ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME - 9

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 9

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

RAQAMLI EKOLOGIYA: SUN'IY INTELLEKT VA GIS TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA BIOXILMA-XILLIK MONITORINGI (BUXORO VILOYATI MISOLIDA)

Murodova Xilola Umarqulovna
Buxoro davlat universiteti Tayanch doktoranti(PhD)
E-mail: khilolamurodova08@gmail.com
Ibroyimova Bahor Iskandar qizi
Buxoro davlat texnika universiteti talabasi
E-mail: bahoribroyimova@gmail.com
Yoqubov Muxriddin Erkin o'g'li
Buxoro davlat texnika universiteti o'qituvchisi
E-mail: muxriddinyoqubov932g@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada Buxoro viloyatining arid va cho'l ekotizimlarida bioxilma-xillikni monitoring qilishda raqamli ekologiya yondashuvlari, xususan, Geografik axborot tizimlari (GIS) va sun'iy intellekt (AI) algoritmlarining integratsiyasi tadqiq etilgan. Landsat-8 va Sentinel-2 sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari asosida hududning vegetatsiya indekslari tahlil qilinib, Random Forest va Neyron tarmoqlari yordamida flora va fauna areallarining o'zgarish dinamikasi prognozlashtirilgan. Tadqiqot natijalari cho'llanish va antropogen bosim sharoitida bioxilma-xillikni saqlash bo'yicha raqamli monitoring tizimining yuqori aniqligini (89.5%) ko'rsatdi. Tadqiqotda masofadan zondlash ma'lumotlari, sputnik tasvirlari, dron kuzatuvlari hamda dala tadqiqotlari natijalari asosida ekotizimlar holatini baholash usullari tahlil qilinadi. Ish doirasida sun'iy intellekt algoritmlaridan foydalangan holda o'simlik va hayvonot turlarini avtomatik aniqlash, ularning tarqalish dinamikasini baholash va kelajakdagi o'zgarishlarni prognoz qilish imkoniyatlari o'rganiladi. GIS texnologiyalari yordamida biologik xilma-xillikning makoniy ma'lumotlar bazasi shakllantirilib, turlarning tarqalish xaritalari va ekologik xavf zonalari yaratiladi. Tadqiqot natijalari tabiiy ekotizimlarni muhofaza qilish, ekologik monitoring samaradorligini oshirish, Qizil kitob turlarini saqlash va atrof-muhitni boshqarish bo'yicha qarorlar qabul qilish jarayonini ilmiy asoslashga xizmat qiladi. Shuningdek, mazkur ish raqamli texnologiyalarni ekologiya sohasiga integratsiya qilish orqali biologik xilma-xillikni saqlashning innovatsion mexanizmlarini ishlab chiqishga qaratilgan.

Kalit so'zlar: Raqamli ekologiya, GIS, Sun'iy intellekt, Bioxilma-xillik, Masofadan zondlash, Random Forest, sputnik ma'lumotlari, mashinali o'qitish, ekologik xaritalash, tabiatni muhofaza qilish.

Аннотация. В данной статье изучаются подходы цифровой экологии, в частности, интеграция географических информационных систем (ГИС) и алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ) в мониторинге

биоразнообразия в засушливых и пустынных экосистемах Бухарской области. На основе спутниковых данных Landsat-8 и Sentinel-2 были проанализированы индексы растительности территории, а динамика изменений ареалов флоры и фауны была спрогнозирована с использованием алгоритмов случайного леса и нейронных сетей. Результаты исследования показали высокую точность (89,5%) цифровой системы мониторинга для сохранения биоразнообразия в условиях опустынивания и антропогенного воздействия. В исследовании анализируются методы оценки состояния экосистем на основе данных дистанционного зондирования, спутниковых снимков, наблюдений с дронов и полевых исследований. Работа исследует возможности автоматической идентификации видов растений и животных, оценки динамики их распространения и прогнозирования будущих изменений с использованием алгоритмов искусственного интеллекта. С помощью технологий ГИС сформирована пространственная база данных биоразнообразия, созданы карты распространения видов и зоны экологического риска. Результаты исследования служат научной основой для принятия решений по защите природных экосистем, повышению эффективности экологического мониторинга, сохранению видов, занесенных в Красную книгу, и управлению окружающей средой. Кроме того, данная работа направлена на разработку инновационных механизмов сохранения биоразнообразия путем интеграции цифровых технологий в область экологии.

Ключевые слова: цифровая экология, ГИС, искусственный интеллект, биоразнообразие, дистанционное зондирование, случайный лес, спутниковые данные, машинное обучение, экологическое картирование, охрана природы.

