлиги билан тавсифланади. Геоахборот тизимлари (ГАТ) технологияларининг жорий этилиши бу муаммоларни бартараф

этиш ва ер тузиш лойиҳаларини ишлаб чиқиш жараёнини тубдан такомиллаштириш имконини бермоқда. Мазкур мақоланинг мақсади — ер тузиш лойиҳалаш жараёнининг ҳар бир босқичида ГАТ технологияларининг аниқ ўрни ва амалий аҳамиятини хорижий ва миллий тажриба мисолида кўрсатишдан иборат.

Замонавий ер тузиш назариясида лойиҳалаш жараёни, одатда, бир нечта изчил босқичдан иборат бўлади: (1) дастлабки тадқиқот ва ер-кадастр маълумотларини инвентаризация қилиш; (2) ерларни табиий-хўжалик хусусиятлари (тупроқ унумдорлиги, рельеф, гидрогеологик шароит) бўйича баҳолаш ва таснифлаш; (3) майдонларни лойиҳалаш — участка чегаралари, йўллар, суғориш-зовур тармоғи ва ишлаб чиқариш марказларини жойлаштириш; (4) лойиҳани манфаатдор томонлар (ер эгалари, маҳаллий ҳокимият, сув хўжалиги ташкилотлари) билан келишиш ва тасдиқлаш; (5) лойиҳани амалиётга жорий этиш ва кейинги мониторинг қилиш. Совет даврида шаклланган ички хўжалик ер тузиши тизими асосан ишлаб чиқариш режаларига йўналтирилган бўлса, бозор муносабатлари шароитида бу тизим бизнес-режалар ва ер бозори эҳтиёжларига мослаштирилди, шу билан бирга спутник навигация ва ГАТ технологияларининг жорий этилиши лойиҳалаш жараёнининг сифат жиҳатидан янги босқичини бошлаб берди.

Қоғоз харита ва далада қўлда ўлчаш асосидаги анъанавий ер тузиш усуллари бир қатор жиддий камчиликларга эга: биринчидан, маълумотларни йиғиш ва қайта ишлаш кўп вақт ва меҳнат сарфини талаб қилади; иккинчидан, турли манбалардан (тупроқ хариталари, кадастр ҳужжатлари, гидрогеологик маълумотлар) олинган ахборотни бир тизимга интеграциялаш мураккаб бўлади; учинчидан, лойиҳа тасдиқлангандан сўнг ундаги ўзгаришларни (масалан, ер эгалари алмашинуви ёки табиий шароит ўзгариши туфайли) тезкор янгилаш имконияти чекланган. Бу камчиликлар, айниқса, суғориладиган ерларда, қаерда тупроқ шўрланиши, ер ости сувлари сатҳи ва рельеф каби омиллар тез-тез ўзгариб туриши мумкин, лойиҳа сифатига сезиларли таъсир кўрсатади.

ГАТ технологиялари туфайли кадастр, тупроқ, гидрогеология ва рельеф бўйича турли манбалардан олинган маълумотларни ягона геомаълумотлар базасида бирлаштириш мумкин бўлади. Космик тасвирлар ва рақамли рельеф моделлари (DEM) ер участкаларининг чегаралари, майдони ва табиий хусусиятларини юқори аниқлик билан ва қисқа муддатда аниқлаш имконини беради, бу эса далада қўлда ўлчаш ишларининг ҳажмини сезиларли қисқартиради [1].

Ушбу босқичда ГАТ муҳитида кўп мезонли қарор қабул қилиш усуллари (MCDM) ва фаззи-мантиқий (fuzzy) таҳлил орқали ер участкаларининг маълум мақсад (масалан, муайян экин тури учун) яроқлилиги баҳоланади. Хусусан, вегетация ва тупроқ индекслари (SAVI, ARVI, MSAVI, OSAVI), ер юзаси ҳарорати ва рельеф қиялигини бирлаштирган тадқиқотда бундай ёндашув юқори аниқликдаги (R^2=0,839) яроқлилик хариталарини яратиш имконини бергани кўрсатилган [2].

Шунингдек, Хоразм вилояти мисолида ўтказилган тадқиқотда деградация хавфига таъсир этувчи омиллар (ер ости сувлари сатҳи, ердан фойдаланиш интенсивлиги, тупроқ сифати, рельеф қияли, шўрланиш) ГАТ ва статистик моделлар орқали аниқланган ва картага туширилган, бу эса ер тузиш лойиҳалари учун объектив баҳолаш асосини яратади [3]. Тупроқ шўрланишини NDSI ва NDVI индекслари орқали GAT муҳитида картага тушириш усули ҳам худди шу босқичда участкаларни тўғри таснифлаш учун қўлланилиши мумкин [4].

Польшада ер консолидацияси лойиҳалари мисолида ўтказилган тадқиқотда ГАТга асосланган таҳлил орқали ландшафт хусусиятлари (сув режими, ландшафт муҳофазаси, инфратузилма жойлашуви) лойиҳа қарорларига интеграциялаштирилгани, бу эса участка чегаралари ва йўл-суғориш тармоғини лойиҳалашда қарор қабул қилиш жараёнини сезиларли яхшилагани кўрсатилган [1]. Туркияда ўтказилган тадқиқотда ер консолидацияси лойиҳаларининг режалаштириш босқичи лойиҳанинг энг муҳим қисми экани, бунда маълумотларнинг аниқлиги режалаштириш сифатини белгилаши, шу боис барча режалаштириш ва лойиҳалаш ишларининг ГАТ муҳитида амалга оширилиши лозимлиги таъкидланган [5]. Бундай ёндашув участкаларни оптималлаштириш, паррчаланган ер майдонларини бирлаштириш ва ишлаб чиқариш инфратузилмасини самарали жойлаштириш имконини беради.

ГАТ асосида тайёрланган интерактив харита ва визуал моделлар лойиҳани манфаатдор томонлар — ер эгалари, маҳаллий ҳокимият органлари ва сув хўжалиги ташкилотлари — билан келишиш жараёнини анча соддалаштиради. Украина олий таълим тизимида ер консолидацияси бўйича ишлаб чиқилган ўқув дастурида таъкидланганидек, ГАТ воситалари лойиҳани режалаштириш, манфаатдор томонларни жалб қилиш ва қарор қабул қилиш жараёнларини яхшилашга, шунингдек лойиҳа харитасини тайёрлаш орқали иштирокчилар ўртасида самарали мулоқотни таъминлашга хизмат қилади [6].

Лойиҳа тасдиқлангандан сўнг ГАТ технологиялари унинг амалиётга жорий этилиши натижаларини кузатиш ва баҳолаш имконини беради. Украинада ўтказилган сўнгги тадқиқотда фазовий таҳлил, ер парчаланиши даражасини баҳолаш ва график-умумлаштириш усуллари орқали ер консолидацияси лойиҳаларининг натижасида ердан фойдаланиш парчаланишининг камайгани, эгалик тузилishida ижобий ўзгаришлар юз бергани ва ҳудуднинг фазовий тузилиши яхшиланган аниқланган [7]. Бу, ГАТ асосидаги мониторингнинг лойиҳа самарадорлигини баҳолашда ва кейинги лойиҳаларни такомиллаштиришда муҳим восита эканини кўрсатади.

ЕР ТУЗИШ ЛОЙИҲАЛАШ БОСҚИЧЛАРИ ВА ГАТ ИМКОНИЯТЛАРИ

Босқич	Анъанавий усулдаги чекловлар	ГАТ технологиясининг имконияти
Дастлабки тадқиқот	Далада қўлда ўлчаш, кўп вақт сарфи	DEM, космик тасвир, ягона геомаълумотлар базаси

Босқич	Анъанавий усулдаги чекловлар	ГАТ технологиясининг имконияти
Баҳолаш ва таснифлаш	Субъектив, чекланган мезонлар	MCDM/fuzzy таҳлил, вегетация ва тупроқ индекслари
Майдонларни лойиҳалаш	Қоғоз харитада қўлда чизиш	Участкаларни оптималлаштириш, тармоқни моделлаштириш
Келишиш ва тасдиқлаш	Мулоқот учун статик хариталар	Интерактив вижуал моделлар, онлайн харита
Амалга ошириш ва мониторинг	Даврий, қўлда текшириш	Узлуксиз фазовий мониторинг, автоматик таҳлил

1-жадвал. Ер тузиш лойиҳалаш босқичларида анъанавий усуллар ва ГАТ технологиясининг қиёсий имкониятлари

ЎЗБЕКИСТОН ТАЖРИБАСИ ВА ИСТИҚБОЛЛАРИ

Ўзбекистонда ер тузиш ва кадастр соҳасини рақамлаштириш йўналишида бир қатор муҳим қадамлар қўйилган. 2020–2030 йилларга мўлжалланган қишлоқ хўжалигини ривожлантириш стратегиясида лалми, яйлов ва бошқа ерлардан фойдаланиш самарадорлигини ошириш вазифаси белгиланган [8]. 2021 йил 24 февралдаги Президент қарори билан ер тузиш, кадастр ва ер мониторинги давлат бошқаруви тизими қайта ташкил этилиб, соҳага ахборот-коммуникация технологияларини кенг жорий этиш вазифаси қўйилган [9]. 2023 йилда эса «Агроплатформа» ягона ахборот тизими жорий этилиб, қишлоқ хўжалиги ерларидан фойдаланувчиларнинг ягона маълумотлар базасини шакллантириш белгиланган [10].

Бундан ташқари, ТИҚХММИ негизида Корея Республикаси МАФРА ва МОЛИТ вазирликлари ҳамкорлигида амалга оширилаётган, Тошкент вилояти учун геофазовий маълумотларга асосланган рақамли қишлоқ хўжалиги платформасини яратишга қаратилган грант лойиҳаси [11] — ер тузиш лойиҳаларини ГАТ асосида такомиллаштириш бўйича илмий-амалий ишланмаларни синаш учун қулай институционал майдон яратади. Шу билан бирга, амалдаги тизимда ер тузиш лойиҳаларини ишлаб чиқишнинг барча босқичларини қамраб оладиган, замонавий геоахборот ва масофадан зондлаш маълумотларини тўлиқ интеграциялашган ягона услубий асос ҳали шаклланмаган, бу эса мазкур йўналишдаги тадқиқотларнинг долзарблигини сақлаб қолмоқда.

ХУЛОСА

Ўтказилган таҳлил ГАТ технологияларининг ер тузиш лойиҳаларини ишлаб чиқишнинг барча босқичларида — дастлабки тадқиқотдан тортиб мониторингга қадар — сифат жиҳатидан янги даражадаги аниқлик, тезкорлик ва шаффофликни таъминлашини кўрсатди. Хорижий тажриба (Польша, Туркия, Украина) шуни исботлайдики, ГАТга асосланган лойиҳалаш нафақат техник самарадорликни, балки манфаатдор томонлар ўртасидаги келишув жараёнини ҳам яхшилайди. Ўзбекистонда амалга оширилаётган

рақамлаштириш ислоҳотлари ва халқаро грант лойиҳалари бу йўналишни ривожлантириш учун қулай замин яратмоқда, аммо суғориладиган ерларда ер тузиш лойиҳаларини ишлаб чиқишнинг тўлиқ, ГАТ ва масофадан зондлаш маълумотларига асосланган услубий тизимини яратиш ҳали долзарб илмий-амалий вазифа бўлиб қолмоқда.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Pulecka A., Kupidura P. GIS Supporting Landscape Issues in Land Consolidation Works in Poland // FIG Working Week 2007, Hong Kong SAR, China, 13–17 May 2007.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. İşcan F. Using GIS in Land Consolidation Application // XXV International Federation of Surveyors (FIG) Congress, Kuala Lumpur, Malaysia, 16–21 June 2014.
6. GIS in cadastral systems: educational programme on the significance of GIS tools in land consolidation projects (planning, stakeholder engagement, decision-making, mapping) // National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (NUBIP), 2024–2025.
7. Modern GIS technologies supporting land management in agricultural land consolidation (Liutenska and Petrivsko-Romenska territorial communities) // eNUPPIR, National University «Poltava Polytechnic», 2025.
8. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 23 октябрдаги «Ўзбекистон Республикаси қишлоқ хўжалигини ривожлантиришнинг 2020–2030 йилларга мўлжалланган стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида»ги ПФ-5853-сон Фармони.
9. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2021 йил 24 февралдаги ер тузиш, кадастр ва ер мониторинги давлат бошқаруви тизимини такомиллаштиришга доир Қарори.
10. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2023 йил 2 августдаги «Қишлоқ хўжалиги соҳасига илғор рақамли технологияларни жорий қилиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ–257-сон Қарори.
11. ТИҚХММИ ва Корея Республикаси МАФРА, МОЛИТ вазирликлари ҳамкорлигидаги 2024–2027 йилларга мўлжалланган грант лойиҳаси // gov.uz, «Геоахборот тизими» бўлими.

УДК 332.3:519.86:711.1(575.1)

AHOLI PUNKTI YERLARI HISOBINI EKONOMETRIK MODELLASHTIRISH ASOSIDA PROGNOZ KO‘RSATKICHLARINI ISHLAB CHIQISH

Jurakulov Doniyor Ochilovich *- Samarqand davlat texnika universiteti professori, texnika fanlari nomzodi*

Ibragimov Lazizbek Toshpulat o‘g‘li *- Samarqand davlat texnika universiteti dotsenti, geografiya fanlari falsafa doktori (PhD)*

Akaboyev Jasur Abdug‘apporovich *- Respublika aerogeodeziya markazi Ma’muriy-hududiy birliklar chegaralarini belgilash bo‘limi boshlig‘i, mustaqil tadqiqotchi*

Annotatsiya. Ushbu maqolada aholi punkti yerlarining qurilish bilan bandlik darajasini ekonometrik modellashtirish va 2035 yilgacha prognozlash masalasi tadqiq etilgan. Tadqiqotda 2016–2025 yillarga oid yillik ma’lumotlar asosida yerlarning qurilish bilan bandlik darajasi hamda uni belgilovchi doimiy aholi soni, binolar band maydoni, aholi punkti umumiy maydoni, binolar soni va aholi zichligi ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi miqdoriy bog‘liqlik baholangan.

Kalit so‘zlar: aholi punkti yerlari, yer resurslari, qurilish bilan bandlik darajasi, ekonometrik modellashtirish, prognozlash, bosh komponentlar regressiyasi, multikollinearlik, aholi soni, binolar band maydoni, aholi zichligi

Kirish. Aholi punkti yerlarining qanchalik qurilish bilan band bo‘layotgani yer resurslarini hisobga olish va boshqarishning asosiy ko‘rsatkichlaridan biridir. Aholi soni, binolar soni va aholi zichligi o‘sgan sari aholi punktidagi bo‘sh yer zaxirasi qisqaradi. Bu jarayonni boshqarish uchun uni belgilovchi omillar o‘rtasidagi miqdoriy bog‘liqlikni bilish kerak. Shu maqsadda yerlarning qurilish bilan bandlik darajasi (Y) va unga ta’sir etuvchi besh omil (X1-X5) o‘rtasidagi bog‘liqlik 2016-2025 yillar ma’lumotlari asosida ekonometrik baholandi va 2026-2035 yillar uchun prognoz ishlab chiqildi.

Tadqiqot natijalari va

Tadqiqot natijalari va muhokamasi: Aholi punkti yerlari hisobini ekonometrik modellashtirish asosida prognoz ko‘rsatkichlarini ishlab chiqishda o‘zgaruvchilarning iqtisodiy mazmuni va modeldagi roli quyidagi jadvalda keltirilgan.

1-jadval

O‘zgaruvchilar tavsifi

Belgi	Ko‘rsatkich	O‘lchov birligi	Iqtisodiy mazmuni	Modeldagi roli
Y	Yerlarning qurilish bilan bandlik darajasi	%	Aholi punkti umumiy maydonining bino va inshootlar egallagan qismi	Natijaviy (bog‘liq) o‘zgaruvchi
X1	Doimiy aholi	kishi	Uy-joy, xizmat va ijtimoiy infratuzilmaga bo‘lgan talabning asosiy manbai	Omil
X2	Binolar band maydoni	m²	Binolar egallagan yer maydoni; Y ko‘rsatkichining surati	Omil (hisob ayniyati bilan bog‘liq)
X3	Umumiy maydon	m²	Aholi punktining umumiy yer maydoni; Y ko‘rsatkichining maxraji	Omil (o‘zgarmas)
X4	Binolar soni	dona	Qurilish faolligining miqdoriy (sanoq) ko‘rsatkichi	Omil
X5	Aholi zichligi	manbada ko‘rsatilmagan	Aholining hududdagi joylashuv zichligi	Omil

Tadqiqotning yagona manbai aholi punkti bo‘yicha 2016-2025 yillarga oid yillik ko‘rsatkichlar jadvalidir, kuzatuvlar soni o‘nta. Tahlilda birorta qiymat qo‘shilmadi va birorta kuzatuv o‘chirilmadi.

Modellashtirishdan oldin ma’lumotlar sifati tekshirildi va uchta muhim holat aniqlandi. Birinchidan, umumiy maydon (X3) butun davr davomida o‘zgarmagan (4 426 670,7 m²), shuning uchun uning ta’sirini ekonometrik baholab bo‘lmaydi va u $Y = 100 \cdot X2/X3$ ta’rifi orqali talqin qilinadi. Ikkinchidan, Y band maydon (X2) bilan hisob ayniyati orqali bog‘langan. Uchinchidan, 2016-2020 yillar qiymatlari interpolyatsiya qilinganga o‘xshaydi, ya’ni mustaqil kuzatuvlar soni amalda o‘ntadan kam.

Tahlilni o‘zgaruvchilarning umumiy xususiyatlaridan boshlash o‘rinli. Ularning tavsifiy statistikasi 2-jadvalda jamlangan.

2-jadval

O‘zgaruvchilarning tavsifiy statistikasi

O‘zgaruvchi	Obs	Mean	Median	Std. Dev.	Min	Max	CV, %	Skewness	Kurtosis
Y, %	10	14,64	14,61	1,20	12,87	16,33	8,22	−0,010	1,691
X1, kishi	10	10 809,6	10 854,5	689,1	9 773,0	11 854,0	6,38	0,026	1,878
X2, m²	10	641 114,6	640 932,5	55 079,9	559 324,0	723 176,0	8,59	0,001	1,777
X3, m²	10	4 426 670,7	4 426 670,7	0,0	4 426 670,7	4 426 670,7	0,00	-	-
X4, dona	10	1 854,7	1 680,5	732,6	1 000,0	3 078,0	39,50	0,425	1,773
X5, -	10	178,99	175,60	28,91	137,70	216,90	16,15	−0,007	1,524

Izoh: CV - variatsiya koeffitsienti (Std. Dev./Mean·100). Kurtosis Stata usulida (normal taqsimot uchun 3). X3 o‘zgarmas bo‘lgani uchun asimmetriya va eksess aniqlanmaydi.

2-jadvalga ko‘ra 2016-2025 yillarda bandlik darajasi o‘rtacha 14,64% ni tashkil etgan va 12,87% dan 16,33% gacha o‘zgargan. Variatsiya koeffitsientining 8,22% ekani Y ning bir tekis o‘zgarganini ko‘rsatadi. Aholi soni (CV = 6,38%) va band maydon (CV = 8,59%) ham barqaror o‘zgargan, binolar soni esa eng tez o‘zgargan ko‘rsatkich bo‘lib, uning variatsiyasi 39,50% ga yetadi. Barcha qatorlarda o‘rtacha va mediana bir-biriga yaqin, keskin chetga chiquvchi qiymatlar yo‘q. Ko‘rsatkichlarning o‘n yillik o‘zgarishi 3-jadvalda keltirilgan.

