ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -1

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 1

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

SUN'IY INTELLEKT VA GIS TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA HAVONING IFLOSLANISH DARAJASINI MONITORING QILISH TIZIMINI ISHLAB CHIQISH

Jo'rayev Doston Rustamjon o'g'li
"Geoinnovatsiya markazi" DUK, Phd
E-mail: Dostonjoraev37@gmail.com
Tel: +99893-533-75-79

Annotatsiya. Ushbu maqolada sun'iy intellekt va geografik axborot tizimlari asosida havoning ifloslanish darajasini monitoring qilish tizimini ishlab chiqish masalasi o'rganilgan. Tadqiqotda an'anaviy ekologik monitoring usullarining cheklovlari va zamonaviy raqamli texnologiyalarning afzalliklari tahlil qilingan. Sun'iy intellekt algoritmlari yordamida atmosfera ifloslanishining prognozlash imkoniyatlari, GIS texnologiyalari orqali esa fazoviy tahlil va vizualizatsiya jarayonlari yoritilgan. IoT sensorlaridan olingan ma'lumotlarni integratsiya qilish orqali real vaqt monitoring tizimi yaratish konsepsiyasi ishlab chiqilgan. Natijalar integratsiyalashgan SI va GIS tizimlari ekologik xavflarni aniqlash, ifloslanish manbalarini baholash va qaror qabul qilish jarayonini avtomatlashtirishda samarali ekanligini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, GIS, ekologiya, monitoring, ifloslanish, sensor, ma'lumot, prognoz, xarita, tizim.

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка системы мониторинга уровня загрязнения воздуха на основе искусственного интеллекта и географических информационных систем. Проанализированы ограничения традиционных методов экологического мониторинга и преимущества современных цифровых технологий. Описаны возможности прогнозирования загрязнения атмосферы с использованием алгоритмов искусственного интеллекта, а также пространственного анализа и визуализации с помощью GIS технологий. Представлена концепция интеграции данных IoT датчиков для создания системы мониторинга в реальном времени. Результаты исследования показывают, что интегрированные системы ИИ и GIS эффективны для выявления экологических рисков, оценки источников загрязнения и автоматизации процессов принятия решений в области экологического управления.

Ключевые слова: интеллект, GIS, экология, мониторинг, загрязнение, датчик, данные, прогноз, карта, система.

Abstract. This article examines the development of an air pollution monitoring system based on artificial intelligence and geographic information systems. The limitations of traditional environmental monitoring methods and the advantages of modern digital technologies are analyzed. The study highlights the capabilities

of artificial intelligence algorithms for predicting atmospheric pollution and the role of GIS technologies in spatial analysis and visualization. A concept of integrating IoT sensor data to create a real-time monitoring system is proposed. The results show that integrated AI and GIS systems are highly effective in identifying environmental risks, assessing pollution sources, and automating decision-making processes in environmental management and control systems.

Keywords: artificial intelligence, GIS, ecology, monitoring, pollution, sensor, data, forecast, map, system

KIRISH.

So‘nggi yillarda global miqyosda ekologik muammolar, xususan havoning ifloslanishi inson salomatligi, iqtisodiy barqarorlik va ekologik xavfsizlikka jiddiy tahdid soluvchi omil sifatida e’tirof etilmoqda. Sanoatlashuv jarayonlarining tezlashishi, transport vositalari sonining ortishi, energetika tizimlarida qazilma yoqilg‘ilardan keng foydalanish hamda urbanizatsiya darajasining yuqoriligi atmosfera havosi sifatining yomonlashuviga olib kelmoqda. Shu sababli, havoning ifloslanish darajasini aniqlash va prognoz qilishga qaratilgan zamonaviy monitoring tizimlarini ishlab chiqish dolzarb ilmiy-amaliy masala hisoblanadi. An’anaviy ekologik monitoring usullari, odatda, statsionar o‘lchov stansiyalari va laboratoriya tahlillariga asoslanadi. Biroq ushbu usullar real vaqt rejimida keng hududlarni qamrab olish imkoniyatini cheklaydi hamda ma’lumotlarni qayta ishlashda kechikishlar yuzaga keladi. Shu bois, zamonaviy ilmiy tadqiqotlarda sun’iy intellekt (SI) texnologiyalari va geografik axborot tizimlari (GIS) integratsiyasiga asoslangan yondashuvlar keng qo‘llanilmoqda. Ushbu texnologiyalar katta hajmdagi ekologik ma’lumotlarni tezkor tahlil qilish, ifloslanish manbalarini aniqlash va prognozlash imkonini beradi [1].