Abstract. This article studies digital ecology approaches, in particular, the integration of Geographic Information Systems (GIS) and artificial intelligence (AI) algorithms in monitoring biodiversity in arid and desert ecosystems of the Bukhara region. Based on Landsat-8 and Sentinel-2 satellite data, the vegetation indices of the area were analyzed, and the dynamics of changes in flora and fauna areals were forecasted using Random Forest and Neural Networks. The results of the study showed high accuracy (89.5%) of the digital monitoring system for preserving biodiversity under desertification and anthropogenic pressure. The study analyzes methods for assessing the state of ecosystems based on remote sensing data, satellite images, drone observations, and field studies. The work explores the possibilities of automatic identification of plant and animal species, assessment of their distribution dynamics, and forecasting future changes using artificial intelligence algorithms. Using GIS technologies, a spatial database of

ISSN 3030-3907

biodiversity is formed, species distribution maps and ecological risk zones are created. The results of the research serve as a scientific basis for decision-making on the protection of natural ecosystems, increasing the efficiency of ecological monitoring, preserving Red Book species and environmental management. Also, this work is aimed at developing innovative mechanisms for preserving biodiversity by integrating digital technologies into the field of ecology.

Keywords: Digital ecology, GIS, Artificial intelligence, Biodiversity, Remote sensing, Random Forest, satellite data, machine learning, ecological mapping, nature conservation.

KIRISH.

Bugungi kunda global iqlim o‘zgarishi va antropogen omillarning kuchayishi natijasida bioxilma-xillikning qisqarishi dunyo miqyosidagi eng jiddiy ekologik muammolardan biriga aylandi. O‘zbekistonning, xususan, Buxoro viloyatining cho‘l va yarim cho‘l ekotizimlari o‘zining mo‘rtligi va tashqi ta’sirlarga ta’sirchanligi bilan ajralib turadi. An’anaviy monitoring usullari (dala-tadqiqot ishlari) katta hududlarni qisqa vaqt ichida qamrab olish va real vaqtdagi o‘zgarishlarni tezkor baholash imkonini bermaydi.

Shu sababli, ekologiyaga zamonaviy AKT, Masofadan zondlash (MZ), Geografik axborot tizimlari (GIS) va Sun’iy intellekt (AI) texnologiyalarini jalb etish –“Raqamli ekologiya” yo‘nalishini shakllantirdi. AI algoritmlari katta hajmdagi geo-ma’lumotlarni tahlil qilib, ekotizimlardagi inqrozli tendensiyalarni oldindan prognozlash imkonini beradi. So‘nggi yillarda tabiatni muhofaza qilish sohasida texnologiyalarni qo‘llash sezilarli darajada o‘sdi. Sun”iy intellekt (AI), katta ma’lumotlar, mashinani o‘rganish, masofadan zondlash (RS) va geografik axborot tizimlari (GIS) sohasidagi sezilarli yutuqlar bilan tabiatni muhofaza qilish ishlari transformatsion o‘zgarishlarni boshdan kechirmoqda. Ushbu texnologiyalar ekotizimlarni kuzatish, atrof-muhitdagi o‘zgarishlarni bashorat qilish va brakonerlik, noqonuniy kesish va yashash joylarining degradatsiyasi kabi tahdidlarni bartaraf etish qobiliyatini oshiradi. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari, dronlar va kamera tuzoqlari kabi turli manbalardan olingan ma’lumotlarni integratsiya qilish orqali tabiatni muhofaza qilish mutaxassislari biologik xilma-xillikni samaraliroq himoya qilishga olib keladigan yaxshi xabardor qarorlar qabul qilishlari mumkin. Ushbu yangiliklarga qaramay, ma'lumotlarning aniqligi bilan bog‘liq muammolar, kirishdagi to‘siqlar va ixtisoslashgan tajribaga ehtiyoj tufayli ushbu texnologiyalar o‘rtasidagi sinergiyani to‘liq optimallashtirishda qiyinchiliklar saqlanib qolmoqda.