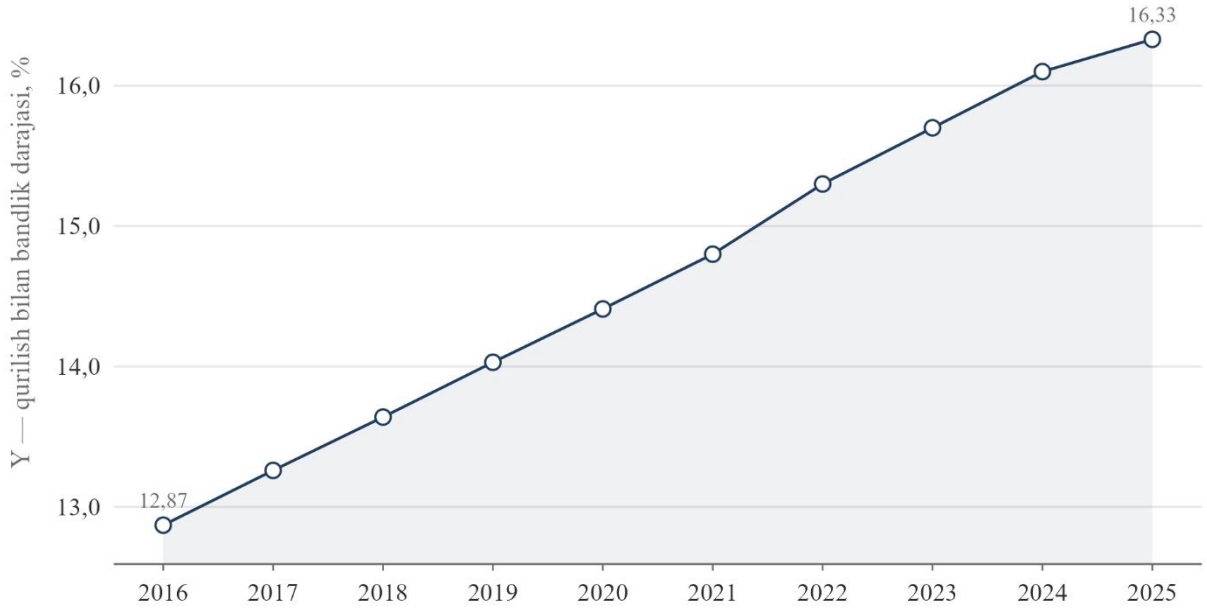
3-jadval

O‘zgaruvchilarning 2016-2025 yillardagi dinamik ko‘rsatkichlari

O‘zgaruvchi	2016 yil	2025 yil	Mutlaq o‘zgarish	Qo‘shimcha o‘sish, %	O‘rtacha yillik mutlaq o‘sish	O‘rtacha yillik o‘sish sur’ati, %
Y	12,87	16,33	3,46	26,88	0,38	2,68
X1	9 773	11 854	2 081	21,29	231,2	2,17
X2	559 324	723 176	163 852	29,29	18 205,8	2,90
X3	4 426 670,7	4 426 670,7	0,0	0,00	0,00	0,00
X4	1 000	3 078	2 078	207,80	230,9	13,31
X5	137,7	216,9	79,2	57,52	8,80	5,18

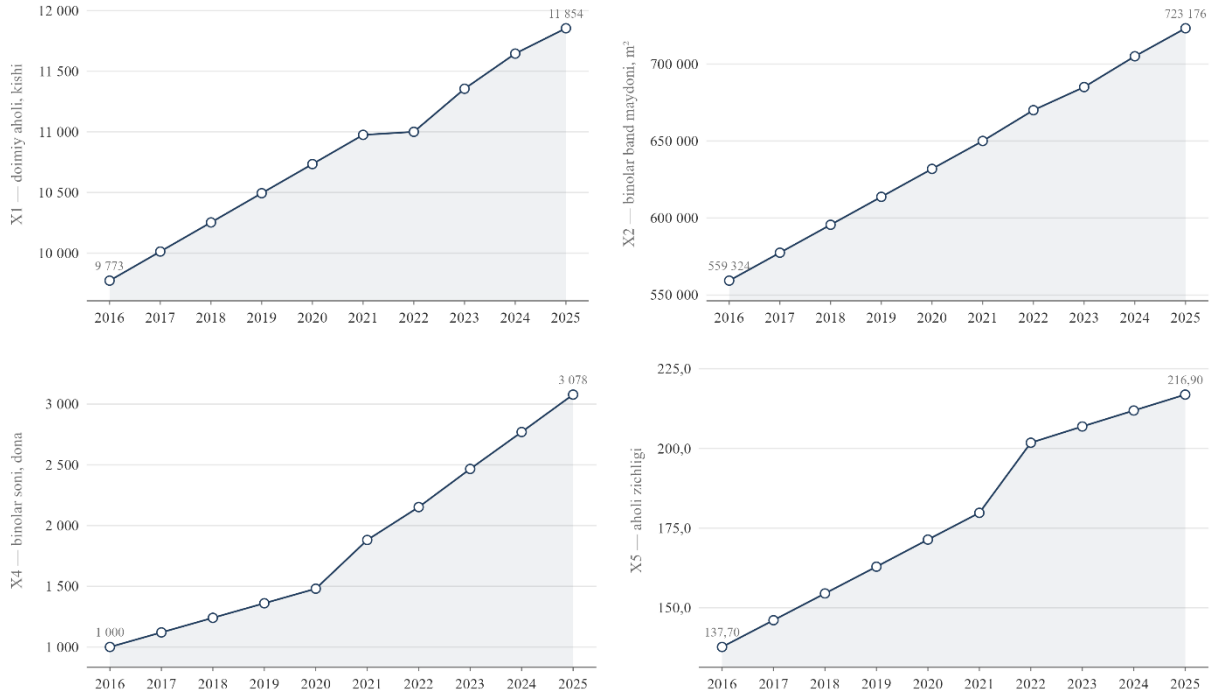
Izoh: o‘rtacha yillik o‘sish sur’ati geometrik o‘rtacha usulida hisoblangan

3-jadvalga ko‘ra Y 12,87% dan 16,33% gacha, ya’ni 3,46 foiz punktga oshgan, o‘rtacha yillik o‘sish 2,68% ni tashkil etgan. Aholi soni 21,29% ga, band maydon 29,29% ga ko‘paygan, ya’ni aholi jon boshiga to‘g‘ri keladigan band maydon 57,2 m² dan 61,0 m² gacha oshgan. Eng tez o‘sgan ko‘rsatkich binolar soni bo‘lib, u 3,08 barobar ko‘paygan. Natijada bitta binoga to‘g‘ri keladigan o‘rtacha maydon 559,3 m² dan 234,9 m² gacha qisqargan, demak yangi binolarning ko‘pchiligi kichik maydonli. Aholi zichligi 57,52% ga oshgan, biroq 2022 yildagi 12,24% lik sakrash aholi sonidagi o‘zgarishga mos kelmaydi.



1-rasm. Yerlarning qurilish bilan bandlik darajasi (Y) dinamikasi, 2016-2025 yy.

1-rasmda ko‘rinib turibdiki, bandlik darajasi butun davr davomida bir tekis va uzluksiz o‘sgan. 2-rasmda esa to‘rt omilning o‘zgarishi berilgan: aholi soni va band maydon deyarli chiziqli o‘sgan, binolar soni tik ko‘tarilgan, aholi zichligi 2022 yilda sakragan. Omillarning yo‘nalishi bir xil bo‘lgani uchun ular o‘zaro kuchli bog‘langan bo‘lishi kutiladi.



2-rasm. X1, X2, X4 va X5 omillarining dinamikasi, 2016-2025 yy.

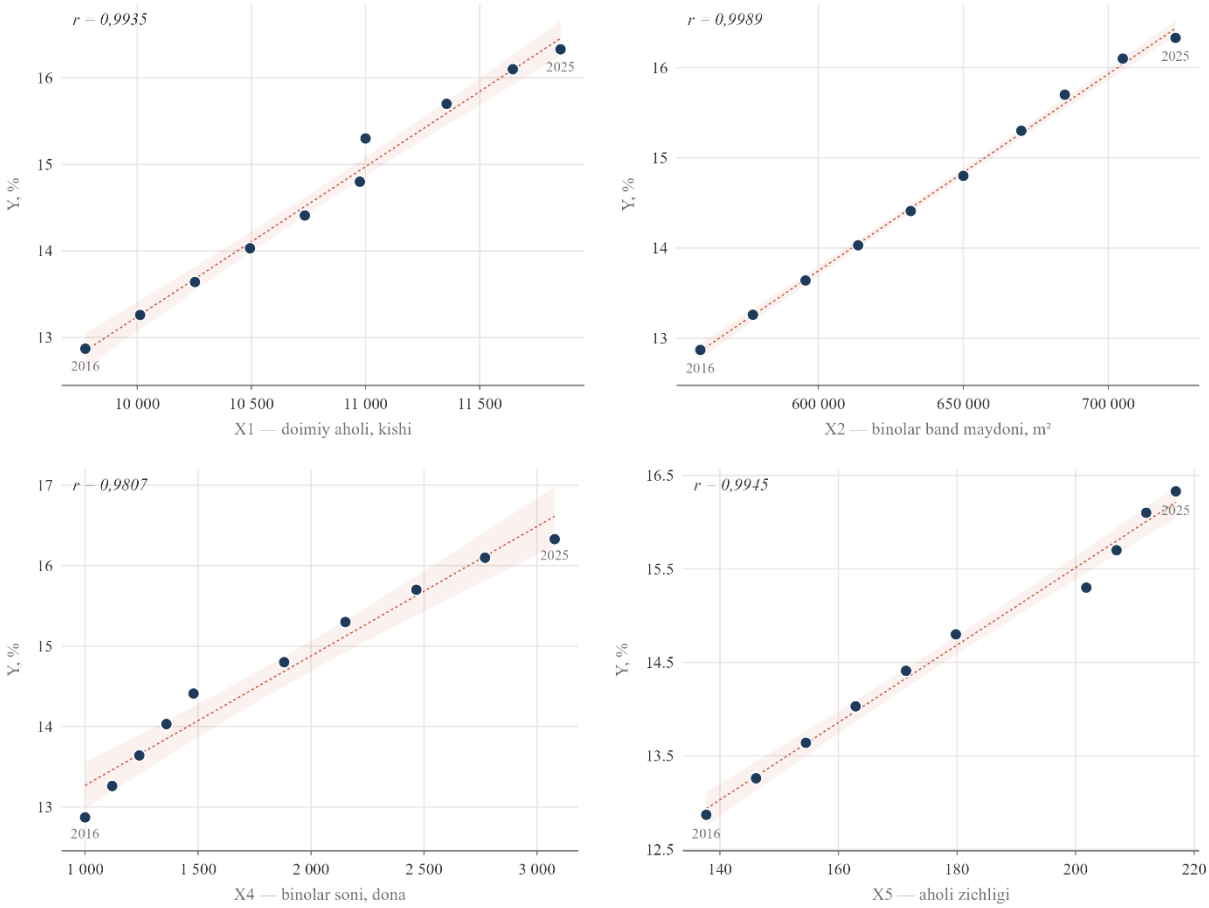
Y va omillar o‘rtasidagi bog‘lanish 4-jadvalda keltirilgan. Unga ko‘ra Y barcha omillar bilan juda kuchli musbat bog‘langan: X2 bilan r = 0,9989, X1 va X5 bilan 0,9935 va 0,9945, X4 bilan 0,9807, barcha koeffitsientlar 1 foizli darajada ahamiyatli. X2 bilan eng yuqori bog‘lanish kutilgan natija, chunki X2 Y ning suratini tashkil etadi.

4-jadval

Pearson korrelyatsiya matritsasi (darajalarda)

	Y	X1	X2	X4	X5
Y	1	0,9935***	0,9989***	0,9807***	0,9945***
X1	0,9935***	1	0,9957***	0,9760***	0,9763***
X2	0,9989***	0,9957***	1	0,9808***	0,9908***
X4	0,9807***	0,9760***	0,9808***	1	0,9740***
X5	0,9945***	0,9763***	0,9908***	0,9740***	1

*Izoh: * **p < 0,01;** p < 0,05; * p < 0,10. X3 o‘zgarmas bo‘lgani uchun uning korrelyatsiya koeffitsienti aniqlanmaydi.*



3-rasm. Y va X1, X2, X4, X5 omillari o‘rtasidagi tarqoqlik diagrammalari

Biroq bu yuqori korrelyatsiyalar katta qismda umumiy trend hisobiga yuzaga keladi, shuning uchun ularni bevosita sabab-oqibat aloqasi deb talqin qilib bo‘lmaydi. 3-rasmdagi tarqoqlik diagrammalarida har to‘rt omil uchun nuqtalar deyarli to‘g‘ri chiziq bo‘ylab joylashgan va keskin chetga chiqqan kuzatuv ko‘rinmaydi.

Omillarning o‘zaro bog‘liqligi darajasini aniqlash uchun dispersiyani oshirish ko‘rsatkichi (VIF) va shart indeksi hisoblandi (5-jadval).

5-jadval

Dispersiya inflyatsiyasi omili (VIF) va shart indeksi

Omil	Daraja	Logarifm	Birinchi farq	Logarifm farqi (o‘sish sur’ati)
X1	366,2	402,5	8,56	3,00
X2	941,0	1 108,4	1,97	1,72
X4	26,6	72,6	1,01	1,07
X5	172,0	219,1	6,43	4,06
Mean VIF	376,4	450,7	4,49	2,46
Shart indeksi (maks.)	1 097,1	14 577,1	-	-

Izoh: VIF > 10 kuchli multikollinearlikni bildiradi. Shart indeksi Belsley-Kuh-Welsch usulida (konstanta bilan birga, ustunlar birlik uzunlikka keltirilgan); 30 dan yuqori qiymat jiddiy muammo belgisi. X3 VIF tahliliga kiritilmaydi, chunki u konstanta bilan to‘liq kollinear (VIF = ∞).

5-jadvalga ko‘ra modelda juda kuchli multikollinearlik mavjud: VIF X2 uchun 941,0, X1 uchun 366,2, X5 uchun 172,0, X4 uchun 26,6, logarifmlashda esa X2 uchun 1 108,4 gacha oshadi. Birinchi farqlarga o‘tilganda VIF keskin kamayadi (o‘rtacha 4,49). Demak, multikollinearlikning asosiy manbai o‘zgaruvchilarning umumiy trendidir. Qatorlarning statsionarligi ham tekshirildi: logarifmlangan qatorlarning birortasi darajada statsionar emas, Engle-Granger sinovi esa 10 ta kuzatuv bilan kointegratsiyani tasdiqlamadi (p = 0,179). Shu sababli natijalar keyinchalik trendli va o‘sish sur’atlaridagi modellar bilan qo‘shimcha tekshirildi. Barcha omillarni modelda saqlagan holda multikollinearlikni bartaraf etishning tan olingan usuli bosh komponentlar regressiyasi (PCR) hisoblanadi.

Dastlab barcha besh omilni o‘z ichiga olgan umumiy model quyidagicha yoziladi:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \beta_3 X_{3t} + \beta_4 X_{4t} + \beta_5 X_{5t} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Bu yerda: Y - bandlik darajasi, %; X1 - doimiy aholi, kishi; X2 - binolar band maydoni, m²; X3 - umumiy maydon, m²; X4 - binolar soni, dona; X5 - aholi zichligi; β_0 - ozod had; $\beta_1 \ldots \beta_5$ - koeffitsientlar; ε - tasodifiy xatolik.

X3 o‘zgarmas bo‘lgani uchun $\beta_3 X_{3_t}$ hadi ozod hadga qo‘shilib ketadi va β_3 ni alohida aniqlab bo‘lmaydi. Shunga ko‘ra sakkizta muqobil oddiy regressiya (chiziqli, log-log, log-level, level-log, dinamik, o‘sish sur’atlaridagi, X2 siz va trendli model) hamda bosh komponentlar regressiyasi baholandi. Yakuniy PCR modelida to‘rt omilning logarifmlari standartlashtiriladi va ularning birinchi bosh komponenti hisoblanadi:

$$Z_{jt} = (ln(X_{jt}) - m_j)/s_j, \; PC_{1t} = w_1 Z_{1t} + w_2 Z_{2t} + w_4 Z_{4t} + w_5 Z_{5t} \quad (2)$$

$$ln(Y_t) = \alpha + \gamma \cdot PC_{1t} + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\beta_j = \gamma \cdot w_j / s_j \quad (4)$$

Bu yerda: Z - standartlashtirilgan omil; mj va sj - ln(Xj) ning o‘rtacha qiymati va standart chetlanishi; wj - birinchi bosh komponent yuklamasi; PC_1 - birinchi bosh komponent; α - ozod had; γ - komponent koeffitsienti; βj - j-omil bo‘yicha elastiklik.

PCR o‘zaro kuchli bog‘langan omillarning umumiy o‘zgarishini bitta komponentga to‘playdi va har bir omilning ulushini yuklamalar orqali qaytaradi. Shu tariqa barcha omillar modelda saqlanadi va ularning ta’siri barqaror baholanadi.

To‘qqizta model 6-jadvaldagi mezonlar bo‘yicha taqqoslandi.

6-jadval

Muqobil modellarni taqqoslash mezonlari

Model	n	df	R^2	Adj. R^2	AIC	BIC	F	Prob > F	RMSE (Y, %)	MAE (Y, %)	MAPE, %
M1 Linear	10	5	0,99987	0,99977	−48,73	−47,21	9 883,50	0,0001	0,0128	0,0085	0,054
M2 Log-log (OLS)	10	5	0,99985	0,99973	−100,48	−98,97	8 220,87	0,0001	0,0151	0,0105	0,069
M3 Log-level	10	5	0,99981	0,99965	−98,10	−96,59	6 479,42	0,0001	0,0164	0,0143	0,096
M4 Level-log	10	5	0,99919	0,99855	−30,21	−28,70	1 550,49	0,0001	0,0324	0,0223	0,151
M5 Dinamik	9	3	0,99989	0,99969	−43,62	−42,43	5 242,95	0,0001	0,0110	0,0080	0,052
M6 Δln	9	4	0,90320	0,80640	−81,19	−80,21	9,33	0,0263	-	-	-
M7 Log-log (X2 siz)	10	6	0,99984	0,99976	−102,02	−100,81	12 564,34	0,0001	0,0155	0,0106	0,069
M8 Log-log + trend	10	4	0,99986	0,99968	−99,16	−97,35	5 633,17	0,0001	0,0148	0,0099	0,064
M9 PCR (yakuniy)	10	8	0,99921	0,99911	−89,99	−89,39	10 112,16	0,0001	0,0335	0,0282	0,189

Izoh: RMSE, MAE va MAPE barcha modellar uchun Y ning o‘z darajasida hisoblangan. AIC va BIC faqat bog‘liq o‘zgaruvchisi bir xil bo‘lgan modellar o‘rtasida taqqoslanadi (M1, M4, M5 - Y; M2, M3, M7, M8, M9 - ln Y). M6 ning mezonlari o‘sish sur’atlariga tegishli.

6-jadvalga ko‘ra barcha darajali modellarda R^2 0,999 dan yuqori, biroq bu model sifatidan ko‘ra umumiy trendni aks ettiradi. Oddiy regressiya modellarida multikollinearlik sababli band maydon koeffitsienti manfiy va ahamiyatsiz chiqadi (masalan, M2 da X2 = −0,0850, p = 0,6488), bu esa nazariyaga zid. Shu sababli yakuniy model sifatida PCR (M9) tanlandi: u barcha omillarga nazariyaga mos musbat elastiklik beradi, birinchi bosh komponent omillar o‘zgarishining 99,19% ini tushuntiradi va namunadan tashqari prognoz aniqligi eng yuqori (MAPE = 0,203%, M2 da 3,815%). Yakuniy model natijalari 7-jadvalda keltirilgan.

7-jadval

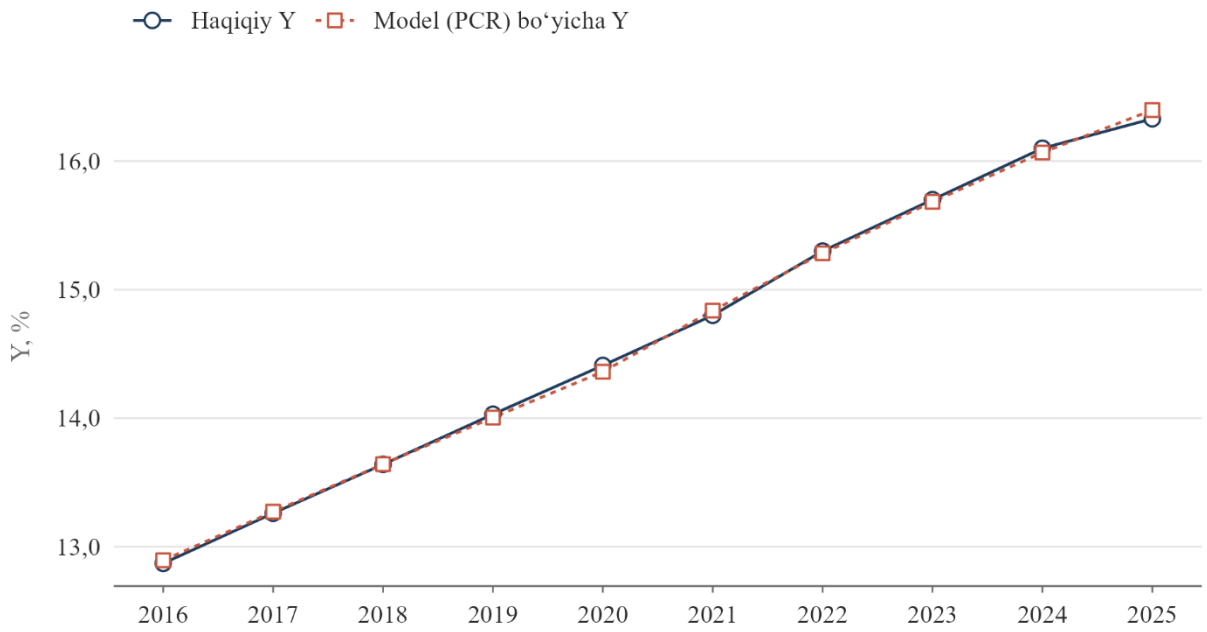
Yakuniy PCR modeli natijalari: omillar elastikligi (bog‘liq o‘zgaruvchi - ln Y)

O‘zgaruvchi	Elastiklik	Std. xato	t-statistika	p-value	95% ishonch intervali
ln X1	0,3238***	0,0032	100,559	0,0001	[0,3164; 0,3312]
ln X2	0,2408***	0,0024	100,559	0,0001	[0,2353; 0,2463]
ln X4	0,0522***	0,0005	100,559	0,0001	[0,0510; 0,0534]
ln X5	0,1261***	0,0013	100,559	0,0001	[0,1232; 0,1290]
ln X3	−1 (ta’rif)	-	-	-	baholanmaydi (o‘zgarmas)
PC_1 (γ)	0,0414***	0,0004	100,559	0,0001	-
Konstanta (asl birliklarda)	−4,5865	-	-	-	-

*Izoh: n = 10; df = 8; R^2 = 0,99921; Adj. R^2 = 0,99911; F(1; 8) = 10 112,16; Prob > F < 0,0001; regressiya standart xatosi = 0,00246; AIC = −89,99; BIC = −89,39. Elastikliklar $\beta_j = \gamma \cdot w_j / s_j$ formulasi bilan hisoblangan; ular bitta komponentdan kelib chiqqani uchun t-statistika va p-qiymatlari γ nikiga teng. *** p < 0,01.*

Yakuniy model tenglamasi asl o‘zgaruvchilarda quyidagi ko‘rinishga ega:

$$ln(\hat{Y}_t) = -4{,}5865 + 0{,}3238 \cdot ln(X_{1t}) + 0{,}2408 \cdot ln(X_{2t}) + 0{,}0522 \cdot ln(X_{4t}) + 0{,}1261 \cdot ln(X_{5t}) \quad (5)$$



4-rasm. Haqiqiy va yakuniy model bo‘yicha hisoblangan Y qiymatlari

Yuqoridagi modelda, Ŷ - hisoblangan bandlik darajasi, %; ozod had tarkibida o‘zgarmas X3 ta’siri ham mavjud; koeffitsientlar Y ning tegishli omilga nisbatan elastikligini bildiradi.