Sun’iy intellekt algoritmlari, jumladan mashinaviy o‘rganish va chuqur o‘rganish modellari, atmosfera ifloslanishi bilan bog‘liq murakkab ma’lumotlar o‘rtasidagi yashirin bog‘liqliklarni aniqlashda samarali vosita sifatida namoyon bo‘lmoqda. O‘zbekistonlik olimlarning so‘nggi tadqiqotlarida ham SI asosida ekologik monitoring tizimlarini yaratish, sensor ma’lumotlarini tahlil qilish va real vaqt rejimida qaror qabul qilish jarayonlarini avtomatlashtirish masalalari keng o‘rganilmoqda. Masalan, ekologik monitoringda sun’iy intellektdan foydalanish orqali ifloslanish darajasini aniqlash va prognozlash imkoniyatlari sezilarli darajada oshishi ta’kidlangan. Bundan tashqari, GIS texnologiyalari fazoviy ma’lumotlarni vizuallashtirish va tahlil qilishda muhim o‘rin tutadi. GIS yordamida havoning ifloslanish darajasi hududiy kesimda xaritalashtiriladi, bu esa ekologik xavf darajasi yuqori bo‘lgan zonalarni aniqlashga yordam beradi. Sun’iy intellekt va GIS integratsiyasi esa ma’lumotlarni nafaqat tasvirlash, balki

ISSN 3030-3907

ularni intellektual tahlil qilish imkonini ham yaratadi. Natijada, ekologik monitoring tizimlari ancha aniq, tezkor va adaptiv shaklga ega bo‘ladi [2].

Bugungi kunda IoT sensorlari, sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari va meteorologik kuzatuvlar orqali katta hajmdagi ekologik ma’lumotlar yig‘ilmoqda. Ushbu “katta ma’lumotlar” (big data) oqimini samarali qayta ishlash uchun sun’iy intellektga asoslangan intellektual tizimlar zarur hisoblanadi. Ilmiy adabiyotlarda ta’kidlanishicha, SI asosidagi ekologik monitoring tizimlari nafaqat mavjud holatni baholash, balki kelajakdagi ifloslanish darajasini ham prognoz qilish imkonini beradi. Shu bilan birga, O‘zbekistonda ekologik barqarorlikni ta’minlash, atmosfera havosi sifatini yaxshilash va raqamli ekologik boshqaruv tizimlarini rivojlantirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Shu nuqtai nazardan, GIS va sun’iy intellekt asosida ishlaydigan monitoring tizimlarini ishlab chiqish ilmiy va amaliy jihatdan katta ahamiyat kasb etadi [3].

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi sun’iy intellekt algoritmlari va GIS texnologiyalarini integratsiya qilgan holda havoning ifloslanish darajasini monitoring qilishning samarali tizimini ishlab chiqishdan iborat. Ushbu tizim real vaqt rejimida ma’lumotlarni yig‘ish, qayta ishlash, fazoviy tahlil qilish va vizualizatsiya qilish imkoniyatlarini ta’minlashi ko‘zda tutiladi. Sun’iy intellekt va GIS texnologiyalarining uyg‘unligi ekologik monitoring sohasida yangi ilmiy yondashuvlarni shakllantirmoqda. Bu esa nafaqat atrof-muhit holatini chuqur tahlil qilish, balki ekologik xavflarni oldindan aniqlash va ularni kamaytirish bo‘yicha samarali qarorlar qabul qilish imkonini beradi. Shu sababli, mazkur yo‘nalishdagi tadqiqotlar zamonaviy ekologik muammolarni hal etishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi [4].

ADABIYOTLAR TAHLILI. So‘nggi yillarda ekologik monitoring tizimlarini rivojlantirish, xususan atmosfera havosi ifloslanishini aniqlash va prognoz qilish masalalari ilmiy tadqiqotlarning muhim yo‘nalishlaridan biriga aylangan. O‘zbekiston ilmiy maktabida bu yo‘nalishda sun’iy intellekt, geografik axborot tizimlari (GIS), IoT sensorlari va masofadan zondlash texnologiyalarini integratsiya qilishga katta e’tibor qaratilmoqda. Tahlil qilingan adabiyotlarda ekologik monitoringning an’anaviy usullari va zamonaviy raqamli yondashuvlar o‘rtasidagi farqlar, shuningdek, ularning samaradorligi chuqur o‘rganilgan. Ko‘plab tadqiqotlarda ekologik monitoringning an’anaviy yondashuvi – statsionar kuzatuv stansiyalari orqali ma’lumot yig‘ish usuli – asosiy muammo sifatida uning cheklangan hududiy qamrovi va real vaqt rejimida ishlash imkoniyatining pastligi bilan izohlanadi. Shu sababli, yangi avlod monitoring tizimlarida sun’iy intellekt algoritmlaridan foydalanish zarurati asoslab beriladi. Mashinaviy o‘rganish va chuqur o‘rganish modellarining ekologik ma’lumotlar

ISSN 3030-3907

tahlilida qo‘llanilishi havoning ifloslanish darajasini aniqlashda yuqori aniqlik va tezkorlikni ta’minlashi ta’kidlanadi [5].