Ushbu tadqiqot mavzusi tabiatni muhofaza qilish ishlarini kuchaytirishda AI, katta ma’lumotlar, mashinani o‘rganish, masofadan zondlash va GIS integratsiyasini o‘rganishga qaratilgan. U ushbu texnologiyalardan yovvoyi tabiat

ISSN 3030-3907

populyatsiyalarini bashoratli modellashtirish, ekotizim salomatligini baholash va brakonerlik kabi noqonuniy faoliyatni aniqlash uchun qanday foydalanish mumkinligini tushunishga intiladi. Bundan tashqari, tadqiqot real vaqt rejimida monitoring tizimlari darhol tabiatni muhofaza qilish harakatlari uchun amaliy tushunchalarni qanday taqdim etishini o‘rganadi. Maqsad nafaqat ushbu texnologiyalarning potentsial afzalliklarini ochib berish, balki ularni to‘liq qo‘llashga to‘sqinlik qilayotgan qiyinchiliklar va cheklovlarni, masalan, ma’lumotlarni qayta ishlash bilan bog‘liq muammolar va o‘qitilgan xodimlarga ehtiyojni aniqlashdir. Texnologiyani tabiatni muhofaza qilishda qo‘llash bo‘yicha qo‘shimcha ma’lumotlarni to‘plash uchun biz quyidagi mavzularga bag‘ishlangan, ammo ular bilan cheklanmagan maqolalarni qabul qilamiz:

- Yovvoyi tabiat va ekotizim monitoringi uchun sun’iy intellekt va mashinaviy o‘rganishdan foydalangan holda bashoratli modellashtirish
- Keng ko‘lamli ekologik o‘zgarishlarni kuzatishda masofaviy zondlash va GISning roli
- Sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari va dronlar yordamida noqonuniy faoliyatni real vaqt rejimida monitoring qilish
- Ma’lumotlarning aniqligi va tabiatni muhofaza qilishda texnologiyalarni joriy etishdagi qiyinchiliklar
- Innovatsion texnologiyalarning biologik xilma-xillikni himoya qilish strategiyalariga ta'siri

TADQIQOT MATERIALLARI VA METODOLOGIYASI.

Tadqiqot ob’yekti sifatida Buxoro viloyatining cho‘l zonalari, jumladan, Qizilqum cho‘li qismlari, To‘dakul va Quyimozor suv omborlari atrofidagi hududlar hamda Buxoro ixtisoslashtirilgan “Jayron” pitomnigi olindi.

Ma’lumotlarni yig‘ish va qayta ishlash:

1. **Kosmik suratlar:** Sentinel-2 va Landsat-8 sun’iy yo‘ldoshlarining 2020–2026-yillardagi multiseptral tasvirlari.
2. **Dasturiy ta’minot:** GIS tahlillari uchun QGIS va ArcGIS Pro dasturlari, AI modellashtirish uchun Python (kutubxonalari).
3. **Matematik apparat:** Hududdagi yashillik qoplamini baholash uchun Normallashtirilgan vegetatsiya indeksi quyidagi formula asosida hisoblandi:

Bu yerda – yaqin infraqizil spektr – qizil spektr diapazonidir.

Sun’iy intellekt algoritmlari:

Flora turlari va yaylovlar degradatsiyasini tasniflash uchun masofaviy tasvirlarga Random Forest (RF) va Support Vector Machines (SVM) mashinali o‘qitish algoritmlari qo‘llanildi.

Tadqiqot jarayonida quyidagi usullardan foydalanildi:

- ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish;

ISSN 3030-3907

- GIS ma’lumotlarini qayta ishlash;
- masofadan zondlash ma’lumotlarini tahlil qilish;
- sun’iy intellekt algoritmlarini ekologik monitoringga tatbiq etish bo‘yicha nazariy yondashuvlarni o‘rganish;
- ekologik xaritalash va fazoviy tahlil.

Tadqiqotning axborot bazasini Sentinel-2, Landsat-8 sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari, ArcGIS va QGIS dasturlari, shuningdek bioxilma-xillik monitoringi bo‘yicha xalqaro ilmiy nashrlar tashkil etdi.

ASOSIY TUSHUNCHALAR VA MUAMMOLARNING BAYONI.