Model umuman statistik jihatdan juda yuqori darajada ahamiyatli: F = 10 112,16, Prob > F < 0,0001, R^2 = 0,99921, tuzatilgan R^2 = 0,99911. Model Y ni o‘rtacha 0,189% xato bilan qayta tiklaydi. 4-rasmda haqiqiy va hisoblangan qiymatlar berilgan.

4-rasmda ikki chiziq butun davr davomida deyarli ustma-ust tushadi, ya’ni model bandlik darajasining o‘zgarishini to‘liq qaytaradi.

7-jadvalga ko‘ra doimiy aholi soni bandlik darajasiga ijobiy va juda yuqori darajada ahamiyatli ta’sir qiladi (p < 0,0001). Boshqa omillar o‘zgarmagan holda aholi sonining 1 foizga oshishi Y ning 0,3238 foizga oshishi bilan bog‘liq, 2025 yil darajasida bu taxminan 2 341 m² qo‘shimcha band maydonga teng. Bu natija nazariyaga mos: aholi o‘sishi uy-joy va ijtimoiy infratuzilmaga talabni oshiradi, bu esa yangi qurilishlar orqali yerga bo‘lgan talabga aylanadi. Elastiklikning birdan kichikligi aholining bir qismi mavjud binolar hisobiga joylashishini ko‘rsatadi. Demak, aholi prognozi yer zaxirasini rejalashtirishda asosiy ko‘rsatkich bo‘lishi kerak.

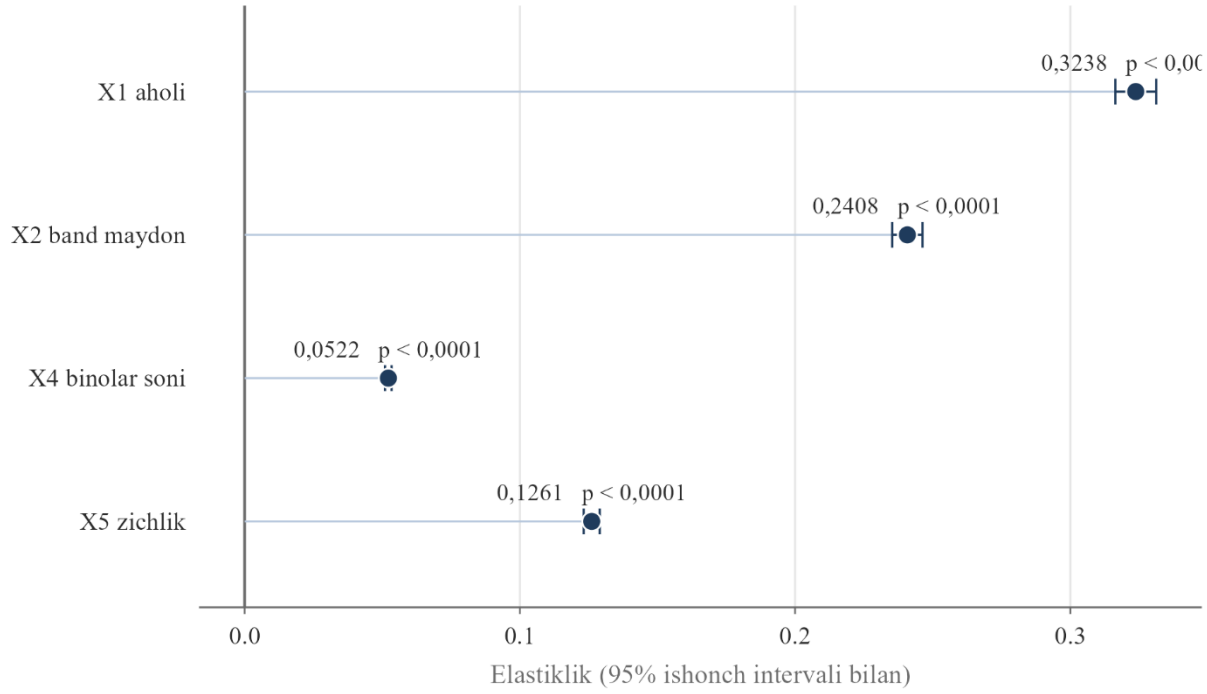
Binolar band maydoni ham ijobiy ta’sir qiladi (p < 0,0001): band maydonning 1 foizga oshishi Y ning 0,2408 foizga

oshishi bilan bog‘liq. Oddiy regressiyada bu omil manfiy va ahamiyatsiz chiqqan edi, PCR esa uning nazariyaga mos ta’sirini tikladi. Natija Y ning ta’rifidan ham kelib chiqadi, chunki bandlik darajasi band maydonning umumiy maydonga nisbatidir.

Umumiy maydon o‘rganilgan davrda o‘zgarmagani uchun ekonometrik baholanmadi. Uning ta’siri hisob ayniyatidan kelib chiqadi: boshqa omillar o‘zgarmaganda umumiy maydonning 1 foizga oshishi Y ni taxminan 1 foizga pasaytiradi. Masalan, 2025 yilda chegara 1 foizga (44 267 m²) kengaytirilsa, Y 16,33% dan 16,17% ga tushadi. Biroq bu yerdan foydalanish samaradorligi oshganini emas, faqat maxraj o‘zgarganini bildiradi.

Binolar soni ham ijobiy va ahamiyatli ta’sir qiladi ($p < 0,0001$), lekin uning ta’siri eng kichik: binolar sonining 1 foizga oshishi Y ni atigi 0,0522 foizga oshiradi. Buning sababi shundaki, binolar soni 3,08 barobar oshgan bo‘lsa-da, bitta binoga to‘g‘ri keladigan maydon deyarli ikki barobar qisqargan, ya’ni o‘sish asosan kichik obyektlar hisobiga yuz bergan.

Aholi zichligining 1 foizga oshishi Y ning 0,1261 foizga oshishi bilan bog‘liq ($p < 0,0001$). Zichlik oshgan sari xizmat ko‘rsatish, savdo va transport obyektlariga ehtiyoj ortadi, bu esa bo‘sh yerlarning band bo‘lishini tezlashtiradi. Biroq X5 ning hisoblash asosi aniq emas va 2022 yilda u aholi soniga mos kelmaydi, shuning uchun bu natijani ehtiyotkorlik bilan talqin qilish kerak.



5-rasm. Yakuniy model elastikliklari va ularning 95% ishonch intervallari

Elastiklik bo‘yicha eng katta ta’sir aholi soniga (0,3238), keyin band maydon (0,2408), aholi zichligi (0,1261) va binolar soniga (0,0522) tegishli. 5-rasmda barcha ishonch intervallari noldan to‘liq o‘ngda joylashgan va bir-biri bilan kesishmaydi, ya’ni omillar ta’siri kattaligi bo‘yicha ham aniq farqlanadi.

Yakuniy modelning statistik asoslari tekshiruv sinovlari bilan nazorat qilindi (8-jadval).

8-jadval

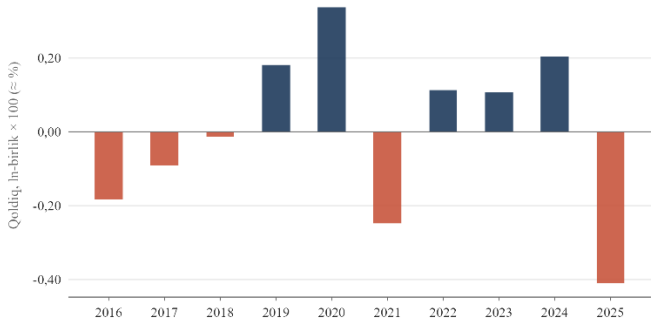
Yakuniy PCR modelining diagnostik testlari

Test	Statistic	p-value	Qaror	Izoh
Breusch-Pagan (Cook-Weisberg)	$\chi^2(1) = 1{,}092$	0,2960	H0 qabul qilinadi	Geteroskedastiklik yo‘q
White	$\chi^2(2) = 2{,}409$	0,2999	H0 qabul qilinadi	Qoldiqlar dispersiyasi o‘zgarmas
Breusch-Godfrey, 1-tartib	$\chi^2(1) = 0{,}605$	0,4367	H0 qabul qilinadi	Avtokorrelyatsiya yo‘q
Breusch-Godfrey, 2-tartib	$\chi^2(2) = 1{,}289$	0,5248	H0 qabul qilinadi	Avtokorrelyatsiya yo‘q
Durbin-Watson	d = 1,934	-	Avtokorrelyatsiya yo‘q	n = 10, k = 1 uchun dU = 1,320 < d < 4 − dU = 2,680
Jarque-Bera	$\chi^2(2) = 0{,}517$	0,7722	H0 qabul qilinadi	Qoldiqlar normal taqsimlangan
Shapiro-Wilk	W = 0,9708	0,8977	H0 qabul qilinadi	Qoldiqlar normal taqsimlangan
Ramsey RESET ($\hat{Y}^2$)	F(1; 7) = 3,037	0,1249	H0 qabul qilinadi	Funksional shakl xatosi yo‘q
Ramsey RESET ($\hat{Y}^2$, $\hat{Y}^3$)	F(2; 6) = 1,366	0,3244	H0 qabul qilinadi	Funksional shakl xatosi yo‘q

Izoh: H0 - tegishli muammo mavjud emas (gomoskedastiklik, avtokorrelyatsiya yo‘q, normallik, to‘g‘ri funksional shakl). White testi PC_1 va PC_1^2 bo‘yicha o‘tkazildi.

8-jadvalga ko‘ra yakuniy model barcha asosiy talablarga javob beradi: qoldiqlar normal taqsimlangan (Jarque-Bera p = 0,7722), geteroskedastiklik yo‘q (Breusch-Pagan p = 0,2960), funksional shakl to‘g‘ri (RESET p = 0,1249). Oddiy regressiyada aniqlangan avtokorrelyatsiya (Breusch-Godfrey p = 0,0295) PCR modelida yo‘qoldi (p = 0,4367, DW = 1,934). 6-rasmda qoldiqlar nol atrofida tartibsiz tebranadi va tizimli chetga chiqish kuzatilmaydi.

Natijalar barqarorligi ham tekshirildi. Klassik, HC3 va Newey-West standart xatolarida barcha omillar ahamiyatli qoldi (p < 0,0001). Trend qo‘shilganda komponent ahamiyatli (p = 0,0018), trendning o‘zi esa ahamiyatsiz (p = 0,3813), o‘sish sur’atlaridagi modelda ham elastikliklar asosiy modelga yaqin chiqdi. Har bir yil navbat bilan chiqarib tashlanganda ham elastikliklar deyarli o‘zgarmadi (X1 uchun 0,319-0,332). Demak, bog‘liqlik faqat umumiy trend hisobiga yuzaga kelgan soxta bog‘liqlik emas.



6-rasm. Yakuniy model qoldiqlari, 2016-2025 yy.

Shu bilan birga tadqiqotning cheklovlari ham bor. Kuzatuvlar soni atigi o‘nta, ularning bir qismi interpolyatsiya qilingan, 10 ta kuzatuv bilan kointegratsiyani tasdiqlab bo‘lmaydi. PCR da omillarning alohida elastikliklari bitta komponentdan tiklangani uchun barcha omillar uchun p-qiymat umumiy bo‘ladi.

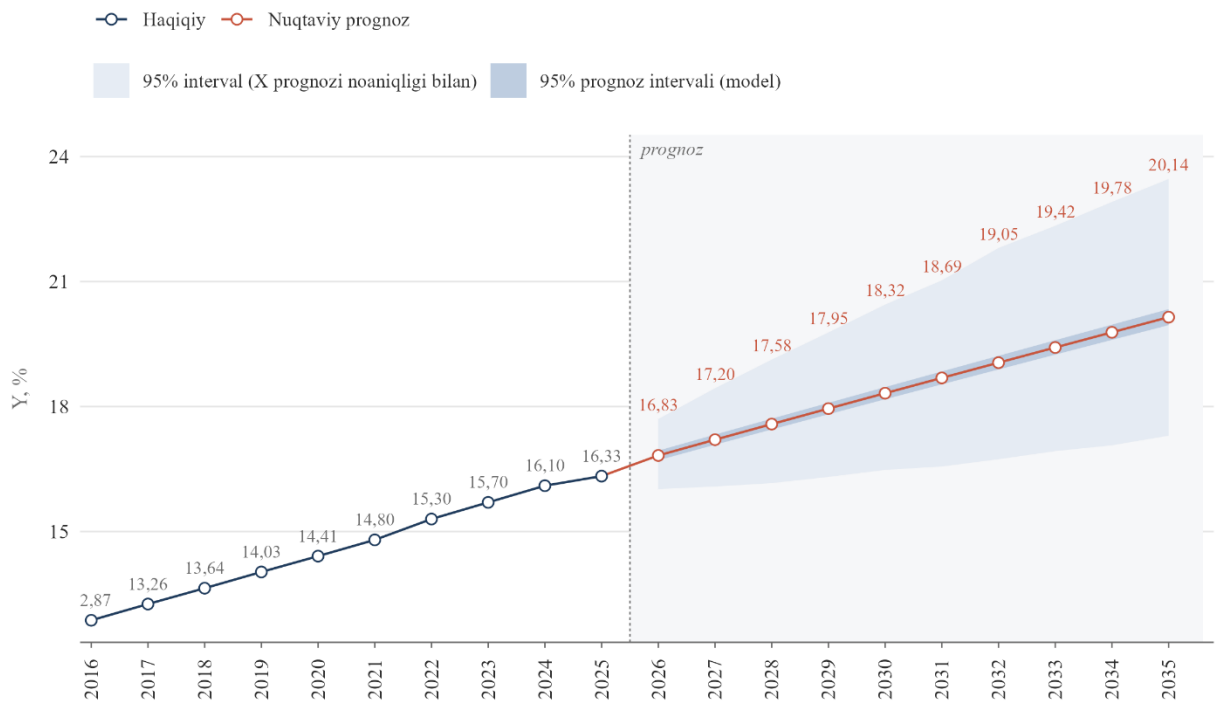
Y ni prognoz qilish uchun avval har bir omil alohida prognoz qilindi. Har bir omil uchun beshta model (chiziqli, eksponensial va kvadratik trend, dreyfli tasodifiy yurish va Xolt usuli) 2016-2022 yillarda baholanib, 2023-2025 yillarda sinaldi. Natijada X1 uchun eksponensial trend, X2 va X5 uchun chiziqli trend, X4 uchun Xolt usuli tanlandi, X3 esa o‘zgarmas deb qabul qilindi. 2035 yilga kelib aholi soni 14 635 kishiga, band maydon 904 878 m² ga, binolar soni 6 148 taga yetadi. Y ning prognozi 9-jadvalda keltirilgan. Unga ko‘ra joriy tendensiyalar saqlansa, bandlik darajasi 2026 yilda 16,83% ga, 2030 yilda 18,32% ga va 2035 yilda 20,14% ga yetadi, ya’ni 2025 yilga nisbatan 3,81 foiz punkt oshadi. Yillik o‘sish 0,36-0,50 foiz punktni tashkil etadi va o‘tgan o‘n yillikdagi o‘rtacha sur’atga (0,38 foiz punkt) mos keladi. Namunadan tashqari tekshiruvda model 2023-2025 yillarni 0,248% xato bilan bashorat qildi, bu oddiy regressiyadan (0,663%) va naiv modeldan (0,409%) ancha aniq.

9-jadval

X1-X5 omillari va Y ning 2026-2035 yillar uchun prognozi

Yil	X1 prognoz, kishi	X2 prognoz, m²	X3, m²	X4 prognoz, dona	X5 prognoz	Y prognoz, %	Quyi CI, %	Yuqori CI, %	Kengaytirilgan 95% interval, %
2026	12 112	741 163	4 426 671	3 385	231,0	16,83	16,71	16,94	16,02-17,70
2027	12 369	759 353	4 426 671	3 692	240,5	17,20	17,08	17,33	16,08-18,44
2028	12 632	777 544	4 426 671	3 999	249,9	17,58	17,45	17,71	16,16-19,12
2029	12 901	795 734	4 426 671	4 306	259,4	17,95	17,81	18,09	16,31-19,77
2030	13 175	813 925	4 426 671	4 613	268,8	18,32	18,18	18,46	16,48-20,44
2031	13 454	832 115	4 426 671	4 920	278,3	18,69	18,53	18,84	16,56-21,03
2032	13 740	850 306	4 426 671	5 227	287,8	19,05	18,89	19,22	16,74-21,80
2033	14 032	868 496	4 426 671	5 534	297,2	19,42	19,25	19,59	16,93-22,34
2034	14 330	886 687	4 426 671	5 841	306,7	19,78	19,60	19,96	17,07-22,91
2035	14 635	904 878	4 426 671	6 148	316,1	20,14	19,95	20,34	17,30-23,46

Izoh: Y prognozi yakuniy PCR modeli (5) asosida: omillar prognozi standartlashtirilib, PC_1 ga aylantiriladi va $\hat{Y} = \exp(\alpha + \gamma \cdot PC_1)$ hisoblanadi. Quyi va yuqori CI - omillar prognozi ma’lum deb olingandagi 95% prognoz intervali. Kengaytirilgan interval - omillar prognozi va koeffitsientlar noaniqligini birgalikda hisobga olgan Monte-Karlo intervali (10 000 simulyatsiya).



7-rasm. Y ning 2026-2035 yillar uchun prognozi va 95% ishonch intervallari

7-rasmda prognoz chizig‘i va uning 95% ishonch oralig‘i ko‘rsatilgan. 2035 yilda aholi punkti maydonining taxminan 891 733 m² i qurilish bilan band bo‘ladi, bu qo‘shimcha 168 557 m² yoki yiliga o‘rtacha 16 856 m² demakdir. Omillar prognozidagi noaniqlik hisobga olinsa, 2035 yil uchun oraliq 17,30-23,46% ni tashkil etadi, shu sababli prognozni joriy trendlar saqlangandagi kutilayotgan qiymat sifatida qarash kerak.

Xulosa. Olib borilgan tadqiqotlar natijasida 2016-2025 yillarda aholi punkti yerlarining qurilish bilan bandlik darajasi 3,46 foiz punktga oshib, 16,33% ga yetdi. Omillar o‘rtasidagi kuchli multikollinearlik (VIF 26-1108) sababli yakuniy model bosh komponentlar regressiyasi asosida qurildi. Yakuniy model (R^2 = 0,9992) bo‘yicha barcha baholanadigan omillar bandlik darajasiga ijobiy va juda yuqori darajada ahamiyatli ta’sir qiladi: aholi soni 0,3238, band maydon 0,2408, aholi zichligi 0,1261, binolar soni 0,0522. Prognozga ko‘ra 2035 yilda bandlik darajasi 20,14% ga yetadi (95% interval 19,95-20,34%) va qo‘shimcha taxminan 168 600 m² yer qurilish ostiga o‘tadi. Natijalar yer zaxirasini aholi prognozi asosida rejalashtirish uchun asos bo‘ladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Gujarati D.N., Porter D.C. Basic Econometrics. 5th ed. New York: McGraw-Hill/Irwin, 2009.
2. Wooldridge J.M. Introductory Econometrics: A Modern Approach. 7th ed. Boston: Cengage Learning, 2020.
3. Greene W.H. Econometric Analysis. 8th ed. Pearson, 2018.
4. Stock J.H., Watson M.W. Introduction to Econometrics. 4th ed. Pearson, 2019.
5. Maddala G.S., Lahiri K. Introduction to Econometrics. 4th ed. Wiley, 2009.
6. Kennedy P. A Guide to Econometrics. 6th ed. Wiley-Blackwell, 2008.
7. Belsley D.A., Kuh E., Welsch R.E. Regression Diagnostics: Identifying Influential Data and

Sources of Collinearity. New York: John Wiley & Sons, 1980.

8. Jolliffe I.T., Cadima J. Principal component analysis: a review and recent developments. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 2016. Vol. 374, No. 2065. DOI: 10.1098/rsta.2015.0202.

9. Engle R.F., Granger C.W.J. Co-integration and error correction: Representation, estimation, and testing. Econometrica. 1987. Vol. 55, No. 2. P. 251–276.

10. Box G.E.P., Jenkins G.M., Reinsel G.C., Ljung G.M. Time Series Analysis: Forecasting and Control. 5th ed. Hoboken: Wiley, 2015.