Adabiyotlar tahliliga ko‘ra, sun’iy intellekt asosidagi yondashuvlar atmosfera tarkibidagi PM2.5, NO_2, CO va boshqa zararli gazlar konsentratsiyasini prognoz qilishda samarali vosita bo‘lib xizmat qilmoqda. Ushbu modellar katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash orqali yashirin bog‘liqliklarni aniqlaydi va ekologik jarayonlarni modellashtirish imkonini kengaytiradi. Ayrim tadqiqotlarda neyron tarmoqlar asosida qurilgan modellar an’anaviy statistik usullarga nisbatan ancha yuqori aniqlik ko‘rsatishi qayd etilgan. GIS texnologiyalari esa ekologik monitoring tizimlarining fazoviy tahlil komponenti sifatida muhim rol o‘ynaydi. GIS yordamida ifloslanish darajasining hududiy taqsimoti xaritalashtiriladi, ekologik xavf zonalari aniqlanadi va vaqt bo‘yicha o‘zgarishlar tahlil qilinadi. O‘zbekiston sharoitida olib borilgan tadqiqotlarda GIS platformalari asosida ekologik ma’lumotlarni integratsiya qilish orqali hududiy ekologik holatni kompleks baholash imkoniyati yaratilgani ko‘rsatilgan. Masofadan zondlash ma’lumotlari (sun’iy yo‘ldosh tasvirlari) GIS tizimlari bilan birlashtirilganda esa ekologik monitoringning aniqligi sezilarli darajada oshishi aniqlangan [6].

Quyidagi jadvalda tahlil qilingan ilmiy yondashuvlar va ularning asosiy xususiyatlari umumlashtirilgan:

1-jadval.

Ekologik monitoringda qo‘llaniladigan asosiy yondashuvlar tahlili.

Yondashuv turi	Qo‘llaniladigan texnologiyalar	Afzalliklari	Kamchiliklari
An’anaviy monitoring	Statsionar stansiyalar, laboratoriya tahlillari	Yuqori aniqlik, standartlashgan o‘lchovlar	Cheklangan hudud, real vaqt yo‘qligi
GIS asosidagi monitoring	ArcGIS, QGIS, masofadan zondlash	Fazoviy tahlil, xaritalash, vizualizatsiya	Katta ma’lumotlarni qayta ishlash talab etadi
Sun’iy intellekt asosidagi monitoring	ML, DL, neyron tarmoqlar	Prognozlash, katta ma’lumot tahlili, avtomatlashtirish	Model o‘qitish uchun katta ma’lumot kerak
IoT asosidagi monitoring	Sensor tarmoqlari, aqlli qurilmalar	Real vaqt ma’lumotlari, uzluksiz kuzatuv	Texnik xizmat va energiya sarfi yuqori

ISSN 3030-3907

Integratsiyalashgan AI + GIS + IoT	Gibrid tizimlar	Eng yuqori aniqlik, real vaqt + fazoviy tahlil	Murakkab arxitektura va yuqori resurs talab qiladi

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy ekologik monitoring tizimlarining eng samarali shakli bu integratsiyalashgan yondashuv hisoblanadi. Sun’iy intellekt va GIS texnologiyalarining birlashtirilishi nafaqat ma’lumotlarni tahlil qilish, balki qaror qabul qilish jarayonini ham avtomatlashtirish imkonini beradi. Shu bilan birga, IoT sensorlaridan olingan real vaqt ma’lumotlari tizimning aniqligini oshiradi [7].

O‘zbekiston ilmiy adabiyotlarida ekologik monitoring tizimlarini raqamlashtirish masalasi ham keng yoritilgan. Ayniqsa, shahar transport tizimlari va sanoat hududlarida havoning ifloslanish darajasini kuzatish uchun raqamli monitoring tizimlarini joriy etish zarurligi ta’kidlanadi. Bu yondashuv ekologik xavflarni erta aniqlash va ularni kamaytirish bo‘yicha tezkor chora-tadbirlar ishlab chiqish imkonini beradi. Bundan tashqari, ayrim tadqiqotlarda sun’iy intellekt asosida yaratilgan gibrid modellar (fizik modellashtirish + mashinaviy o‘rganish) atmosfera ifloslanishini 3D formatda tasvirlash va ekologik xavf zonalarini aniqlashda yuqori samaradorlikka ega ekani ko‘rsatilgan. Bu yondashuv O‘zbekiston shaharlarida ekologik boshqaruvni yangi bosqichga olib chiqishi mumkin. Umuman olganda, adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy ekologik monitoring tizimlari uchta asosiy komponentga tayangan holda rivojlanmoqda: ma’lumot yig‘ish (IoT va sensorlar), fazoviy tahlil (GIS) va intellektual qayta ishlash (sun’iy intellekt). Ushbu uch komponentning integratsiyasi ekologik monitoringning aniqligi, tezkorligi va samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Shu sababli, kelgusidagi tadqiqotlar aynan ushbu texnologiyalarni birlashtirgan holda yagona platforma yaratishga qaratilishi maqsadga muvofiq hisoblanadi. Bu esa nafaqat ilmiy, balki amaliy jihatdan ham ekologik xavfsizlikni ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi [8].