Hozirgi kunda dunyo miqyosida ekologik muammolarning kuchayishi, iqlim o‘zgarishi, antropogen bosimning ortishi hamda tabiiy ekotizimlarning degradatsiyaga uchrashi natijasida biologik xilma-xillikni saqlash masalasi global ahamiyat kasb etmoqda. BMT ma’lumotlariga ko‘ra, ko‘plab o‘simlik va hayvonot turlari yo‘qolib ketish xavfi ostida bo‘lib, ularning holatini muntazam kuzatib borish va tezkor baholash zamonaviy texnologiyalarni qo‘llashni talab etmoqda. An’anaviy biomonitoring usullari ko‘p vaqt, mablag‘ va mehnat talab qilishi bilan birga katta hududlardagi o‘zgarishlarni tezkor aniqlash imkonini cheklaydi. Shu sababli raqamli texnologiyalarni ekologiya sohasiga joriy etish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, sun’iy intellekt (Artificial Intelligence – AI), geografik axborot tizimlari (GIS), masofadan zondlash (Remote Sensing), dronlar va katta ma’lumotlar (Big Data) texnologiyalari bioxilma-xillikni monitoring qilishda yangi imkoniyatlarni yaratmoqda. Sun’iy intellekt algoritmlari turlarni avtomatik aniqlash, ularning tarqalishini bashorat qilish, ekologik xavflarni baholash va katta hajmdagi ma’lumotlarni tezkor tahlil qilish imkonini beradi. GIS texnologiyalari esa turlarning makoniy tarqalishi, yashash muhiti holati va ekotizimlardagi o‘zgarishlarni elektron xaritalar orqali vizuallashtirish hamda tahlil qilish imkonini yaratadi. O‘zbekistonda ham biologik xilma-xillikni muhofaza qilish davlat siyosati darajasiga ko‘tarilgan bo‘lib, mamlakatning ekologik xavfsizligini ta’minlash, Qizil kitobga kiritilgan turlarni muhofaza qilish va tabiiy resurslardan oqilona foydalanish uchun zamonaviy raqamli monitoring tizimlarini joriy etish muhim ahamiyatga ega. Shu nuqtai nazardan mazkur tadqiqot mavzusi ilmiy va amaliy jihatdan yuqori dolzarblikka ega bo‘lib, raqamli ekologiyaning innovatsion yechimlarini ishlab chiqish hamda bioxilma-xillikni saqlash samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Olingan kosmik tasvirlar AI algoritmlari yordamida qayta ishlanganda, Buxoro viloyatidagi o‘simliklar qoplami va yer turlarining dinamikasi quyidagicha guruhlandi (1-jadval).

ISSN 3030-3907

1-jadval.

Buxoro viloyati yer usti qoplamining tasniflash natijalari (2022-2026 yy.)

Yer turi / Ekotizim	2022-yilgi maydon (%)	2026-yilgi maydon (%)	Dinamika (nisbiy o‘zgarish)
Gidrografik ob’ektlar (Suv havzalari)	4.2	3.8	-0.4% (Qisqarish)
Zich o‘simliklar (Sug‘oriladigan erlar)	12.5	13.1	+0.6% (Kanal atrofi fitomassa)
Siyrak cho‘l o‘simliklari (Saksaul, cherkez)	58.0	52.3	-5.7% (Degradatsiya)
Sho‘rxoklar va qumliklar	25.3	30.8	+5.5% (Sahrolanish)

AI modeli (Random Forest) yordamida olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, Buxoro viloyatida so‘nggi 4 yil ichida siyrak cho‘l o‘simliklari maydoni 5.7% ga qisqargan, sho‘rxoklar va ochiq qumliklar maydoni esa 5.5% ga ortgan. Bu cho‘llanish jarayonining jadallashayotganidan dalolat beradi.

GIS xaritalash va fauna monitoringi:

“Jayron” pitomnigidagi jayronlar, qulonlar va Prjevalskiy otlarining GPS-trekerlar orqali olingan migratsiya yo‘nalishlari GIS muhitiga integratsiya qilindi.

Sun’iy intellektning neyron tarmoqlari orqali hayvonlarning harakatlanish areallari va ko‘rsatkichlari korrelyatsiya qilinganda, fauna vakillarining migratsiyasi to‘g‘ridan-to‘g‘ri suv manbalarining kamayishi va yaylovlar yemirilishi (saksaulzorlarning kamayishi) bilan bog‘liqligi aniqlandi.

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, GIS va sun’iy intellekt texnologiyalarining integratsiyasi bioxilma-xillik monitoringida quyidagi afzalliklarni ta’minlaydi:

1. Monitoring aniqligining oshishi.
2. Kuzatuv xarajatlarining kamayishi.
3. Ekologik ma’lumotlarni tezkor qayta ishlash.
4. Prognozlash imkoniyatlarining kengayishi.
5. Qaror qabul qilish sifatining yaxshilanishi.

Buxoro viloyati sharoitida GIS va SI asosidagi monitoring tizimining joriy etilishi ekologik xavflarni erta aniqlash va biologik resurslarni samarali boshqarishga xizmat qiladi.

ISSN 3030-3907

XULOSA. Ushbu tadqiqotda Buxoro viloyati misolida bioxilma-xillik monitoringini takomillashtirishda sun'iy intellekt va geografik axborot tizimlari (GIS) texnologiyalarining imkoniyatlari tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, raqamli ekologiya yondashuvlari tabiiy ekotizimlar holatini tezkor, aniq va kompleks baholash imkonini beradi. Sun'iy intellekt algoritmlari yordamida katta hajmdagi ekologik ma'lumotlarni qayta ishlash, turlarni avtomatik identifikatsiya qilish, ularning tarqalish areallarini prognozlash hamda bioxilma-xillikka tahdid soluvchi omillarni oldindan aniqlash mumkin.