11. Hyndman R.J., Athanasopoulos G. Forecasting: Principles and Practice. 3rd ed. Melbourne: OTexts, 2021.

12. Wooldridge J.M. Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data. 2nd ed. MIT Press, 2010.

13. Greene W.H. Econometric Analysis. 7th ed. Pearson, 2012.

14. Shumway R.H., Stoffer D.S. Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples. 4th ed. Springer, 2017.

15. Gujarati D.N. Basic Econometrics. 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2003.

UDK: 528.024.4

O‘ZBEKISTON SHAROITIDA GEODEZIK O‘LCHASHLARGA ATMOSFERANING YERGA YAQIN QATLAMI TA’SIRIHИ BALANDLIK BO‘YICHA ANIQLASH MUAMMOLARI

Shuxrat Abdusaliyevich Suyunov *– (PhD) doktori, dotsent, O‘zbekiston, Samarqand davlat arxitektura-qurilish universiteti*

Annotatsiya: *Maqolada O‘zbekistonning issiq va quruq iqlim sharoitida geodezik o‘lchashlarga atmosferaning yerga yaqin qatlamini ta’siriнu balandlik bo‘yicha aniqlash usullari o‘rganilgan. Xorijiy, mahalliy olimlarning atmosferaning yer sirti qatlamining geodezik o‘lchovlarga ta’sirini aniqlash muammolari tadqiq qilinib ularning yutuqlari va kamchiliklari keltirilgan. O‘rganilishlar natijasida o`lchash ishlariga ta’sir etuvchi omillarni kelib chiqish sabablari aniqlangan. Yer qatlami sirti qoplamasining atmosferada o‘zgaruvchan qonuniyatlari to‘g‘risida ma’lumotlar berilgan va ilm fanda bu masalalarning yechimining zarur yo‘llari ko‘rsatilgan. Geodezik o‘lchashlarda, dalada vertikal gradiyentlarni aniqlash yo‘llari ko‘rsatilib o‘lchash aniqligini oshirish imkoniyatlari topilgan.*

Tayanch so‘zlar: *Vertikal gradiyentlar, ekvivalent balandlik, atmosfera, yerga yaqin qatlam, ta’sir etuvchi omillar, refraksiya burchagi, geodezik o‘lchashlar, geodezik punkt, tuzatmalar, geodezik tarmoq, meteorologik elementlar.*

Аннотация: *Аннотация: В статье исследуются методы определения влияния приземного слоя атмосферы на геодезические измерения в жарком и сухом климате Узбекистана по высоте. Изучены проблемы определения*

влияния приземного слоя атмосферы на геодезические измерения зарубежными и местными учеными, представлены их достижения и недостатки. В результате исследований выявлены причины факторов, влияющих на работу измерений. Предоставлена информация об изменениях земного покрова в атмосфере и показаны необходимые пути решения этих проблем в науке. В геодезических измерениях показаны способы определения вертикальных градиентов в полевых условиях и найдены возможности повышения точности измерений.

Ключевые слова: *Вертикальные градиенты, эквивалентная высота, атмосфера, приземный слой, влияющие факторы, угол преломления, геодезические измерения, геодезическая точка, поправки, геодезическая сеть, метеорологические элементы.*

Abstract: *Abstract: This article examines methods for determining the influence of the atmospheric ground layer on geodetic measurements in the hot and dry climate of Uzbekistan. The paper examines the problems of determining the influence of the atmospheric ground layer on geodetic measurements by altitude, using methods developed by foreign and local scientists, and presents their achievements and limitations. The research identified the causes of factors affecting measurement performance. Information on changes in land cover in the atmosphere is provided, and necessary solutions to these problems in science are demonstrated. Methods for determining vertical gradients in geodetic measurements in the field are demonstrated, and opportunities for improving measurement accuracy are identified.* ***Key words:*** *Vertical gradients, equivalent height, atmosphere, surface layer, influencing factors, angle of refraction, geodetic measurements, geodetic point, corrections, geodetic network, meteorological elements.*

Kirish. Bugungi kunda geodezik asbobsozlik va elektronika sohasini rivojlanishi bilan geodezik asboblar tubdan yangilanmoqda. Zamonaviy geodezik asboblar ishlatilishida qulayligi, yuqori samaradorligi bilan bir vaqtda, asboblarni konstruktiv nuqsonlari taʼsirida kelib chiqadigan xatoliklari minimum darajasiga keltirilganligi, shu jihatdan elektron geodezik asboblarda oʻqlarni oʻzaro perpendikulyarlik shartlarini bajarilishi, ekssentritet, ren, gorizontal doira xatolarni oʻlchash aniqligi diapazonida oʻlchash natijalariga taʼsir etmasligi kafolatlanganligi bilan ishlab chiqarishda alohida ahamiyat kasb yetmoqda.

Bu borada, Germaniya, AQSh, Rossiya, Shvetsiya, Yaponiya, Xitoy kabi davlatlarda ishlab chiqarilgan geodezik asboblar geodezik oʻlchash ishlarida keng qoʻllanilmoqda.

Biroq bu zamonaviy geodezik oʻlchash asboblari aniqligini yaxshilash oʻlchash aniqligini yanada oshirishga taʼsir yetuvchi faktorlardan biri sifatida tashqi muhit taʼsiri saqlanib qolmoqda. Tashqi muhitni zamonaviy geodezik oʻlchash natijalariga taʼsir etuvchi omillar ichida sezilarli faktorlaridan biri (refraksiya) ilm-fan oldidagi muhim masalalardan biri hisoblanadi.

Shu sababli vertikal va gorizontal refraksiyani respublikamizning quruq va issiq iqlim sharoitida geodezik oʻlchashga taʼsirini hisobga olishga alohida eʼtibor qaratiladi.

Dunyoning rivojlangan davlatlarida geodeziya sohaning

rivojlanishi bilan atmosferaning yerga yaqin qatlami (AYeYaQ)da barpo etilayotgan barcha inshootlar va chiziqli noyob inshootlar mavjud joylarda gorizontal yo‘nalishlarni, stvor chiziqlarni shu jumladan gorizontal burchak va chiziqli masofalarni o‘lchash orqali hal qiladigan ilmiy masalalar kengayib bormoqda, bu esa o‘rganilayotgan sharoitini geodezik o‘lchash ishlariga bo‘lgan ta’sirini hisobga olishda alohida ahamiyat kasb yetadi.

Geodezik o‘lchash ishlarining barchasiga tashqi muhit o‘z ta’sirini o‘tkazayotgan, xatoliklarni keltirib chiqarayotgan refraksiyani hisobga olish usullarini ishlab chiqish va borlarini takomillashtirishga yo‘naltirilgan ushbu ilmiy tadqiqot ishini olib borilishi alohida ahamiyatli. Bu borada, tashqi muhit har doim ham turg‘un holatda bo‘lavermasligi, sutka davomida o‘zgarib turish qonuniyatlari o‘rnatilgan tartibda geodezik o‘lchash usullarini takomillashtirish muhim vazifalardan hisoblanadi. Shu bilan birga, jumladan meteorologik elementlardan foydalanib geodezik o‘lchash aniqligini oshirish hamda geodezik o‘lchash usullarini takomillashtirish zarur.

Hozirgi kunda respublikamizda quruq va issiq iqlim sharoitida (AYeYaQ) da, yerning yuza qismi mikro-masshtabli xilma-xilligini inobatga olib geodezik o‘lchash ishlarining aniqligini oshirish, o‘lchash natijalariga tuzatmalar kiritishning yangi usullarini ishlab chiqish bo‘yicha chora tadbirlar rejalashtirilmoqda.

Bu muammoning yechimi BMTning 2030-yilgacha barqaror rivojlanish dasturida “2030-yilgacha barchaga ochiq bo‘lgan va ekologik barqaror urbanizatsiya ko‘lamini hamda aholi yashash punktlarini kompleks va barqaror rejalashtirish hamda ularni boshqarish imkoniyatlarini kengaytirish” belgilab berilgan. Ushbu vazifalarni yuqori aniqlikda amalga oshirishda shaharlar hududini aniq va ishonchli geodezik ma’lumot va kartografik materiallar bilan ta’minlash ham muhim.

Respublikamizda topografik-geodezik ishlab chiqarishni zamonaviy geodezik o‘lchash asboblari va texnologiyalari bilan ta’minlashga qaratilgan qator islohotlar amalga oshirilmoqda. Yangi O‘zbekistonning 2022-2026-yillarga mo‘ljallangan taraqqiyot strategiyasini ishlab chiqish tizimini tubdan takomillashtirish»[11] yuzasidan vazifalar belgilangan. Bu borada yirik shaharlar geodezik tarmog‘ini qayta qurishga yo‘naltirilgan mazkur ilmiy tadqiqot ishining yuqori aniqlikda amalga oshirilishi muhim ahamiyat kasb yetadi.

Ushbu maqolada materiallarini taqdim yetishni tashkil qilish uchun atmosferaning burchak va chiziqli o‘lchovlarga ta’sirining tabiati haqida ma’lum ma’lumotlarni qisqacha taqdim yetish zarur deb hisoblanadi.

Geodezik o‘lchovlarning aksariyati atmosferada elektromagnit nurlanishning o‘tishiga asoslangan. Elektromagnit nurlanishning tarqalishi asosan tarqalish muhitining optik zichligi bilan belgilanadi. Uning xarakteristikasi sinish ko‘rsatkichi bo‘lib, u vakuumdagi yorug‘lik tezligining ko‘rib chiqilayotgan muhitdagi elektromagnit nurlanish tezligiga nisbatidir [1].

[11] O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida»gi Farmoni.

Zamonaviy texnologiyalardan foydalanib bu masalalarni hal qilish va unda sunʼiy yoʻldoshli (Sputnik) geodeziyasida oʻlchash ishlarning elektron usullarining joriy etilishi, geodezistlarning barcha bajarishi kerak boʻlgan ishlarining unumli va samarali boʻlishini taʼminlaydi. Bu esa davlat geodeziya va kartografiya xizmatida xalq xoʻjaligida, fanda joriy va istiqbolli ehtiyojlarni taʼminlashda yanada murakkab
boʻlgan masalalarni hal qilish imkonini beradi.

Ushbu masalalar bilan bir qator olimlar optik nurning tarqalish yoʻlida refraksiyani taʼsirini hisoblash uchun bir necha oʻn metrlab balandlikkacha AYeYaQ ning aerologik zondlash statistik materiallaridan foydalanib kelishgan.

Refraksiya nazariyasining rivojiga dunyo olimlaridan: V.Struve, N.Ya.Singer, T.Banaxevich, V.Iordan, S.Bauernfeynd, A. Izotov, L.Pellinen, A.Ostrovskiy, N.Yakovlevlar kata hissa qoʻshishgan; yurtimiz olimlaridan: A.Suyunov, A.Salaxiddinov, T.Abdullayev, Sh.Fayziyevlar ham shunga yaqin mavzularda ilmiy izlanishlar olib borishib maʼlum natijalarga erishgan.

Qiziqarli va ahamiyatli tadqiqotlarning koʻpligiga qaramasdan, AYeYaQ ning geodezik oʻlchashlarga taʼsirini Oʻzbekistonning quruq va issiq iqlim sharoitida hisobga olish muammosi hozirgacha oʻz yechimini oxirigacha topmagan.

Maqolaning maqsadi. Meteorologik elementlarni joyda oʻlchashga asoslangan usullarini amalga oshirish va ishlab chiqishda yuzaga keladigan asosiy muammo geodezik ishlar uchun zarur boʻlgan aniqlikka erishishdir.

Maqoladagi (3) va (5) formulalarni asl shaklida ishlatish meteorologik oʻlchovlarning nuqtama-nuqta tabiati tufayli imkonsizdir, chunki bu trayektoriya boʻylab har bir nuqtada meteorologik elementlar va ularning gradiyentlarini bilishni nazarda tutadi. Masofaning soʻnggi nuqtalaridagi oʻlchovlarga asoslanib, atmosfera taʼsirini tuzatishni aniqlash xatolarni oʻrtacha hisoblashga olib keladi. Oʻrtacha hisoblash xatosining turli xil geodezik oʻlchovlarga taʼsirini baholash esa alohida masala.

Oʻrtacha hisoblashlar xatosini kamaytirishning barcha yoʻllari, ularning turli oʻzgaruvchanligiga qaramay, tenglamalar yordamida kamaytirish mumkin boʻladi.

$$\overline{r} = -\frac{\rho''}{D}\sum_{i=l}^{m} g_i l_i L_i \quad (1)$$

$$\overline{n} = \frac{1}{D}\sum_{l=1}^{m} n_i l_i, \quad (2)$$

bu yerda $\overline{r}$ va $\overline{n}$ – refraksiya burchagi va sinish koʻrsatkichining oʻrta-ogʻirlik qiymatlari;

g_i va n_i – i-chi trayektoriyaning sinish koʻrsatkichi va uning gradiyenti oʻrtacha qiymatlari;

l_i va L_i – i-chi trayektoriya uzunligi va kuzatilgan obyekt joylashgan nuqtadan i-chi trassaning oʻrtasigacha boʻlgan masofalari.

(1) va (2) formulalar (3) va (4) ning munosabatlari asosida olinadi[3,4]:.

$$r = -\frac{\rho''}{D}\int_0^D grad\, n \cdot x \cdot dx, \quad (3)$$

$$\langle n \rangle = \frac{1}{D}\int_0^D n dx, \quad (4)$$

D nur trayektoriyasi m uchastkalarga boʻlinadi, ular uchun n va $grad\ n$ funksiyalarining qiymatlari doimiy deb hisoblanadi [5]:

$$\overline{r} = -\frac{\rho''}{D}\sum_{i=1}^{m}\int_{x_{i-1}}^{x_i} grad\, n \cdot x \cdot dx; \quad (5)$$

$$\overline{n} = \frac{1}{D}\sum_{i=1}^{m}\int_{x_i-1}^{x_i} n dx.$$

(1) va (2) formulalaridan foydalanilganda, meteorologik elementlar trayektoriya boʻylab (*m-2*) nuqtalarda, soʻnggi nuqtalardan tashqari holatda, aniqlanadi.

Meteorologik oʻlchovlardan hisoblangan sinish koʻrsatkichi va uning gradiyenti masofaning *i*-chi trayektoriya uchun doimiy deb hisoblanadi. Bu yondashuv sunʼiy yoʻldosh oʻlchovlari uchun imkonsiz va gorizontal yoʻnalish uchun qiyin, chunki u muqarrar ravishda oʻlchovlar va hisoblashlar hajmini oshiradi. Ushbu yondashuvdan foydalanish orqali erishilgan aniqlikning oshishi oʻlchov xatosiga, meteorologik oʻlchovlarga va qoʻshimcha meteorologik punktlarning joylashuvini toʻgʻri tanlashga bogʻliq. Refraksiya tuzatmalaring aniqlash uchun toʻgʻridan-toʻgʻri meteorologik oʻlchovlardan foydalanadigan usullarni tadqiq qilish ushbu ikki omildan birining yoki ularning kombinatsiyasining taʼsirini kamaytirishga qaratiladi[7].

Masalaning yangicha yechimi. Burchak oʻlchov natijalariga tuzatmalarni aniqlashning metodik usullari.

[3]da bajarilgan hisoblashlarga koʻra, trigonometrik nivelirlash usuli yordamida 1 kilometrga 5 mm aniqlikda balandlikni oʻlchash uchun (vertikal harorat, bosim va namlik gradiyentlari) ham shu aniqlikda oʻlchanishi kerak. 5 km chiziq boʻylab gorizontal refraksiya burchagini 0.5" aniqlikda aniqlash uchun meteorologik elementlarning gradiyentlari bir xil aniqlik bilan maʼlum boʻlishi kerak.

Meteorologik elementlarni joyda oʻlchash aniqligi cheklangan. Joyda oʻlchovlardan gradiyentlarni aniqlash uchun oʻlchash tekisligida yoʻnalish oʻqining ikkala tomon punktiga ham meteorologik asboblarni oʻrnatish talab etiladi. Harorat, bosim va namlik gradiyentlarining zamonaviy meteorologik oʻlchovlarining maksimal aniqligi bir metrga 0,01 birlikni tashkil qiladi (zamonaviy harorat oʻlchash asboblari esa 0,04 K aniqlikni taʼminlaydi [3]).

Koʻtarib yuriladigan meteorologik asboblarning texnik imkoniyatlari Yevropa qitʼasi atmosferasining yerga yaqin qatlamida refraksiyani yuqori aniqlikda aniqlashning texnik talablariga javob bermasligi mumkin biroq bizning quruq va issiq iqlim sharoitiga yaxshigina toʻgʻri keladi. Bunda meteorologik asboblarni talab darajasida ishlatish kerak. Meteorologik oʻlchashlarning instrumental aniqligini oshirish uchun aniq usullardan foydalanish zarur.

Masalan, [3] da balandlik boʻyicha havo harorati gradiyentlarini oʻlchashda oʻlchov sensorlari bir-biridan besh metr, gorizontal gradiyentlarni oʻlchashda esa 100 metr masofada joylashgan boʻladi. Olingan oʻlchov aniqligi mos ravishda 0,01 °C/m va 0,0005 °C/m ni tashkil qiladi. Refraksiyani aniqlashning aniqligi meteorologik oʻlchov xatolari va oʻrtacha xatolarning birgalikdagi taʼsiriga bogʻliqligini hisobga olsak, gradiyentlar va meteorologik elementlarni aniqlashdagi bu aniqliklar yetarli deb hisoblasa boʻladi.

Muayyan meteorologik oʻlchovlarning aniqligi va mehnat talab qiladigan tabiati tadqiqotchilarni meteorologik elementlarni aniqlash uchun, yengilroq boʻlgan usullarni izlashadi.

Refraksiyani oʻzgaruvchiligiga asosan Yer qoplamasi yaqinidagi havo harorati gradiyentlarining sifat va miqdoriy oʻzgaruvchanligi taʼsir qiladi.

Shuning uchun tadqiqotchilar o‘z e’tiborlarini ushbu gradiyentlarga qaratadilar. Bir qator tadqiqotlarda [3,5] geometrik va trigonometrik nivelirlashda vertikal refraksiyaning ta’sirini hisobga olish usullarini taklif qilishgan.

Bu usullar Lvov politexnika milliy universitetida va Samarqand arxitektura universitetida ishlab chiqilgan, bir metr balandlikda havo harorati gradiyentlarini aniqlash usuliga asoslangan bo‘lib, u Yer qoplamasi yuzasida yog‘ingarchilikdan keyingi bug‘lanishni hisobga olish usulining bir qismidir [4]:

$$grad_{ver}t = 0{,}44 \cdot 10^{-2}\xi\frac{t_{0,2} - t_{2,0}}{\lg\left(\frac{200}{\chi}\right)} \quad ,$$

bu yerda ξ — logarifmik moddadan tabiiy moddaga o‘tish uchun tuzatish koeffitsiyenti, [2,3,6] formulasiga muvofiq 0,2 va 2,0 metr standart balandliklardagi shamol tezligi va harorat farqlariga bog‘liq bo‘lgan Richardson soni $_{Ri}$ yordamida hisoblangan.

$$\xi = \frac{1}{4\sqrt{1 - R_i}} ;$$

$t_{0,2} - t_{2,0}$ – 0,2 va 2,0 m balandliklardagi harorat farqi, °C/m;

χ — kengayish koeffitsiyenti, u faqat qor yoqqan paytda atmosferada zichlik o‘zgarishi mumkin [3], lekin boshqa qoplama uchun u kattaroq diapazonda o‘zgaradi;

$(t_{0,2} - t_{2,0})$ ning farqi oddiy xolda o‘lchanadi yoki [3] formulasiga muvofiq boshqa z_1 va z_2 balandliklardagi t_1 va t_2 havo harorati o‘lchashlar natijalari asosida qayta hisoblanadi.

$$t_{0,2} - t_{2,0} = \frac{t_1 - t_2}{\lg\left(\frac{z_1}{z_2}\right)} . \quad (8)$$

Oddiy meteorologik sharoitlarda Richardson soni +4.680 dan -4.680 gacha o‘zgarishi mumkin [52].

Havo haroratini o‘lchash eng yaxshi holatda ham $4 \cdot 10^{-2}$ K [7], aniqlikda amalga oshirilishini, bu zamonaviy harorat o‘lchash asboblarining aniqligiga mos kelishini va bir balandlikdan boshqasiga o‘tkazish qo‘shimcha xatolarni, shuningdek, χ va ξ, koeffitsiyentlariga nisbatan katta farqni keltirib chiqarishini hisobga olsak, 1 m balandlikda havo harorati gradiyentini aniqlashda haqiqiy xatolarni baholash mumkin. Bundan tashqari, gradiyentni nishonga olish jarayonida nurning balandligiga muvofiq qilish kerak.

Refraksiyani hisobga olishning taklif qilingan ushbu usuli faqat geometrik va trigonometrik nivelirlash natijalariga ta’sirini qisman kamaytirish uchun qo‘llanilishi mumkin.

T.I. Kukkamaki ma’lum vertikal harorat gradiyenti yordamida gorizontal refraksiyani hisoblash formulasini ishlab chiqdi:

$$r_{bol} = 0{,}20''grad_{ver}t \cdot D \cdot tg\alpha \cdot cos\eta, \quad (9)$$

bu yerda D — masofaning umumiy uzunligi; α- gorizontal tekislik va qoplama sirt orasidagi burchak; η- yo‘nalish chiziq yo‘nalishi va gorizontal sirtning qoplama sirt bilan kesishish chizig‘i orasidagi burchak.

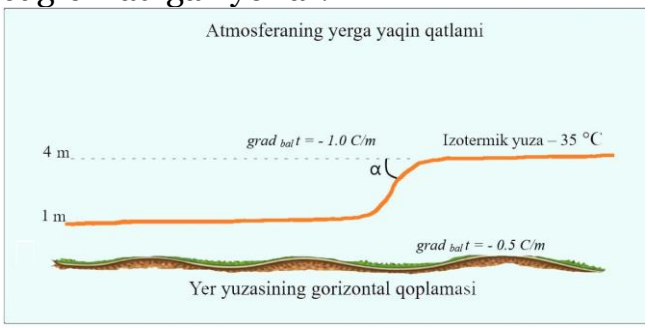
(9) formuladan foydalanib, refraksiyani hisoblash uchun yer sirtlarning gorizontal bilan kesishish burchagini va kesishish chizig‘i yo‘nalishi bilan ko‘rish nuri yo‘nalishi orasidagi burchakni aniqlash kerak.

Muallif [6] yer qoplama sirtlar relyefga ergashishini taxmin qilib, joyni relyefiga asoslanib α va η burchaklarni aniqlashni taklif qiladi.

Meteorologik amaliyotdan olingan ma’lumotlar, qisman[3]da keltirilgan ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki, atmosfera chegara qatlamidagi issiqlik rejimiga nafaqat

pastki yuzaning geometrik koʻrinishi, balki uning fizik-kimyoviy xususiyatlari ham taʼsir qiladi.

[3] da namlik miqdori har xil boʻlgan qoplamalarda oʻtkazilgan tadqiqotlar natijalari keltirilgan. 1-rasmda yer yuzasining ikkita qismi koʻrsatilgan: tuproq namligi 25-30 va 35-40% boʻlgan ikkita gorizontal sugʻoriladigan yerlar.



1-rasm. Atmosferaning yerga yaqin qatlamining qismlarga boʻlinishi.

Dalada kuzatuv vaqtida bir metr balandlikdagi havo harorat gradiyentlari (-1,0) °C/m va (-0,5)°C/m boʻlgan, xuddi shu balandlikdagi havo harorati 35 °C va 24 °C edi. Oʻlchovlar kunduzgi vaqtda amalga oshirildi. Harorat va uning-gradiyentidagi bunday farqlar 50 metrgacha masofada tuproq namligidagi farqlar uchun yuzaga keldi. 1-rasm va meteorologik maʼlumotlarga koʻra, kamroq namdagi harorat (3–4) m balandlikda 34 ° sm gacha yetgan, bu esa α burchagi taxminan 5° ga yaqin ekanini bildiradi.

Bunday turdagi yerning yuz qismlarini oʻzgaruvchanligi farqlari kichik koʻrinishga kiradi va ular atmosferaning yerga yaqin qatlamining pastki qismida mikroiqlimni vujudga keltiradi.

Hududiy jihatdan katta boʻlgan landshaft elementlari butun atmosferaning pastki qatlamida mikroiqlimni vujudga keltiradi. Bunga tajriba maʼlumotlari ishonchli natija boʻlib xizmat qiladi [2]. Turli landshaft elementlari ustida: dasht, suv havzasida, botqoq hududda, ekin maydonida – balandlик бўйича спутник орқали олинган метеорологик маълумотлар havo haroratiнинг қайта ишланиши натижаси oʻrtacha haroratdan ±(3-5) °C ga farq qilganини кўрсатди. Shu bilan birga, yuqori haroratli hududlar 500 m balandlikka qadar davom etgan.

Bu holda, izotermik (*oʻzgarmas haroratda tizim holatining oʻzgarishi*) sirtlar shakli relyef shaklini takrorlaydigan sirtga nisbatan egri burchak hosil qilib, deyarli butun pastki havo qatlamida takrorlanadi. Ushbu egri burchak oʻzgarib borishini hisobga olib, toʻliq gorizontal refraksiyani hisoblash uchun (1) formuladan foydalanish kerak va masofani boʻlaklarga boʻlishda gorizontal va izotermik yuzalarning oʻzaro joylashuvining oʻzgaruvchanligini hisobga olish lozim. Gorizontal boʻlmagan asosiy sirt mavjud boʻlsa, α va η burchaklarni aniqlash uchun mikroiqlim tarqalishini bilish zarur, yaʼni, asosiy yuzaning geometrik xususiyatlari bilan birga, uning fizika-kimyoviy xususiyatlari va oʻsimlik qoplamining xarakterini ham bilish zarur. Bu talablar, shuningdek, har bir landshaft elementi ustida oʻlchashlar yoʻnalish trayektoriyasi boʻylab haroratning balandlik boʻyicha gradiyentini bilish zarurati bilan, gorizontal refraksiyani (9) formulasi boʻyicha aniqlashni qiyinlashtiradi. Geodeziya amaliyotda bu taklif faqat gorizontal refraksiyaning gorizontal burchaklarni oʻlchash natijalariga taʼsirini qisman kamaytirish uchun qoʻllanilishi mumkin.

Xuddi shunday muammolarga refraksiya burchagini aniqlashning “geometrik” deb ataladigan yondashuvidan foydalanganda ham duch kelinadi. [3] manbada refraksiya burchagini aniqlash uchun atmosferada yorugʻlik nurining sinish qonuni qoʻllaniladi[7].

Atmosferada yorug‘lik nurining sinish qonuni elektromagnit nurlanishning turli sinish ko‘rsatkichlariga ega bo‘lgan ikki muhit chegarasida tarqalish yo‘nalishining o‘zgarishini tavsiflaydi. Umumiy holda, atmosferaning o‘zgaruvchanligi atmosferada ko‘plab turli xil sinish ko‘rsatkichlari juda ko‘p bo‘ladi. Refraksiya burchagini yuqori aniqlikda aniqlash yorug‘lik nurining trayektoriya bo‘ylab sinish ko‘rsatkichini nurlanish tarqalishini bilishni talab qiladi.

[3] muallifi masalani sezilarli darajada soddalashtiruvchi formulani keltirib chiqargan. Xususiy holda, agar qo‘shni muhitlar chegaralari o‘zaro parallel bo‘lsa, refraksiya burchagini aniqlash uchun trayektoriyaning boshlang‘ich va oxirgi nuqtalaridagi yorug‘lik nurining sinish ko‘rsatkichlarini bilish kifoya qiladi, muhit ichida sinish ko‘rsatkichining qanday o‘zgarishini o‘rganishga zarurat qolmaydi.

Biroq, [6] muallifi to‘g‘ri ta’kidlaganidek, bu holat xususiydir. Yuqorida izotermik yuzalar geometriyasini shakllantiruvchi omillar tahlil qilindi. Atmosferaning yerga yaqin qatlamida qo‘shni muhitlar chegaralarining o‘zaro joylashuvi yer sirtning geometriyasi va uning issiq-fizik xususiyatlariga bog‘liq. Shuning uchun atmosferaning yerga yaqin qatlamida o‘xshash qatlamlari chegaralarining parallelligi buzilishi istisno emas, balki qoida bo‘ladi.

Snelliusning sinish qonunidan foydalanish faqat vizir nuri atmosferaning zichligi orqali o‘tganda oqlanadi va asosli bo‘ladi. Masalan, astronomik kuzatuvlar natijalariga refraksiyaning ta’sirini hisobga olish maqsadida atrof muhitlar chegaralari soddalashtirilgan holda Yer yuzasiga konsentrik sferik qatlamlar sifatida tushuntiriladi.

Shuning uchun meteorologik elementlarni o‘lchash nishon nurining balandligida amalga oshirilishi kerak va bo‘limlarga bo‘lish yerga yaqin qatlami yuzasi turini hisobga olgan holda amalga oshirilishi kerak. Aks holda, qo‘shimcha xatolar yuzaga keladi.

Biz meteorologik stansiyalarning joylashuvini differensial mikroiqlimni hisobga olish nuqtai nazaridan tanlashning mavjud yondashuvlarini tahlil qilamiz. Ba’zi tadqiqotchilar tadqiqot hududidagi siyrak joylashgan nuqtalarda joylashgan meteorologik postlarda meteorologik o‘lchovlar natijalari asosida gorizontal refraksiyani aniqlashga intilishgan.

Meteorologik postlar (ob-havo stansiyalari) orasidagi masofalar o‘lchov yo‘nalishlari uzunligidan oshib ketganda, meteorologik elementlarning faqat mintaqaviy va kenglik gradiyentlarining, birinchi navbatda harorat gradiyentining ta’sirini aniqlash mumkin. Bu gradiyentlarning absolyut qiymatlari mahalliy gradiyentlardan farqliroq, shuning uchun bu yondashuv faqat gorizontal refraksiyaning tizimli ta’sirini aniqlashi mumkin.

Alohida yo‘nalishlar burchaklar uchun refraksiya qiymatlari 0,1" dyuymni tashkil etdi, bu esa seriyaning butun uzunligi bo‘ylab 0,6" dyuymni tashkil etdi.

[6] da vertikal refraksiya ta’siri uchun tuzatmalar trayektoriyaning so‘nggi nuqtalarida va uning uzunligining 1/4, 1/2 va 3/4 masofalarida joylashgan nuqtalarda havo harorati natijalari asosida hisoblab chiqildi. Bunday xolda yer qoplamasining holati hisobga olmaydi. Olingan xatolarning kattaligi o‘lchangan chiziq bo‘ylab yer sirti

xususiyatlarining o‘zgaruvchanlik darajasiga bog‘liq bo‘ladi.

L.S. Yunoshev [7] tomonidan gorizontal refraksiyani hisobga olgan holda yo‘nalishni kesimlarga bo‘lishning muvaffaqiyatli va asosli prinsipi taklif qilingan. (1) ga o‘xshash formuladagi $_{li}$ - chi yo‘l segmenti muallif tomonidan "kvazistatsionar" deb nomlangan atmosfera blokiga mos kelgan.

Gorizontal yorug‘lik nurining sinishini "kvazistatsionar" bloki atmosferaning trayektoriya bo‘ylab joylashgan qismini ifodalaydi, bu yerda tashqi sharoitlar ta’siri tufayli havo harorati va namligining barqaror gorizontal gradiyentlari paydo bo‘ladi. [3] mualliflarining fikriga ko‘ra, refraksiya bloklari qiyaliklar ustida, qavariq sirtlar chegaralari ustidagi harorati atrof-muhit havosi haroratidan farq qiladigan vertikal sirtlarga ega obyektlar yaqinida joylashgan. Biroq, bunday mezonlar to‘plami mahalliy refraksiya maydonlarining o‘zgaruvchanligi ta’siri xususiyatlarining butun spektrini qamrab olmaydi.

Nishonga yo‘naltirilgan yorug‘lik nuri balandligida meteorologik o‘lchovlarni o‘tkazish har doim ham ilojsiz: vazifa meteorologik o‘lchovlar natijalarini kerakli balandlikka tushirishdan iborat. Ushbu muammoni hal qilish uchun tadqiqotchilar [2] meteorologik elementlarning vertikal taqsimlanish modellaridan foydalanadilar; ular sinish ko‘rsatkichi [5] va uning gradiyentining vertikal taqsimlanish qonuniyatlarini aniqlashga qaratilgan tadqiqotlar olib boradilar.

Biroq, bu yondashuv bir tomonlama deb tan olinishi kerak, chunki sinish ko‘rsatkichi va uning gradiyentini fazoviy o‘zgaruvchanligi ikkita komponentga ega ular vertikal va gorizontal, faqat ularni har tomonlama ko‘rib chiqish refraksiya aniqliklarini talab qilinadigan aniqlik bilan amalga oshirish imkonini beradi.

Kerakli aniqlik nuqtai nazaridan yetarli darajada o‘lchashlarni tashkil etish va amalga oshirishning murakkabligi, meteorologik o‘lchashlar sonining ortib borishi tadqiqotchilarni refraksiya maydonlarining xususiyatlarini aniqlash uchun kamroq mehnat talab qiladigan usullarni izlashga majbur qiladi. Bunday usullar meteorologik o‘lchovlar sonini kamaytiradigan yoki ularni butunlay yo‘q qiladigan turli modellardan foydalanishni o‘z ichiga oladi. Shu joyda, ushbu yondashuvni amalga oshirishning asosiy usullarini ko‘rib chiqaylik:

Ko‘pgina tadqiqotchilar shu jumladan muallif [3] turbulent atmosferada sinish ko‘rsatkichi va refraksiya burchagi taqsimoti modellarini yaratishda kichik miqyosli turbulentlik nazariyasiga tayanadi. Muallif vertikal refraksiya ta’siriga tuzatmalar kiritishning ushbu yondashuvi bilan atmosferaning turbulent rejimining xususiyatlari havo harorati va shamol tezligining gradiyent aniqlashlari asosida analitik yoki grafik sifatida aniqlanishini mumkinligini ko‘rsatdi. Atmosferaning yer qatlami sirtidagi turbulent almashinuvni tavsiflovchi miqdorlar havo harorati gradiyentini hisoblash uchun ishlatildi. Vertikal refraksiya burchagi ma’lum harorat gradiyenti yordamida aniqlandi.

Namlik gradiyentining refraksiya burchagiga ta’siri e’tiborga olinmaydi, bu yuqori aniqlikdagi refraksiyani talab qilmaydigan bir qator amaliy masalalarni yechishda optik to‘lqin uzunliklari uchun ma’qul topiladi..

Afsuski, bu yondashuv refraksiyaning fazoviy taqsimotini belgilovchi barcha omillarning ta’sirini

hisobga olishga imkon bermaydi. Trassaning o‘zgaruvchanlik holatida meteorologik stansiyalarning soni va joylashuvi masalasi ochiq qoladi.

Turbulent almashinuv natijasida atmosfera parametrlarining tasodifiy o‘zgarishlari ularning ma’lum bir funksiyalarini tavsiflaydi. Ko‘rinadigan diapazonda, sinish ko‘rsatgichi indeksining namlikka bog‘liqligi odatda e’tiborga olinmaydi va sinish ko‘rsatgichi indeksi C_p^2 ning ma’lum bir funksiyasini aniqlash uchun [3] ushbu munosabat qo‘llaniladi:

$$C_n^2 = (80 \cdot 10^{-6} pT^{-2})^2 C_r^2. \quad (6)$$

C_r^2 haroratining ma’lum bir funksiyasini aniqlash uchun shamol tezligi va haroratning gradiyent natijalari qo‘llaniladi [2].

Sinish ko‘rsatgichlari indeksining ma’lum bir funksiyasini z_0 dan 50 metrgacha qatlamidagi nishon nuri balandligiga 50 metrgacha kamaytirish eksponensial bog‘liqlik [6] yordamida amalga oshiriladi:

$$C_n^2(z) = C_{n_0}^2 (\frac{z}{z_0})^{-\frac{4}{3}}. \quad (7)$$

Turli atmosfera parametrlarining ma’lum bir funksiyalaridan ularning anomal, ya’ni o‘rtacha (statistik) qiymatlardan farq qiladigan qiymatlarini hisoblash uchun foydalanish mumkin. Sinish ko‘rsatgichi indeksining ma’lum bir funksiyasini havo harorati va shamol tezligining gradiyent o‘lchashlaridan aniqlash samarali bo‘lmaydi. atmosfera tebranishlaridan, tasvir sifati xususiyatlaridan va boshqalardan sinish ko‘rsatgichi indeksidagi tasodifiy o‘zgarishlarni aniqlashning instrumental usullari keng tarqalmoqda.

[8] da, natijalariga asoslangan gorizontal harorat gradiyentini matematik modellashtirish usuli ham taklif qilingan. Turli obyektlarda devorlar, binolar, tunnellar va to‘g‘onda harorat gradiyentlarini o‘lchash [2] da vertikal refraksiya uchun tuzatmalarni hisoblashda havo harorati gradiyentlarini hisobga oluvchi korrelyatsion tenglamalar qo‘llaniladi. Bularning barchasi atmosferaning yerga yaqin qatlamini geodezik o‘lchashlarga ta’sirini kamaytirishga ma’lum darajada xizmat qiladi.

Xulosa va tavsiyalar.

[4,5]. Statistik ma’lumotlarni qayta ishlash, jumladan, 0 dan 500 metrgacha bo‘lgan qatlamda meteorologik elementlarning nomogrammasini 5 yillik kuzatish va 5 km uzunlikdagi yo‘nalish bo‘ylab yorug‘lik nurini nishonini tebranish turbulentlik burchagidagi tebranishlarning parallel kuzatuvlari bizga qatlamli atmosfera modeli uchun nurlanish trayektoriyasini hisoblash algoritmini ishlab chiqish imkonini berdi.

Trassa bo‘ylab yorug‘lik nuri tarqalish sharoitlarini bashorat qilishda meteorologik elementlarning balandlik bo‘yicha o‘zgarishi tadqiq qilingan. Ushbu usul ham muallifi tomonidan atmosfera ta’sirini kamaytirish usullari sifatida tasniflangan.

Atmosferaning yer qatlami ta’sirini tuzatishni aniqlashning metodologik usullarining tahlilini umumlashtirib, shunday ta’kidlash kerakki, asosiy muammo atmosferaning sirt qatlamida yorug‘lik nurini sinish ko‘rsatkichi va uni gradiyentini sezilarli darajada o‘zgaruvchanligida ekanligi aniqlandi.

Sinish ko‘rsatkichining o‘zgaruvchanligi uchta komponentga ega ekanligi ya’ni bular fazoviy — gorizontal va vertikal ekani xulosa qilindi. Uchala komponentni ham hisobga olish uchun tuzatmalarni

aniqlash geodezik o‘lchovlar paytida nishon nuri balandligida amalga oshiriladigan o‘lchashlar asosida bajarilishi kerakligi tavsiya etildi.

Meteorologik stansiyalarda, asboblarning joylashuvi trayektoriya bo‘ylab meteorologik maydonning gorizontal refraksiyasini hisobga olish imkonini yaratdi.

Shunday qilib, geodezik o‘lchashlarda aniqlikning ko‘tarilishi muqarrar ravishda samaradorlikning oshishiga olib keldi.

Tuzatmalarni aniqlash samaradorlikni oshirishga urinishlar atmosfera parametrlarining fazoviy taqsimoti modellaridan foydalanib qisqartirildi.

Shu sabablarga ko‘ra, atmosfera ta’sirini pasaytirish usullari ustida ishlayotgan tadqiqot natijalari samarali deb xulosalar qilindi.

ADABIYOTLAR:

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida»gi Farmoni.

2. Абдуллаев Т.М. Исследование закономерностей действий и изыскание методов учета боковой рефраксии при измерении горизонталных углов//Автореф. дисс. на соискание.учен. степ. канд. техн. наук: ТашГТУ.–Ташкент, 2005.–16с.

3. Суюнов А.С., Суюнов Ш.А. О точности геодезического измерения в условиях Республики Узбекистан // Монография. Узбекское агенство по печати и информасии Типографии ООО «ИЛМ НУР-ФАЙЗ». 2017. – 160 с.

5. Suyunov A.S., Tashpulatov S.A., Mullajanova G. Inpact of atmosphere jn accuracy of GPSmeasurements.// Modern scientific challenges and trends/ collectionofscientionworks of the internftional scientific cjnference/ Issue 12, Part 2 Warsaw,Poland. 20thJanuary, 2019. Certificate №: PL300519039.

6. Suyunov A.S., Fayziyev Sh. I.Studying the experience of full breakage on the streets of Karshi in Kashkadarya region.// International Journal of advanced Research in Science, Engineering and Technology. ISSN (online):2350-0328/ Of ijarset, Volume 6,Issue 11 November 2019. Certificate №: IJA61010040Date: 30th November 2019. R. 11873-11875.

7. Юношев Л.С. Боковая рефракция света при измерениях углов. -М.: Недра, 2009.-92 с.

8. Островский А.А., Мороз А.И. Теория и практика флуктуационного метода определения вертикальной рефракции // Изв. вузов. Геод. и аэрофотосъемка. — 2000. — №3. — С. 11-29.

UDK 332.3:639.1:528.9

HAYVONOT DUNYOSI OBYEKTLARI DAVLAT KADASTRINI YURITISHDA XALQARO TAJRIBANING ILMIY-AMALIY AHAMIYATI

F.F.Jo‘raqulov *- Buxoro davlat texnika universiteti magistranti.*

S.H.Oltinov *- Buxoro davlat texnika universiteti “Kadastr va qurilish muhandisligi” kafedrasi tayanch doktoranti.*

Sh.Y.Sattorov *- Buxoro davlat texnika universiteti “Kadastr va qurilish muhandisligi” kafedrasi dotsenti, t.f.f.d., (PhD).*

J.J.Pirimov *- Buxoro davlat texnika universiteti “Kadastr va qurilish muhandisligi” kafedrasi dotsenti, t.f.f.d., (PhD).*

T.A.Ismatov *- Kadastr agentligi Buxoro viloyat boshqarmasi Jondor tuman bo‘limi yetakchi inspektori, t.f.f.d., (PhD).*

sobiroltinov7040@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada hayvonot dunyosi obyektlari davlat kadastrini yuritishda xalqaro tajribaning ilmiy-amaliy ahamiyati qiyosiy-tahliliy yondashuv asosida o‘rganilgan. Turkiya, Yevropa Ittifoqi, Efiopiya, Ruanda, Rossiya, Kosovo va Markaziy Osiyo tajribasi tahlil qilinib, geoaxborot tizimlari, masofaviy zondlash va raqamli kartografiyaga asoslangan kadastr tizimlarining afzalliklari hamda cheklovlari ko‘rsatilgan. O‘zbekiston uchun kadastrni takomillashtirishning yetti ustuvor yo‘nalishi asoslab berilgan.

Kalit so‘zlar: hayvonot dunyosi, davlat kadastri, geoaxborot tizimi, monitoring, biologik resurslar, xalqaro tajriba, raqamli xarita, ekologik monitoring, GAT texnologiyalari.