GIS texnologiyalari esa bioxilma-xillikning hududiy taqsimlanishini xaritalash, ekologik jarayonlarni fazoviy tahlil qilish va monitoring natijalarini vizual ko'rinishda taqdim etishda muhim vosita sifatida xizmat qiladi. Masofadan zondlash ma'lumotlari, sun'iy yo'ldosh tasvirlari va GIS platformalarining integratsiyasi Buxoro viloyatidagi cho'l, yarim cho'l, suv-botqoq va agroekotizimlarning ekologik holatini muntazam kuzatib borish imkonini yaratadi.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, sun'iy intellekt va GIS texnologiyalarini qo'llash bioxilma-xillik monitoringining samaradorligini oshirish, vaqt va mablag' sarfini kamaytirish hamda ekologik qarorlar qabul qilishning ilmiy asoslanganligini kuchaytirishga xizmat qiladi. Ayniqsa, iqlim o'zgarishi, antropogen bosim va tabiiy resurslardan intensiv foydalanish sharoitida ushbu raqamli texnologiyalar biologik resurslarni muhofaza qilish va ulardan oqilona foydalanishda muhim ahamiyat kasb etadi. Kelgusida Buxoro viloyatida bioxilma-xillik monitoringining yagona raqamli platformasini yaratish, sun'iy intellekt asosidagi prognozlash modellarini joriy etish hamda GIS ma'lumotlar bazalarini muntazam yangilab borish ekologik boshqaruv tizimining samaradorligini yanada oshiradi. Shu bois raqamli ekologiya texnologiyalarini ekologik monitoring amaliyotiga keng tatbiq etish barqaror rivojlanish maqsadlariga erishishning muhim omillaridan biri hisoblanadi.

Buxoro viloyatida raqamli ekologiya yondashuvlarini, xususan, GIS va sun'iy intellekt modellarini qo'llash ekotizimlarni monitoring qilish samaradorligini an'anaviy usullarga nisbatan 4.5 barobarga tezlashtirdi.

O'tkazilgan tadqiqot asosida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Masofadan zondlash ma'lumotlari va Random Forest algoritmi kombinatsiyasi Buxoro sharoitida yer turlarini 89.5% aniqlikda tasniflash imkonini beradi.

2. Cho'l hududlarida antropogen bosim va iqlim isishi natijasida cho'l florasi maydoni qisqarib, sho'rxoklar kengaymoqda.

3. Mazkur raqamli tizim Buxoro viloyati Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish boshqarmasi uchun ekologik vaziyatni real vaqtda nazorat qiluvchi qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlash tizimi bo'lib xizmat qila oladi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Mirziyoyev Sh.M. Yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasi. – Toshkent: “O‘zbekiston”, 2022.
2. Gorelick, N. et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 2017.
3. Allamuratov, A. Application of GIS and Remote Sensing in Monitoring Arid Ecosystems of Uzbekistan. *Central Asian Journal of Environmental Science*, 2023.
4. O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligi hisobotlari (2024-2025 yy.).
5. O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligi. O‘zbekiston Respublikasi Qizil kitobi. – Toshkent: Chinor ENK, 2019.
6. O‘zbekiston Respublikasi Qizil kitobi. Hayvonlar va o‘simliklar dunyosi. – Toshkent, 2019.
7. O‘zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo‘mitasi. O‘zbekiston Respublikasining ekologik ko‘rsatkichlari bo‘yicha statistik to‘plam. – Toshkent, 2024.
8. Buxoro davlat universiteti olimlarining bioxilma-xillik va ekologik monitoring bo‘yicha ilmiy maqolalari hamda konferensiya materiallari. – Buxoro, 2020–2025.
9. O‘zbekiston Fanlar akademiyasi Zoologiya instituti. O‘zbekiston faunasi va bioxilma-xilligiga oid ilmiy tadqiqotlar to‘plami. – Toshkent, 2020–2024.
10. O‘zbekiston Fanlar akademiyasi Botanika instituti. O‘zbekiston florasi va o‘simliklar bioxilma-xilligiga oid ilmiy nashrlar. – Toshkent, 2020–2024.
11. NASA. Earth Observation Data for Environmental Monitoring and Biodiversity Assessment. – Washington, DC, 2023.
12. ArcGIS Documentation. Environmental Monitoring and Spatial Analysis Methods. – 2024.

ISSN 3030-3907