Аннотация. В статье на основе сравнительно-аналитического подхода рассмотрено значение международного опыта ведения государственного кадастра объектов животного мира. Проанализирован опыт Турции, стран ЕС, Эфиопии, Руанды, России, Косово и Центральной Азии; показаны преимущества и ограничения кадастровых систем на основе ГИС, дистанционного зондирования и цифровой картографии. Обоснованы семь приоритетных направлений совершенствования кадастра для Узбекистана.

Ключевые слова: фауна, государственный кадастр, геоинформационная система, мониторинг, биологические ресурсы, международный опыт, цифровая карта, экологический мониторинг, ГИС-технологии.

Abstract. Using a comparative-analytical approach, the article examines the significance of international experience in maintaining a state cadastre of fauna objects. The experience of Turkey, the EU, Ethiopia, Rwanda, Russia, Kosovo and Central Asia is analysed, and the advantages and limitations of GIS-, remote-sensing- and digital-cartography-based cadastral systems are shown. Seven priority directions for improving Uzbekistan’s fauna cadastre are substantiated.

Keywords: fauna, state cadastre, geographic information system, monitoring, biological resources, international experience, digital map, environmental monitoring, GIS technologies.

Biologik xilma-xillikni saqlash va biologik resurslardan oqilona foydalanish global ekologik kun tartibining ustuvor masalalaridan biridir. Biologik xilma-xillik to‘g‘risidagi konvensiya ishtirokchi

davlatlarga biologik resurslarni aniqlash va monitoring qilish majburiyatini yuklaydi [1]. Bu majburiyatni bajarishning asosiy vositasi - hayvonot dunyosi obyektlari haqidagi ma'lumotlarni tizimli yig'ish, saqlash va yangilashni ta'minlovchi davlat kadastridir. O'zbekiston Respublikasining "Hayvonot dunyosini muhofaza qilish va undan foydalanish to'g'risida"gi Qonuni hayvonot dunyosini hisobga olish, monitoring qilish va kadastrini yuritish tartiblarini belgilaydi [2].

Hayvonot dunyosi obyektlari harakatchan va mavsumiy o'zgaruvchan bo'lgani uchun ularning kadastri yer kadastriga nisbatan fazoviy va vaqt o'lchamlari bo'yicha yuqoriroq talablarni qo'yadi. Rivojlangan davlatlarda bunday kadastr GAT, masofaviy zondlash ma'lumotlari va raqamli kartografiyaga tayangan holda yuritilmoqda, biroq ularning tajribasini milliy tizimga mexanik ko'chirib bo'lmaydi. Tadqiqotning maqsadi - xalqaro tajribani tahlil qilish va O'zbekistonda hayvonot dunyosi kadastrini takomillashtirishning ilmiy-amaliy yo'nalishlarini asoslashdan iborat. Obyekti - hayvonot dunyosi davlat kadastrini yuritish tizimi, predmeti - unda xalqaro tajriba va geoaxborot texnologiyalaridan foydalanish mexanizmlari. Tadqiqotda qiyosiy-tahliliy usul, tizimli yondashuv hamda ilmiy adabiyotlar va normativ-huquqiy hujjatlarning kontent-tahlili qo'llanildi.

Hayvonot dunyosi davlat kadastri obyektlarning turlari, soni, tarqalishi, yashash muhiti, holati va xo'jalik ahamiyati haqidagi ma'lumotlarning muntazam yangilanuvchi to'plamidir. U uch vazifani bajaradi: hisob, baholash va boshqaruv qarorlarini ma'lumotlar bilan ta'minlash. Fazoviy jihatdan obyekt geometriya, atributlar (tur, soni, muhofaza maqomi) va vaqt belgisi bilan ifodalanadi; GAT bunday ma'lumotlarni yagona bazada saqlash, qatlamlar bo'yicha tahlil qilish va xaritalashtirish imkonini beradi [3,4]. Milliy ko'rsatkichlarni xalqaro "muhim biologik xilma-xillik o'zgaruvchilari" (Essential Biodiversity Variables) bilan muvofiqlashtirish ma'lumotlarning taqqoslanuvchanligini ta'minlaydi [5]. Har bir yozuvning manbasi, sanasi va aniqlik darajasi ko'rsatilishi shart, aks holda turli usullarda olingan ma'lumotlarni solishtirib bo'lmaydi.

O'zbekiston Fanlar akademiyasi Zoologiya instituti fauna tarkibi, turlar xilma-xilligi, tarqalishi va ekologik holatini o'rganib, 12500 dan ortiq tur bo'yicha ilmiy ma'lumotlarni shakllantirgan; 93 mingdan ortiq eksponatli kolleksiya fondlari Markaziy Osiyodagi eng yirik zoologik bazalardan biridir. Institutning asosiy yo'nalishlari - faunani baholash, barqaror foydalanish, zoologik hududlarni ajratish, noyob va endemik turlar, milliy ma'lumotlar bazasini yuritish va yo'qolish xavfi ostidagi turlar monitoringi - kadastrning boshlang'ich ma'lumot bazasini tashkil etadi. Mintaqa faunasining tur xilma-xilligini T.Abduraupov (Zoologiya instituti) va R.Nazarov (M.V.Lomonosov nomidagi MDU Zoologiya muzeyi) ham o'rgangan. Mavjud ma'lumotlarni yagona raqamli fazoviy bazaga keltirish kadastrni amaliy boshqaruv vositasiga aylantirishning shartidir. Institut yo'nalishlarining kadastr uchun ahamiyati 1-jadvalda umumlashtirilgan.

1-jadval. Zoologiya institutining tadqiqot yo‘nalishlari va ularning kadastr uchun ahamiyati

Tadqiqot yo‘nalishi	Kadastr tizimi uchun ahamiyati
Faunani har tomonlama o‘rganish va holatini baholash	Boshlang‘ich ma’lumotlar bazasi va baholash ko‘rsatkichlari
Hayvonot dunyosidan barqaror foydalanish	Foydalanish limitlari va qarorlarni ilmiy asoslash
Asosiy zoologik hududlarni aniqlash	Kadastr xaritalarida hududiy birliklarni ajratish
Noyob va endemik turlar	Muhofaza maqomi bo‘yicha atributlar
Milliy axborot-tahliliy ma’lumotlar bazasini yuritish	Yagona geobazaning ma’lumot modeli va mazmuni
Yo‘qolish xavfi ostidagi turlar monitoringi	Dinamik monitoring qatlamlari

Rivojlangan davlatlarda hayvonot dunyosini boshqarish faqat biologik monitoring bilan cheklanmay, iqtisodiy, ekologik va ijtimoiy omillar bilan integratsiyalashtiriladi. Asosiy modellar 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval. Hayvonot dunyosini boshqarish va kadastr yuritishning xorijiy modellari

Davlat / mintaqa	Modelning asosiy xususiyati	Kadastr uchun xulosa
Turkiya	Hududiy rejalashtirish asosida; ovchilik, ekoturizm, foydalanish va muhofaza yagona tizimda; mahalliy jamoalar ishtiroki	Kadastrni hududiy rejalashtirish bilan bog‘lash
Yevropa Ittifoqi (Bolgariya, Ruminiya)	Qat’iy huquqiy asos; muhofaza hududlari toifalarga ajratilgan	Ko‘p funksiyalilik, standart hisobot
Efiopiya, Ruanda	Soddalashtirilgan, ishtirokchilikka asoslangan, tezkor va arzon ma’lumot yig‘ish	Tez qamrov, lekin sifat nazorati zarur
Rossiya	Hisob, monitoring va kadastr yagona normativ-huquqiy hujjatlar asosida	Huquqiy mustahkamlik, muntazam yangilash
Markaziy Osiyo	Chorvachilik va yaylovdan foydalanish fauna bilan bog‘liq; yaylov degradatsiyasi	Fauna va yaylov monitoringini birlashtirish
Kosovo	Hayvonlarni identifikatsiya va ro‘yxatga olish tizimi rivojlanmagan	Raqamli identifikatsiya zarur

Turkiya tajribasida yovvoyi tabiat resurslarini boshqarish hududiy rejalashtirish asosida tashkil etilgan: ovchilik, ekoturizm, resurslardan foydalanish va muhofaza yagona tizimga birlashtirilgan, mahalliy jamoalar ishtiroki esa boshqaruv samaradorligini oshiradi. Demak, kadastr ma’lumotlari hisob bilan cheklanmay, hududni rejalashtirish va xo‘jalik faoliyatini yo‘naltirishda ham qo‘llanadi.

Yevropa Ittifoqida hayvonot dunyosi qat’iy huquqiy asoslar bilan muhofaza qilinadi. Yashash joylari direktivasi [6] va Qushlar direktivasi [7] “Natura 2000” tarmog‘ining huquqiy poydevorini tashkil etadi; birinchisi a’zo davlatlardan muhofaza holati bo‘yicha muntazam hisobot talab qiladi, bu ma’lumotlarning davriy yangilanishi va taqqoslanuvchanligini ta’minlaydi. INSPIRE direktivasi esa fazoviy ma’lumotlarni, jumladan turlar tarqalishi va yashash muhitlari mavzulari bo‘yicha, yagona standartda almashishni tartibga soladi [8]. Bolgariya va Ruminiyada muhofaza hududlari ilmiy, ekologik va rekreatsion ahamiyatiga ko‘ra

toifalarga ajratilib boshqariladi, bu kadastrning ko‘p funksiyali xarakterini ko‘rsatadi.

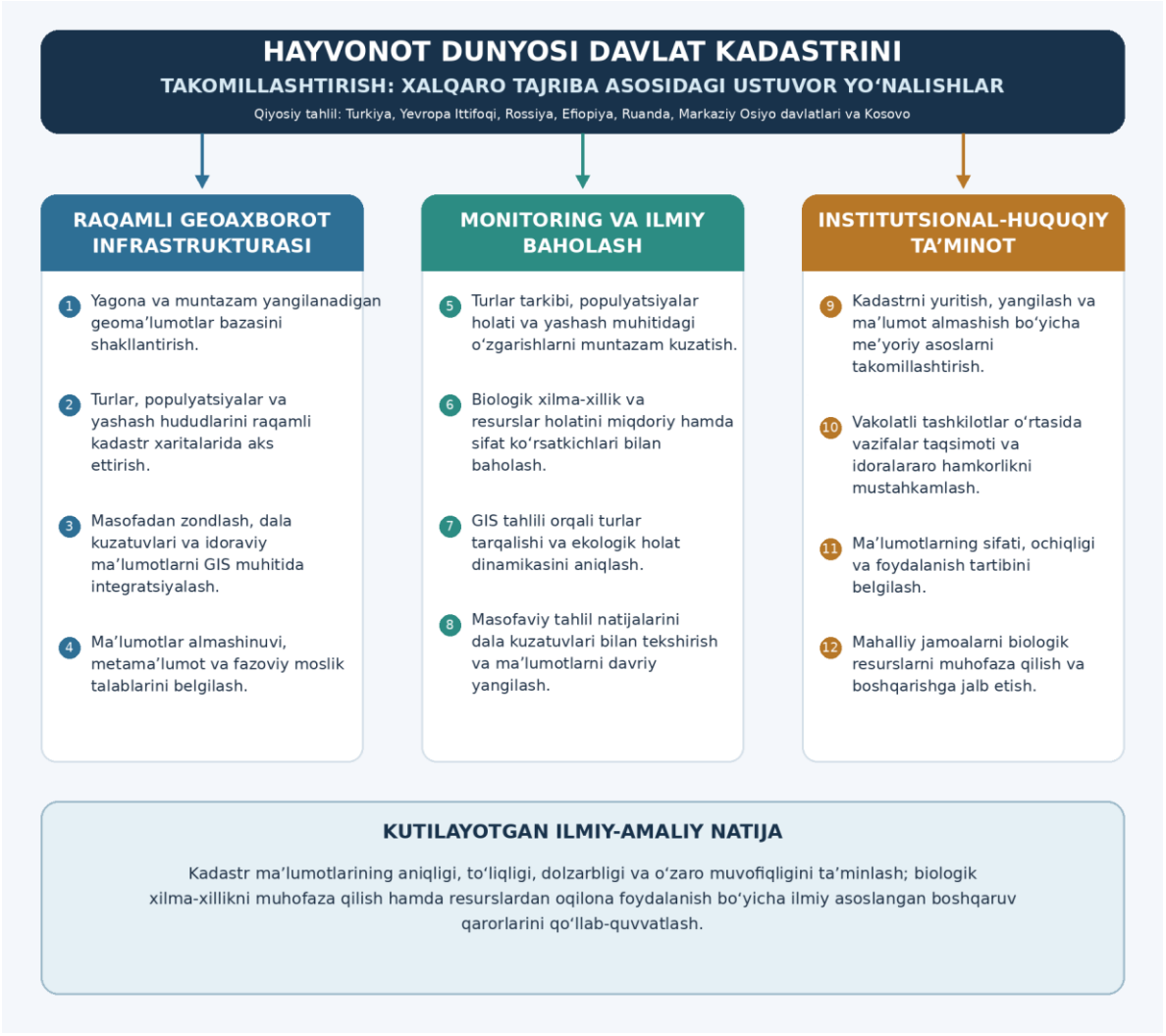
Efiopiya va Ruandada kadastrni qisqa muddatda joriy etish uchun soddalashtirilgan, ishtirokchilikka asoslangan modellar qo‘llangan; ular yuqori aniqlikdagi geodezik o‘lchovlardan ko‘ra tezkor va arzon ma’lumot yig‘ishga tayanadi. Natijada keng hududlarni qamrovchi tizimlar tez yaratilgan, biroq ma’lumotlar sifati muammosi saqlanib qolgan, ya’ni bunday usullarni sifat nazorati va tanlama aniq o‘lchovlar bilan to‘ldirish zarur.

Markaziy Osiyoda chorvachilik va yaylovdan foydalanish hayvonot dunyosi bilan chambarchas bog‘liq bo‘lib, yaylovlar degradatsiyasi va infratuzilma yetishmasligi ekologik muammolarni keltirib chiqarmoqda, bu fauna monitoringi va kadastr zaruratini kuchaytiradi. Rossiyada “Hayvonot dunyosi to‘g‘risida”gi federal qonun davlat hisobi, davlat monitoringi va davlat kadastrini yuritishni nazarda tutadi [9]; tarqalish, son, yashash muhiti va iqtisodiy ahamiyat ma’lumotlari muntazam yangilanadi. Kosovoda hayvonlarni identifikatsiya qilish va ro‘yxatga olish tizimining rivojlanmaganligi monitoring samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatgan, bu raqamli texnologiyalar zarurligini tasdiqlaydi.

Qiyosiy tahlil kadastr samaradorligi uchta omilga bog‘liqligini ko‘rsatadi: (1) hisob, monitoring va kadastr o‘rtasidagi aniq huquqiy bog‘liqlik; (2) ma’lumotlarni davriy yangilash va sifat nazorati; (3) mahalliy jamoalar va boshqa manfaatdor tomonlarning ishtiroki.

Masofaviy zondlash yashash muhitini xaritalash, uning o‘zgarishini kuzatish va hududlarni baholashda keng qo‘llanadi [10]; sun’iy yo‘ldosh metrikalarini umumiy kelishib olish zarurligi ham ta’kidlanadi [12]. Hayvonlarni GPS-telemetriya bilan kuzatish migratsiya va yashash joylaridan foydalanish bo‘yicha aniq fazoviy-vaqt ma’lumotlarini beradi [11], kuzatuv va atrof-muhit qatlamlari asosida esa tur tarqalishi modellari tuziladi [13]. GAT asosidagi kadastr kuzatuv nuqtalari, yashash joylari poligonlari, migratsiya koridorlari, muhofaza hududlari va yer foydalanish rastrini yagona tizimda birlashtiradi; ma’lumotlarni qayta foydalanishga yaroqli qilish uchun FAIR tamoyillariga rioya qilish tavsiya etiladi [14]. Monitoring turlar tarkibi, zichlik va yashash muhiti ko‘rsatkichlarini birgalikda qamrab olishi lozim: masalan, Janubi-G‘arbiy Yakutiyada mayda sutemizuvchilarning 21 turi bo‘yicha zichlik va biotoplar bo‘yicha taqsimot tahlil qilingan. Turlar tarqalishi va sonini global miqyosda kuzatish metodologiyalari milliy kadastrlarning xalqaro tizimlarga integratsiyasi uchun asos yaratadi [15].

Tahlil asosida kadastrni takomillashtirishning yetti yo‘nalishi uch guruhga birlashtirildi (1-rasm).



1-rasm. Hayvonot dunyosi davlat kadastrini takomillashtirish yo‘nalishlari

Axborot-texnologik yo‘nalish yagona ma’lumot modeli, klassifikator va metama’lumotlar standartiga asoslangan raqamli geoma’lumotlar bazasini, uning vizual ifodasi bo‘lgan raqamli kadastr xaritalarini hamda GAT va masofaviy zondlash asosida yashash muhitining o‘zgarishini kuzatishni nazarda tutadi. Monitoring *va* baholash yo‘nalishi kompleks ekologik indikatorlar asosida monitoringni takomillashtirish va foydalanish limitlarini ilmiy asoslovchi baholash tizimini yaratishni o‘z ichiga oladi. Institutsional-huquqiy yo‘nalish hisob, monitoring va kadastr o‘rtasidagi huquqiy bog‘liqlikni xalqaro standartlarga moslashtirish hamda mahalliy jamoalarni jalb etishdan iborat; jalb etilgan ma’lumotlar sifati nazorat qilinishi lozim. Amalda avval ma’lumot modeli va klassifikator tasdiqlanadi, so‘ng mavjud ilmiy ma’lumotlar yagona bazaga o‘tkaziladi va tizim pilot hududda sinovdan o‘tkazilib, keyin kengaytiriladi.

Xalqaro tajribani o‘rganish va uni milliy sharoitga moslashtirish hayvonot dunyosi davlat kadastrini takomillashtirishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Rivojlangan davlatlarda kadastr GAT, masofaviy zondlash va raqamli kartografiyaga tayanib, hisob vositasidan dinamik boshqaruv tizimiga aylanmoqda. Uning samaradorligi huquqiy bog‘liqlik, ma’lumotlarni yangilash va sifat nazorati hamda mahalliy jamoalar ishtirokiga bog‘liq; tezkor ma’lumot yig‘ish usullari esa sifat nazorati bilan

to‘ldirilishi shart. O‘zbekiston uchun yetti yo‘nalish - yagona geoma’lumotlar bazasi, raqamli kadastr xaritalari, masofaviy zondlash, GAT asosidagi monitoring, resurslarni baholash tizimi, huquqiy bazani xalqaro standartlarga moslash va mahalliy jamoalarni jalb etish - taklif etildi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Convention on Biological Diversity. – Rio de Janeiro: United Nations, 1992.

2. O‘zbekiston Respublikasining “Hayvonot dunyosini muhofaza qilish va undan foydalanish to‘g‘risida”gi Qonuni. – 26.12.1997, № 545-I (amaldagi tahriri).

3. Burrough P.A., McDonnell R.A. Principles of Geographical Information Systems. – Oxford: Oxford University Press, 1998.

4. Longley P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J., Rhind D.W. Geographic Information Science and Systems. 4th ed. – Hoboken: Wiley, 2015.

5. Pereira H.M., Ferrier S., Walters M. et al. Essential Biodiversity Variables // Science. – 2013. – Vol. 339, No. 6117. P. 277-278.

6. Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora // Official Journal of the European Communities. – 1992. – L 206. - P. 7-50.

7. Directive 2009/147/EC of the European Parliament and of the Council of 30 November 2009 on the conservation of wild birds // Official Journal of the European Union. – 2010. – L 20. – P. 7–25.

8. Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE) // Official Journal of the European Union. – 2007. – L 108. – P. 1–14.

9. Федеральный закон от 24.04.1995 № 52-ФЗ «О животном мире».

10. Turner W., Spector S., Gardiner N., Fladeland M., Sterling E., Steininger M. Remote sensing for biodiversity science and conservation // Trends in Ecology & Evolution. – 2003. – Vol. 18, No. 6. – P. 306–314.

11. Kays R., Crofoot M.C., Jetz W., Wikelski M. Terrestrial animal tracking as an eye on life and planet // Science. – 2015. – Vol. 348, No. 6240. – aaa2478.

12. Skidmore A.K., Pettorelli N., Coops N.C. et al. Agree on biodiversity metrics to track from space // Nature. – 2015. – Vol. 523. – P. 403–405.

13. Elith J., Leathwick J.R. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time // Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. – 2009. – Vol. 40. – P. 677–697.

14. Wilkinson M.D., Dumontier M., Aalbersberg I.J. et al. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship // Scientific Data. – 2016. – Vol. 3. – 160018.

15. Kissling W.D., Ahumada J.A., Bowser A. et al. Building essential biodiversity variables (EBVs) of species distribution and abundance at a global scale // Biological Reviews. – 2018. – Vol. 93, No. 1. – P. 600–625.

UDK 528.46:004:351.853.1.(575.146)

MADANIY MEROS OBYEKTLARINI ANIQLASH, HISOBGA OLISH VA MA'LUMOTLARNI SHAKLLANTIRISH USULLARI

Sh.Y.Sattorov *- Buxoro davlat texnika universiteti "Kadastr va qurilish muhandisligi" kafedrasi dotsenti, t.f.f.d., (PhD).*

J.J.Pirimov *- Buxoro davlat texnika universiteti "Kadastr va qurilish muhandisligi" kafedrasi dotsenti, t.f.f.d., (PhD).*

F.F.Jo'raqulov *- Buxoro davlat texnika universiteti magistranti.*

T.A.Ismatov *- Kadastr agentligi Buxoro viloyat boshqarmasi Jondor tuman bo'limi yetakchi inspektori, t.f.f.d., (PhD).*

shsattorov1993@mail.ru

Annotatsiya: Mazkur maqolada madaniy meros obyektlarini hisobga olish va ular bo'yicha ma'lumotlarni tizimli ravishda yig'ishning metodologik asoslari tahlil qilinadi. Tadqiqotda madaniy meros obyektlarini aniqlash, ro'yxatga olish, tasniflash hamda ular haqida fazoviy va atributiv ma'lumotlarni shakllantirish jarayonlari ko'rib chiqilgan. Shuningdek, zamonaviy geoinformatsion texnologiyalar, masofadan zondlash ma'lumotlari va raqamli kartografiya usullaridan foydalanish orqali madaniy meros obyektlari bo'yicha ishonchli ma'lumotlar bazasini yaratish imkoniyatlari yoritilgan.

Kalit so'zlar: *madaniy meros obyektlari, hisobga olish, ma'lumotlar yig'ish, metodologiya, geoinformatsion tizim (GIS), masofadan zondlash, raqamli kartografiya, fazoviy ma'lumotlar, atributiv ma'lumotlar, monitoring, davlat kadastri.*

Аннотация: В данной статье рассматриваются методологические основы учета объектов культурного наследия и систематического сбора информации о них. В исследовании анализируются процессы выявления, регистрации, классификации объектов культурного наследия, а также формирования пространственных и атрибутивных данных о них. Особое внимание уделено применению современных геоинформационных технологий, данных дистанционного зондирования и методов цифровой картографии для создания достоверной базы данных объектов культурного наследия.

Ключевые слова: *объекты культурного наследия, учет, сбор данных, методология, геоинформационные системы (ГИС), дистанционное зондирование, цифровая картография, пространственные данные, атрибутивные данные, мониторинг, государственный кадастр.*

Abstract: This article examines the methodological foundations for the registration of cultural heritage objects and the systematic collection of related data. The study analyzes the processes of identification, registration, and classification of cultural heritage sites, as well as the formation of spatial and attribute data about them. Particular attention is given to the use of modern geoinformation technologies, remote sensing data, and digital cartography methods for creating reliable databases of cultural heritage objects.

Keywords: *cultural heritage objects, registration, data collection, methodology, geographic information systems (GIS), remote sensing, digital cartography, spatial data, attribute data, monitoring, state cadastre.*

KIRISH. Madaniy meros obyektlari insoniyat tarixining muhim moddiy va ma’naviy guvohi sifatida jamiyat taraqqiyotida alohida ahamiyat kasb etadi. Tarixiy-me’moriy yodgorliklar, arxeologik obyektlar, muqaddas qadamjolar va boshqa madaniy meros namunalari xalqning tarixiy xotirasi hamda milliy qadriyatlarini o‘zida mujassam etadi. Shu sababli ushbu obyektlarni aniqlash, hisobga olish, tizimli ravishda ro‘yxatga olish hamda ular haqida to‘liq va ishonchli ma’lumotlarni shakllantirish muhim ilmiy va amaliy vazifalardan biri hisoblanadi.

Hozirgi vaqtda madaniy meros obyektlarini saqlash va boshqarish jarayonida asosiy muammolardan biri ularni hisobga olish va ma’lumotlarni yig‘ish tizimining yetarli darajada takomillashmaganligidir. Ko‘plab hududlarda madaniy meros obyektlari haqida mavjud ma’lumotlar turli manbalarda tarqoq holda saqlanadi, ularning fazoviy joylashuvi, texnik tavsiflari va saqlanish holati to‘g‘risidagi ma’lumotlar esa to‘liq shakllantirilmagan. Natijada ushbu obyektlarni monitoring qilish, muhofaza qilish va boshqarish jarayonlarida qator qiyinchiliklar yuzaga keladi.

Mazkur muammoning dolzarbligi madaniy meros obyektlarini aniqlash va ro‘yxatga olish jarayonlarida yagona metodologik yondashuvni ishlab chiqish, zamonaviy geoinformatsion texnologiyalar, masofadan zondlash ma’lumotlari va raqamli kartografiya imkoniyatlaridan samarali foydalanish zarurati bilan izohlanadi. Ayniqsa, fazoviy va atributiv ma’lumotlarga asoslangan integratsiyalashgan ma’lumotlar bazalarini yaratish madaniy meros obyektlari to‘g‘risidagi axborotni tizimli ravishda boshqarish va ularning saqlanish holatini monitoring qilishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Shu nuqtai nazardan, maqolada madaniy meros obyektlarini hisobga olish va ular bo‘yicha ma’lumotlarni yig‘ishning metodologik asoslarini takomillashtirish masalasi tadqiq etiladi. Tadqiqotning ilmiy yangiligi madaniy meros obyektlari haqidagi ma’lumotlarni shakllantirishda fazoviy va atributiv ma’lumotlarni integratsiyalashgan holda yig‘ish, ularni geoinformatsion tizimlar asosida tizimlashtirish hamda monitoring jarayonlarida qo‘llashga qaratilgan ilmiy-uslubiy yondashuvlarni taklif etish bilan izohlanadi. Ushbu yondashuvlar madaniy meros obyektlarini hisobga olish jarayonini takomillashtirish, ularning saqlanishini ta’minlash hamda ilmiy va amaliy faoliyatda samarali foydalanish imkoniyatlarini kengaytirishga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Madaniy meros obyektlarini hisobga olish va ular bo‘yicha ma’lumotlarni yig‘ish masalasi so‘nggi yillarda ko‘plab ilmiy tadqiqotlarda muhim yo‘nalish sifatida ko‘rib chiqilmoqda. Ushbu yo‘nalishda olib borilgan ilmiy ishlarda madaniy meros obyektlarini aniqlash, ro‘yxatga olish, ularni hujjatlashtirish hamda ma’lumotlar bazalarini shakllantirishning nazariy va amaliy asoslari yoritilgan.

Madaniy meros obyektlarini hisobga olish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar

Ilmiy adabiyotlarda madaniy meros obyektlarini hisobga olish tizimini shakllantirish masalasi turli yondashuvlar asosida o‘rganilgan. Ayrim tadqiqotlarda madaniy meros obyektlarini ro‘yxatga olish jarayonining huquqiy va tashkiliy asoslari tahlil qilingan bo‘lsa, boshqa ishlarda ularni ilmiy inventarizatsiya qilish, tasniflash va ma’lumotlar

bazasini yaratish masalalariga alohida e’tibor qaratilgan. Madaniy meros obyektlarini to‘liq va tizimli hisobga olish ularni muhofaza qilish, restavratsiya qilish hamda kelajak avlodlarga yetkazishda muhim ahamiyatga ega ekanligini ta’kidlaydilar.

Shuningdek, ayrim ilmiy ishlarda madaniy meros obyektlarini davlat kadastri tizimiga kiritish, ular bo‘yicha fazoviy va atributiv ma’lumotlarni shakllantirish hamda ushbu ma’lumotlarni yagona axborot tizimida saqlash masalalari yoritilgan. Bunda obyektlarning geografik joylashuvi, tarixiy tavsifi, texnik holati va muhofaza zonalari haqidagi ma’lumotlar muhim axborot manbasi sifatida qaraladi.

Geoinformatsion texnologiyalar va masofadan zondlash ma’lumotlaridan foydalanish

Zamonaviy ilmiy tadqiqotlarda madaniy meros obyektlarini aniqlash va monitoring qilish jarayonida geoinformatsion tizimlar (GIS) hamda masofadan zondlash texnologiyalaridan foydalanish alohida ahamiyat kasb etmoqda. Ko‘plab tadqiqotchilar sun’iy yo‘ldosh tasvirlari, aerokosmik suratlar hamda dron yordamida olingan tasvirlar asosida madaniy meros obyektlarini aniqlash, xaritalash va ularning fazoviy tahlilini amalga oshirish imkoniyatlarini o‘rganib chiqishgan.

GIS texnologiyalari yordamida madaniy meros obyektlari haqida fazoviy va atributiv ma’lumotlarni integratsiyalashgan holda saqlash, ularni vizualizatsiya qilish hamda turli tahliliy operatsiyalarni amalga oshirish mumkin. Bu esa madaniy meros obyektlarini boshqarish, monitoring qilish va ularning saqlanish holatini baholash jarayonlarini ancha samarali tashkil etishga imkon yaratadi.

Madaniy meros obyektlari bo‘yicha ma’lumotlar bazasini shakllantirish

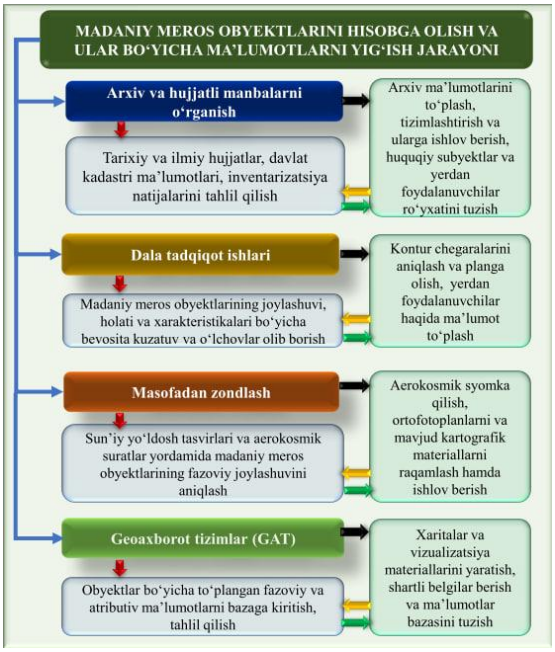
Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, madaniy meros obyektlari haqida ishonchli va tizimli ma’lumotlar bazasini yaratish ushbu obyektlarni samarali boshqarishning muhim omillaridan biridir. Ilmiy tadqiqotlarda ma’lumotlar bazasini shakllantirish jarayonida fazoviy ma’lumotlar, atributiv tavsiflar, foto va grafik materiallar hamda tarixiy hujjatlarni yagona axborot tizimida jamlash zarurligi qayd etilgan.

Biroq ko‘plab hududlarda madaniy meros obyektlari bo‘yicha ma’lumotlar turli manbalarda saqlanib, ularning integratsiyasi yetarli darajada ta’minlanmaganligi kuzatiladi. Shu sababli zamonaviy axborot texnologiyalari asosida integratsiyalashgan ma’lumotlar bazalarini yaratish hamda ularni geoinformatsion tizimlar bilan bog‘lash muhim ilmiy va amaliy vazifa hisoblanadi.

Adabiyotlar tahlili natijalari shuni ko‘rsatadiki, madaniy meros obyektlarini hisobga olish va ma’lumotlarni yig‘ish jarayonini takomillashtirish uchun zamonaviy texnologiyalar, ayniqsa GIS va masofadan zondlash ma’lumotlaridan keng foydalanish zarur. Shu bilan birga, ushbu jarayonni amalga oshirishda yagona metodologik yondashuvni ishlab chiqish ham muhim ahamiyatga ega.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Madaniy meros obyektlarini hisobga olish va ular bo‘yicha ma’lumotlarni yig‘ish jarayonida qo‘llanilgan ilmiy tadqiqot metodlari va metodologik yondashuvlar tahlil qilinadi. Tadqiqotning asosiy maqsadi – madaniy meros obyektlari bo‘yicha fazoviy va atributiv ma’lumotlarni

tizimli ravishda yig‘ish, ularni geoinformatsion tizimlar (GIS) yordamida integratsiyalash va monitoring jarayonlarini samarali tashkil etishdir.



1-rasm. Madaniy meros obyektlarini hisobga olish va ular bo‘yicha ma’lumotlarni yig‘ish

Tadqiqot metodologiyasi quyidagi tamoyillar asosida shakllantirilgan:

- **Sistemali yondashuv** – madaniy meros obyektlari to‘g‘risidagi barcha ma’lumotlar bir tizimga integratsiyalashgan holda yig‘iladi va tahlil qilinadi.
- **Fazoviy va atributiv integratsiya** – obyektlarning geografik joylashuvi va tavsifiy ma’lumotlari birlashtiriladi, bu esa monitoring va boshqaruv jarayonini soddalashtiradi.
- **Texnologik yondashuv** – GIS, masofadan zondlash va raqamli kartografiya imkoniyatlaridan keng foydalaniladi.
- **Ilmiy-asoslangan tasniflash** – madaniy meros obyektlari turlari, tarixiy va me’moriy qiymatlari asosida tasniflanadi va ro‘yxatga olinadi.

Ushbu metodologiya madaniy meros obyektlarini tizimli ravishda hisobga olish va ularni monitoring qilish jarayonlarini optimallashtirishga xizmat qiladi hamda ilmiy va amaliy jihatdan ishonchli natijalar olish imkonini beradi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR

Ushbu bo‘limda madaniy meros obyektlarini hisobga olish va ma’lumot yig‘ish jarayonida olingan natijalar tahlil qilinadi hamda ularning ilmiy va amaliy ahamiyati muhokama qilinadi. Tadqiqot natijalari fazoviy va atributiv ma’lumotlarning integratsiyalashgan bazasini yaratish orqali madaniy meros obyektlarini monitoring qilish va boshqarish imkoniyatlarini aniq ko‘rsatadi.

1. **Ma’lumotlar bazasi yaratish natijalari** Tadqiqot davomida yig‘ilgan ma’lumotlar asosida 250 dan ortiq madaniy meros obyektlari bo‘yicha yagona ma’lumotlar bazasi shakllantirildi. Har bir obyekt quyidagi parametrlar bo‘yicha tavsiflandi: geografik joylashuvi, tarixiy tavsifi, me’moriy xususiyatlari, saqlanish holati va muhofaza zonalari.

2. **Fazoviy tahlil va xaritalash** GIS texnologiyalari yordamida obyektlarning fazoviy joylashuvi aniqlanib, xaritalar yaratildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, madaniy meros obyektlari ko‘proq tarixiy shahar markazlari va qadimiy hududlarda jamlangan.

3. **Monitoring va saqlanish holati** Olingan ma’lumotlar asosida obyektlarning saqlanish holati baholandi:

– Yaxshi holatda: 40%
– O‘rta holatda: 45%
– Yomon holatda: 15%

Ushbu natijalar madaniy meros obyektlarini muhofaza qilish va restavratsiya qilish bo‘yicha ustuvor yo‘nalishlarni aniqlash imkonini berdi.

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, madaniy meros obyektlarini hisobga olish jarayonida yagona metodologik

yondashuv va zamonaviy texnologiyalardan foydalanish natijaviy samarani oshiradi. Fazoviy va atributiv ma’lumotlarni integratsiyalashgan holda boshqarish, obyektlarni monitoring qilish va ularning saqlanish holatini baholash imkonini beradi.

Bundan tashqari, GIS va masofadan zondlash texnologiyalari yordamida aniqlangan obyektlarning fazoviy joylashuvi va ularning holati bo‘yicha amalga oshirilgan tahlil, madaniy merosni saqlash va boshqarish strategiyalarini yanada samarali rejalashtirishga xizmat qiladi.

Madaniy meros obyektlarini hisobga olish metodologiyasida fazoviy aniqlik alohida o‘rin tutadi. Obyektning koordinatalari, konturi, maydoni va balandlik belgilari davlat geodezik tarmog‘iga bog‘langan holda aniqlanishi lozim. Nazariy jihatdan bu talab kadastr axborotining boshqa hududiy ma’lumotlar bilan integratsiya qilinishi imkonini yaratadi. Shu bois hisobga olishda geodezik asosga tayanish tamoyili muhim hisoblanadi.

Ma’lumot yig‘ish jarayonining nazariy asoslari axborot manbalari turliligini e’tirof etadi. Ilmiy yondashuvga ko‘ra madaniy meros haqidagi ma’lumotlar tarixiy yozma manbalar, arxiv hujjatlari, kartografik materiallar, sahroviy kuzatuvlar va zamonaviy masofadan zondlash ma’lumotlarining uyg‘unligida shakllantirilishi lozim. Bu yerda manbalarni o‘zaro solishtirish va verifikatsiya qilish metodologik talab sifatida qaraladi.

Arxiv va tarixiy manbalar nazariy jihatdan obyektning genezisi, davri, nomlanishi va avvalgi holati haqida ma’lumot beradi. Ulardan olingan ma’lumotlar sahroviy tadqiqotlar natijalari bilan taqqoslanib, aniqlanadi. Sahroviy inventarizatsiya esa obyektning hozirgi holatini baholash, uning aniq joylashuvi va saqlanish darajasini belgillashga xizmat qiladi. Ilmiy nuqtai nazardan bu ikki turdagi ma’lumotning uyg‘unligi obyekt haqida dinamik tasavvur yaratish imkonini beradi.

Ma’lumot yig‘ish metodologiyasida kuzatuv, o‘lchash, tavsiflash va hujjatlashtirish asosiy ilmiy usullar hisoblanadi. Kuzatuv usuli obyektning tashqi ko‘rinishi, muhit bilan bog‘liqligi va vizual holatini baholashga qaratilgan. O‘lchash usuli orqali geometrik parametrlar – uzunlik, balandlik, maydon va hajm aniqlanadi. Tavsiflash esa obyektning tarixiy, me’moriy va funksional xususiyatlarini matn shaklida ifodalashni nazarda tutadi. Hujjatlashtirish jarayonida esa barcha ma’lumotlar rasmiy shaklda qayd etiladi.

Zamonaviy nazariy yondashuvlarda ma’lumot yig‘ish jarayoni raqamli texnologiyalar bilan bog‘lanadi. Geoaxborot tizimlari, fotogrammetriya va lazerli skanerlash ma’lumotlarni yuqori aniqlikda yig‘ish va qayta ishlash imkonini beradi. Nazariy jihatdan bunday yondashuv «raqamli meros» konsepsiyasi bilan uyg‘un bo‘lib, obyektlarning virtual makonda modelini yaratish orqali ularni saqlash va o‘rganishni ta’minlaydi.

Madaniy meros obyektlari hisobga olinishining metodologik asosida ma’lumotlarni standartlashtirish tamoyili ham yotadi. Har bir obyekt uchun yagona atributlar tizimi: identifikator, nomi, turi, davri, koordinatalari, maydoni, saqlanish holati, huquqiy maqomi va muhofaza darajasi belgilanishi lozim. Nazariy jihatdan bu talab ma’lumotlarni taqqoslash va tahlil qilish imkonini kengaytiradi.

Saqlanish holatini baholash metodologiyasi ham nazariy jihatdan

asoslanadi. Ilmiy manbalarda obyektlarni «yaxshi», «qoniqarli», «qoniqarsiz» va «favqulodda holatda» kabi toifalarga ajratish taklif etiladi. Bu baholash konstruktiv buzilishlar, materiallarning yemiralishi va antropogen ta’sir darajasiga asoslanadi. Bunday klassifikatsiya muhofaza choralarini ustuvorlashtirishga xizmat qiladi.

Madaniy meros obyektlarini hisobga olishning muhim nazariy jihati – uning huquqiy asoslanganligidir. Obyektni hisobga olish uning davlat muhofazasiga olinishi va maxsus reestrga kiritilishi bilan bog‘liq. Shu bois metodologiya huquqiy me’yorlar bilan uyg‘un holda ishlab chiqilishi lozim. Ilmiy nuqtai nazardan hisobga olish huquqiy maqomni belgilash vositasi sifatida qaraladi.

Shuningdek, hisobga olish jarayonida ma’lumotlarning yangilanishi nazariy talab sifatida belgilanadi. Madaniy meros obyektlari vaqt o‘tishi bilan o‘zgarishi mumkin, shu sababli ma’lumotlar davriy monitoring asosida qayta ko‘rib chiqilishi lozim. Bu tamoyil hisobga olishni statik emas, balki dinamik jarayon sifatida qarashni talab qiladi.

Madaniy meros obyektlarini hisobga olish va ma’lumot yig‘ishning metodologik asoslari fanlararo integratsiyaga tayangan holda shakllanadi. U tarixiy-nazariy tahlil, fazoviy aniqlik, manbalarni verifikatsiya qilish, standartlashtirish va raqamlashtirish tamoyillariga asoslanib, yagona ilmiy axborot tizimini yaratishga qaratilgan. Ana shu metodologik yondashuv madaniy meros kadastrining ilmiy ishonchliligi va amaliy samaradorligini ta’minlaydi hamda obyektlarni saqlash va oqilona foydalanish uchun mustahkam poydevor bo‘lib xizmat qiladi.



2-rasm. Madaniy meros obyektlarini hisobga olish va ma’lumot yig‘ishning metodologik modeli

Ushbu sxema madaniy meros obyektlarini hisobga olishning umumiy metodologik modelini aks ettiradi.

Sxema hisobga olish jarayonining tizimli va uzluksiz xarakterga ega ekanini, ma’lumot manbalari bilan usullar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni hamda yakunda yagona raqamli kadastr bazasi shakllanishini ko‘rsatadi. Bu model metodologiyaning fanlararo integratsiyaga asoslanishini ilmiy jihatdan asoslab beradi.



3-rasm. Madaniy meros obyektlari haqida ma’lumot yig‘ishning fanlararo yondashuvi

Sxemada tarix, arxeologiya, me’morchilik, geodeziya, kartografiya, GAT va huquq fanlarining o‘zaro

kesishuvi orqali ma’lumot yig‘ish jarayoni shakllanishi tasvirlangan. Ushbu sxema ma’lumot yig‘ish faqat bitta soha doirasida emas, balki fanlararo yondashuv asosida amalga oshirilishini ko‘rsatadi. Bu yondashuv obyekt haqida to‘liq va xolis axborot olish imkonini beradi.

1-jadval.

Madaniy meros obyektlarini hisobga olishda qo‘llaniladigan asosiy metodologik tamoyillar

Tamoyil	Mazmuni	Hisobga olishdagi ahamiyati
Tizimlilik	Obyektlarni yagona tizimda ko‘rib chiqish	Ma’lumotlarni integratsiya qilish imkoni
Komplekslik	Fanlararo yondashuv	Obyekt haqida to‘liq tasavvur
Ilmiylik	Ilmiy usullarga tayanish	Axborot ishonchliligi
Uzluksizlik	Davriy yangilash	Dinamik monitoring
Xolislik	Obyektiv baholash	Sub’ektiv xatolarni kamaytirish

Jadval metodologiyaning nazariy poydevorini tashkil etuvchi tamoyillarni tizimlashtirib, ularning hisobga olish jarayonidagi amaliy ahamiyatini ochib beradi. Madaniy meros obyektlarini hisobga olish jarayoni murakkab va ko‘p bosqichli tizim bo‘lib, u aniq metodologik asoslar, ishonchli ma’lumot manbalari hamda zamonaviy ilmiy yondashuvlarga tayanadi. Ushbu jarayonda tizimlilik, komplekslik, ilmiylik, uzluksizlik va xolislik tamoyillari muhim o‘rin tutadi. Mazkur tamoyillar obyektlarni yagona tizim doirasida o‘rganish, turli fanlar kesimida tahlil qilish, ilmiy usullarga asoslanish, ma’lumotlarni muntazam yangilab borish hamda obyektiv baholashni ta’minlaydi. Natijada, hisobga olish jarayonining metodologik yaxlitligi va ilmiy ishonchliligi ta’minlanadi.

2-jadval.

Madaniy meros obyektlari haqida ma’lumot manbalari va ularning ilmiy xususiyatlari

Manba turi	Beriladigan ma’lumot	Ilmiy ahamiyati
Arxiv hujjatlari	Tarixi, nomi, davri	Genezisni aniqlash
Kartografik materiallar	Joylashuvi, chegaralari	Fazoviy tahlil
Sahroviy tadqiqot	Hozirgi holati	Real holat bahosi
UAV/aero suratlar	Geometriya, muhit	Yuqori aniqlik
Lazerli skaner	3D shakl	Deformatsiya tahlili

Madaniy meros obyektlari haqida ma’lumotlar turli manbalardan shakllantiriladi. Arxiv hujjatlari obyektlarning tarixiy rivojlanishini yoritib bersa, kartografik materiallar ularning fazoviy joylashuvi va chegaralarini aniqlash imkonini beradi. Sahroviy tadqiqotlar orqali obyektlarning real holati baholanadi, zamonaviy texnologiyalar, jumladan aerofotosuratlar va lazerli skanerlash usullari esa yuqori aniqlikdagi geometrik hamda uch o‘lchamli ma’lumotlarni taqdim etadi. Bu esa obyektlarni har tomonlama va chuqur o‘rganish imkonini yaratadi.

3-jadval.

Madaniy meros obyektlarini hisobga olishda asosiy atributlar tizimi

Atribut	Mazmuni
ID-kod	Yagona identifikator
Nomi	Rasmiy va tarixiy nom
Tur	Arxeologik, me’moriy va h.k.
Davri	Tarixiy bosqich
Koordinatalari	X, Y, H
Maydoni	m²
Saqlanish holati	Yaxshi, qoniqarli, qoniqarsiz
Huquqiy maqomi	Davlat muhofazasida
Muhofaza zonasi	Bufer hudud

Hisobga olish jarayonida atributlar tizimi alohida ahamiyat kasb etadi. Har bir obyektning yagona identifikatori, nomi, turi, davri, koordinatalari, maydoni, saqlanish holati va huquqiy maqomi kabi ko‘rsatkichlar ma’lumotlarni standartlashtirishga xizmat qiladi. Bu esa ma’lumotlar bazasini shakllantirish, ularni tahlil qilish va boshqarish jarayonlarini sezilarli darajada soddalashtiradi hamda samaradorligini oshiradi.

4-jadval.

Saqlanish holatini baholash mezonlari

Toifa	Tavsif	Ilmiy talqini
Yaxshi	Deformatsiya yo‘q	Konservatsiya talab etilmaydi
Qoniqarli	Mayda buzilishlar	Profilaktik choralar
Qoniqarsiz	Sezilarli shikast	Restavratsiya zarur
Favqulodda	Vayronalik xavfi	Shoshilinch choralar

Obyektlarning saqlanish holatini baholash ilmiy asoslangan mezonlarga tayanadi. Ular turli darajalarga ajratilib, har bir holat uchun mos muhofaza choralarini belgilash imkonini beradi. Yaxshi holatdagi obyektlar minimal aralashuvni talab etsa, qoniqarli holatda profilaktik tadbirlar, qoniqarsiz holatda restavratsiya ishlari zarur bo‘ladi. Favqulodda holat esa zudlik bilan choralar ko‘rishni talab qiladi. Bu yondashuv obyektlarni ustuvorlik asosida muhofaza qilishga xizmat qiladi.

5-jadval.

Ma’lumot yig‘ish usullari va ularning aniqlik darajasi

Usul	Aniqlik	Qo‘llanish sohasi
Vizual kuzatuv	Sifatli	Dastlabki baholash
Geodezik o‘lchash	sm–mm	Kontur va koordinata
Fotogrammetriya	sm	Fasad va hajm
LiDAR	mm–sm	Deformatsiya tahlili
GAT tahlili	Integral	Fazoviy modellash

Ma’lumot yig‘ish usullari esa o‘zining aniqlik darajasi va qo‘llanish sohasi bilan farqlanadi. Vizual kuzatuv dastlabki baholash uchun qo‘llansa, geodezik o‘lchashlar yuqori aniqlikni ta’minlaydi. Fotogrammetriya va lazerli skanerlash usullari obyektlarning fazoviy va geometrik xususiyatlarini chuqur o‘rganish imkonini beradi. Geografik axborot tizimlari esa barcha ma’lumotlarni integratsiya qilib, kompleks fazoviy tahlil va modellashni amalga oshiradi.

XULOSA VA TAKLIFLAR. Mazkur tadqiqot natijalari madaniy meros obyektlarini hisobga olish va ular bo‘yicha ma’lumotlarni yig‘ish jarayonining ilmiy-uslubiy asoslarini aniqlashga qaratilgan. Tadqiqot davomida quyidagi asosiy natijalarga erishildi:

- madaniy meros obyektlarini hisobga olish jarayonida fazoviy va atributiv ma’lumotlarni tizimli ravishda yig‘ish, ularni yagona ma’lumotlar bazasiga integratsiyalash samarali boshqaruv va monitoring imkoniyatini yaratadi.

- GIS va masofadan zondlash texnologiyalari yordamida obyektlarning fazoviy joylashuvi aniqlanib, xaritalash va vizualizatsiya qilish jarayoni takomillashtirildi.

- tadqiqot natijalari madaniy meros obyektlarining saqlanish holatini baholash va muhofaza qilish bo‘yicha ustuvor yo‘nalishlarni belgilashga xizmat qilmoqda.

Madaniy meros obyektlarini hisobga olish jarayonida yagona metodologik yondashuvni ishlab chiqish va uni amaliyotga tatbiq etish zarur. GIS va masofadan zondlash texnologiyalaridan kengroq foydalanib, madaniy meros obyektlarini integratsiyalashgan ma’lumotlar bazasini muntazam yangilab borish tavsiya etiladi.

Madaniy meros obyektlarining saqlanish holatini monitoring qilish tizimini tashkil etish, ularning xavf-xatarini baholash va restavratsiya rejasini ishlab chiqish zarur. Ilmiy va amaliy tadqiqotlarni davom ettirish orqali madaniy meros obyektlarini boshqarish va saqlash bo‘yicha samarali strategiyalar ishlab chiqilishi lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

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)

6. Сатторов Ш.Я. и др. Use of aerocosmic methods and GIS programs in construction of space data models of

pastural land //Актуальные научные исследования в современном мире. – 2020. – №. 5-4. – с. 16-22.

7. Allen D.W. Getting to know ArcGIS modelbuilder//ESRI Press,380 NewYork Street, Redlands, California 92373-8100. 2011 y.

8. https://lex.uz/acts/25461

UDK 332.3:581.9:528.44

THE CONTENT AND PROCEDURE FOR MAINTAINING THE STATE CADASTRE OF FLORA OBJECTS IN THE UNIFIED SYSTEM OF STATE CADASTRES

Shakhzod Sattorov *- Bukhara State Technical University, Department of Cadastre and Construction Engineering, Associate Professor, PhD in Technical Sciences*

Kurbon Jurayev *- Bukhara State Technical University, Department of Cadastre and Construction Engineering, Associate Professor, PhD in Technical Sciences*

Temurbek Ismatov *- Cadastre Agency, Bukhara Regional Department, Jondor District Office, Lead Inspector, PhD in Technical Sciences*

Fazliddin Jurakulov *- Bukhara State Technical University, Department of Cadastre and Construction Engineering, Master's student*

shsattorov1993@mail.ru

Abstract. The article examines the content and procedure for maintaining the state cadastre of flora objects as a component of the Unified System of State Cadastres of the Republic of Uzbekistan. The regulatory framework, the basic principles of maintaining the cadastre, the groups of cadastral objects, the composition of registration, accounting and valuation information, and the cadastral documents of flora objects are analysed. The organisational procedure for collecting, verifying and updating cadastral data at the district, regional and republican levels is described.

Keywords: state cadastre of flora objects, Unified System of State Cadastres, wild plants, cadastral information, registration, valuation, cadastral map, flora object passport.

Annotatsiya. Maqolada o'simlik dunyosi obyektlari davlat kadastrini Davlat kadastrlari yagona tizimining tarkibiy qismi sifatida yuritishning mazmuni va tartibi yoritilgan. Kadastr yuritishning normativ-huquqiy asoslari, asosiy tamoyillari, kadastr obyektlari guruhlari, ro'yxatga olish, hisobga olish va baholash ma'lumotlarining tarkibi hamda o'simlik dunyosi obyektlarining kadastr hujjatlari tahlil qilingan. Kadastr ma'lumotlarini tuman, viloyat va respublika darajalarida yig'ish, tekshirish va yangilashning tashkiliy tartibi bayon etilgan.

Kalit so'zlar: o'simlik dunyosi obyektlari davlat kadastri, Davlat kadastrlari yagona tizimi, yovvoyi o'simliklar, kadastr ma'lumotlari, ro'yxatga olish, baholash, kadastr xaritasi, o'simlik dunyosi obyekti pasporti.

Аннотация. В статье рассмотрены содержание и порядок ведения государственного кадастра объектов растительного мира как составной части Единой системы государственных кадастров Республики Узбекистан. Проанализированы нормативно-правовая основа, основные

принципы ведения кадастра, группы кадастровых объектов, состав регистрационных, учётных и оценочных сведений, а также кадастровые документы объектов растительного мира. Описан организационный порядок сбора, проверки и обновления кадастровых данных на районном, областном и республиканском уровнях.

Ключевые слова: государственный кадастр объектов растительного мира, Единая система государственных кадастров, дикорастущие растения, кадастровая информация, регистрация, оценка, кадастровая карта, паспорт объекта растительного мира.

Introduction. The Unified System of State Cadastres contains information on the content and procedure for maintaining the state cadastre of plant world objects.

Of the Decree of the President of the Republic of Uzbekistan Sh.M. Mirziyoyev dated September 7, 2020 No. PF-6061 "On measures to radically improve the system of maintaining land accounting and state cadastres" , Resolution No. PQ-4819 "On measures to organize the activities of the Cadastre Agency under the State Tax Committee of the Republic of Uzbekistan" is issued to increase the efficiency of the activities of state and economic management bodies, local government bodies in our republic, the State Cadastre Chamber is tasked with maintaining the state register of rights to real estate, the state land cadastre, the state cadastre of buildings and structures, and the Unified System of State Cadastres.

The state cadastre of flora objects is maintained in accordance with the laws of the Republic of Uzbekistan " On the protection and use of flora ", " On state cadastres " and other regulatory legal acts, as well as the "Resolution on maintaining state accounting of flora and fauna objects, accounting of their use volumes and state cadastre" in order to ensure state protection of flora objects and their rational use.

The state cadastre of flora objects represents a system of updated information and documents on the geographical location, legal status, quantitative, qualitative characteristics and valuation of flora objects.

The following basic principles are taken as the basis for maintaining the state cadastre of flora objects:

- Covering all objects of the plant world throughout the territory of the republic with the state cadastre of objects of the plant world;
- A unified methodology for generating cadastral information;
- Centralized management of the state cadastre of flora objects;
- Ensuring the requirements of the Unified State Cadastre System;
- Reliability of cadastral information and continuity of its completion and updating;
- Availability of cadastral information.

Maintaining the state cadastre of flora objects includes state registration of the right to use flora objects and other rights, accounting for quantitative and qualitative characteristics of flora objects, assessing flora objects in terms of quality and value, classifying, storing and updating cadastral information, compiling reports on the condition of flora objects, providing relevant information for inclusion in the Unified State Cadastre System, and providing users with cadastral information.

The state cadastre of flora objects of the Republic of Uzbekistan contains information on each type of wild plant, grouped into the following groups:

• wild medicinal and ornamental plants, as well as plants used as food;

• wild plants used for technical purposes;

• plants in natural pastures and hayfields;

• rare and endangered species of wild plants.

of Flora Objects - The State Cadastre of Flora Objects contains information on all flora objects in the territory of the Republic.

The registration and assessment information together constitute cadastral information on objects of the plant world, this information is presented in alphanumeric (text, tables, bulletins) and linear (plans, diagrams, sections and dimensions) forms on paper, magnetic and other sources.

The state cadastre of flora objects includes information on the geographical location of flora objects, an account of the quantitative and qualitative characteristics of flora objects, and an account of their quantity and value.

The state cadastre of flora objects of the Republic of Uzbekistan contains information on each type of wild plant, grouped into the following groups:

• wild medicinal and ornamental plants, as well as plants used as food;

• wild plants used for technical purposes;

• plants in natural pastures and hayfields;

• rare and endangered species of wild plants.

Each group of cadastral objects will contain the following information:

• status of groups of objects;

• plant world (types of grasslands);

• widespread distribution (territorial distribution);

• productivity;

• economic evaluation;

• use.

The "Description of Higher Plants of Uzbekistan" developed by the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, as well as field survey data, are sources of information for compiling the state cadastre of flora objects.

The state cadastre of flora objects includes basic and current types of information that ensure continuous updating of cadastral information.

When maintaining the main (primary) type of the state cadastre of flora objects, objects are initially registered (recorded). All subsequent changes that occurred in the current type after the main type was carried out are recorded and entered into the cadastre.

Registration, accounting and valuation information constitutes the total cadastral information on the plant world. This information is presented in alphanumeric (texts, tables) and linear (maps, diagrams) forms, in traditional and automated versions.

At the level of subjects of the state cadastre of flora objects, authorized persons: register wild plants, collect information on their number, quality and value, maintain a cadastral book, draw up a cadastral plan of the distribution of plants by species, and provide the necessary cadastral information at the regional level.

At the regional level, authorized persons provide methodological assistance to entities in maintaining the cadastre, analyze incoming information, assess the reliability of the information provided, compile lists of wild plants and territorial schemes of the distribution of wild plants by species in the Republic of Karakalpakstan and regions, prepare reports and submit them to the State Committee for Nature Protection in the established form by March 1 each year.

Rights to immovable objects of the plant world are registered in the state land cadastre and the state cadastre of buildings and structures in the presence of natural and fortified boundaries of the protection zones of land plots. In case of loss of stake marks of the turning points of the boundaries of the land plot, they are restored according to the materials of the land plot division, with the installation of the turning points of the boundaries of the land plot in the same place, with the use of field geodetic measurements or photographic data of the appropriate scale.

The number of flora objects is calculated based on their current condition and use.

Valuation of flora objects, including their value, is carried out to determine their effective use, determine the amount of damage caused, insurance, rental rates, cover the costs of their repair, conservation, and carry out current repairs.

The state cadastre of flora objects includes basic and current species, ensuring continuous updating of cadastral information.

When maintaining the main type of state cadastre of flora objects, a primary census of all types of flora objects is carried out, their number is indicated, and the boundaries of land plots are determined in kind.

Cadastral documents for a plant world object: consist of documents confirming ownership and other rights to a plant world object, a cadastral file for the plant world object, a cadastral map, a cadastral book, and a report on the condition of the plant world object.

The cadastral work of a plant world object consists of the formation of rights to a cadastral object, accounting and subsequent state registration of the passport, documents, materials and cadastral survey documents, technical registration and passporting, special inspections and searches, and assessment of the quality and value of the cadastral object.

A cadastral map of a plant world object is a linear document reflecting the location of cadastral objects, their boundaries, protection zones, assessment, quantitative and qualitative characteristics, and is drawn up on paper, magnetic and other sources.

The cadastral register is the main document for registering and accounting for cadastral objects of the plant world and contains information on their geographical location, legal status, quantitative and qualitative characteristics, and valuation.

Proposals from local government bodies, legal entities and individuals to include objects in the state cadastre of flora objects are submitted to territorial departments. Territorial departments study the object in advance, draw up the necessary cadastral documents and send them to the agency.

The Agency submits the materials submitted for inclusion in the State Cadastre of Flora Objects for examination by the Agency's Scientific and Expert Council.

A flora object passport shall be issued for each flora object included in the state cadastre of flora objects within ten days from the date of receipt of the order. The passport shall contain information intended to protect this flora object and its basic data.

The form of the passport of a plant world object is determined by the Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change of the Republic of Uzbekistan in agreement with the Cadastral Agency under the Ministry of Economy and Finance of the Republic of Uzbekistan.

The passport of the flora object is sent to the relevant territorial department no later than five days from the date of its issuance.

The state cadastre of flora objects of the Republic of Uzbekistan contains quantitative, qualitative and assessment data on each type of wild plants, combined in the following groups of cadastral objects according to their functional properties:

- rare and endangered wild plants;
- wild plants used for medicinal and nutritional purposes;
- wild plants used for technical purposes;
- wild ornamental plants;
- natural pasture and hayfield plants;
- plants growing in protected natural areas;
- other types of plants.

Cadastral survey of the territory, annual state registration of flora objects, and recording the volumes of their use are the main sources of information for compiling the state cadastre of flora objects.

the Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change of the Republic of Uzbekistan on the state registration of flora objects and accounting for the volumes of their use in the Republic of Karakalpakstan, regions and the city of Tashkent is included in the state cadastre of flora objects for the relevant territories and is submitted to the State Committee for Ecology for inclusion in the state cadastre of flora objects in the Republic of Uzbekistan.

The information included in the state cadastre of flora objects on rare and endangered wild plant species is as follows:

- identification number;
- name of the plant species;
- the conservation status of the species;
- population status of the species;
- location;
- name of the business entity;
- areas where the population of the species grows (geographic coordinates);
- the distribution area of the species;
- population density;
- population size of the species;
- nature of the use of the territory;
- protective measures.

Maintaining the state cadastre of flora objects includes previous (collection in the early years), main (primary) and current (annual) types of cadastral data collection, and these types ensure continuous updating of this data.

Based on primary data, primary cadastral data on flora objects are summarized and entered at the regional level.

During the current (annual) collection of cadastral data, all subsequent changes that occur after the primary data is entered are recorded and entered into the cadastre.

Conclusion after the cadastral data is submitted to the territorial level, the entry “Cadastral data for the reporting year was submitted to the authorized department of the State Committee for Ecology” is made in the “Annual state registration data” section of the registration book, and the number and date of the cover letter on the submission of cadastral data are indicated. The cover letter is certified by the signature of the authorized person, a copy of which is attached to the registration book with a mark of acceptance.

REFERENCES

[1] Atlas of soil cover of the Republic of Uzbekistan 2010 (Tashkent)

[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] J. Pirimov, E. Safarov, I. Abdullaev, and N. Abdullaeva, E3S Web of Conferences 386, (2023)

[6] M. Khamidov, A. Inamov, U. Islomov, and Z. Mamatkulov, E3S Web of Conferences 365, 01008 (2023)

[7] Karimov, G.H., Juraev, F.U. Usage of irrigation elements by means of water-efficient technology in irrigating intensive apple gardens through soil and dynamics of seeping moisture BIO Web of Conferences, 2024, 103, 00020.

[8] Juraev, F.U., Muratov, O.A., Urinov, E.F. Techniques and technology improvement of cleaning open drainage networks in Bukhara region BIO Web of Conferences, 2024, 103, 00018.

[9] KJ Jalilovich. Current And Capital Leveling Methods And Their Use. International Journal of Innovative Analyses and Emerging Technology. 2021/6/9

[10] Sharipov L, Imomov S, Majitov J, Komilov O, Sharipov M, Pulatova F, Abdisamatov O, 2020 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 614 012035

[11] Imomov S, Shodiev E, Tagaev V, Qayumov T, 2020 IOP Conf. Ser.:Mater.Sci.Eng. 883 012124

[12] IS Hasanov, JJ Kuchkarov, K Sobirov. Improving the Efficiency of the Base Leveler in the Current Leveling of Crop Fields. Eurasian journal of mathematical theory and computer sciences. 2021/9/18.

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.