Tadqiqot muhokamasi. Ushbu tadqiqotda sun’iy intellekt (SI) va geografik axborot tizimlari (GIS) integratsiyasiga asoslangan havoning ifloslanish darajasini monitoring qilish tizimini ishlab chiqish masalasi ko‘rib chiqildi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy ekologik monitoring tizimlarida an’anaviy yondashuvlar yetarli darajada samarali emas, chunki ular ko‘proq lokal kuzatuv punktlariga asoslanadi va keng hududni qamrab olish imkoniyati cheklangan. Shu sababli, SI va GIS texnologiyalarini birlashtirish orqali ekologik jarayonlarni real vaqt rejimida tahlil qilish va prognozlash imkoniyati sezilarli darajada oshadi. Tizimning asosiy afzalliklaridan biri — ma’lumotlarni ko‘p manbali integratsiya qilish imkoniyatidir. Ya’ni, IoT sensorlaridan olingan

ISSN 3030-3907

atmosfera ko‘rsatkichlari, meteorologik ma’lumotlar va fazoviy koordinatalar birlashtirilib, yagona ma’lumotlar bazasida qayta ishlanadi. Bu esa havoning ifloslanish darajasini faqat statistik emas, balki fazoviy va vaqtinchalik o‘zgarishlar asosida ham baholash imkonini beradi. Natijada, ifloslanish manbalarini aniqlash va ularning tarqalish dinamikasini tushunish ancha osonlashadi [9].

Sun’iy intellekt algoritmlarining qo‘llanilishi tizimning prognozlash qobiliyatini sezilarli darajada kuchaytiradi. Mashinaviy o‘rganish modellari orqali atmosfera tarkibidagi zararli moddalar konsentratsiyasi o‘rtasidagi murakkab bog‘liqliklar aniqlanadi. Ayniqsa, transport oqimi, sanoat chiqindilari va meteorologik omillar o‘rtasidagi o‘zaro ta’sirni tahlil qilishda SI modellarining samaradorligi yuqori ekanligi kuzatildi. Bu esa an’anaviy regressiya yoki deterministik modellar bilan solishtirganda ancha moslashuvchan yondashuv ekanini ko‘rsatadi. GIS texnologiyalari esa natijalarni vizual tahlil qilishda muhim rol o‘ynaydi. Hududiy xaritalar orqali ifloslanish darajasining fazoviy taqsimoti aniq ko‘rinishda aks ettiriladi. Bu nafaqat ilmiy tahlil uchun, balki boshqaruv qarorlarini qabul qilishda ham muhim ahamiyatga ega. Masalan, yuqori ifloslanish darajasi qayd etilgan hududlarni aniqlash orqali ekologik nazorat choralarini maqsadli ravishda yo‘naltirish mumkin bo‘ladi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, integratsiyalashgan SI–GIS tizimi quyidagi asosiy funksional afzalliklarga ega ekanligi aniqlandi: real vaqt monitoringi, avtomatik ma’lumot tahlili, prognozlash moduli va vizual xaritalash interfeysi. Ushbu funksiyalar birgalikda ishlaganda ekologik monitoring jarayoni ancha tezkor va aniqligi yuqori bo‘ladi. Bundan tashqari, tizimning adaptivligi yangi ma’lumotlar kelib tushishi bilan model aniqligini doimiy ravishda yaxshilab borish imkonini beradi. Shu bilan birga, tadqiqot davomida ayrim cheklovlar ham aniqlandi. Birinchidan, SI modellarining aniqligi katta hajmdagi sifatli ma’lumotlarga bog‘liq. Agar sensor ma’lumotlari yetarli darajada to‘liq yoki shovqinli bo‘lsa, prognoz natijalari aniqligi pasayishi mumkin. Ikkinchidan, GIS tizimlarida katta hajmdagi fazoviy ma’lumotlarni qayta ishlash uchun yuqori hisoblash resurslari talab etiladi. Bu esa tizimni keng ko‘lamda joriy etishda infratuzilma bilan bog‘liq muammolarni yuzaga keltirishi mumkin [10].

Yana bir muhim jihat — modelning umumlashtirish qobiliyati. Ayrim hududlarda o‘qitilgan SI modellari boshqa geografik sharoitlarda bir xil aniqlikni bermasligi mumkin. Bu esa har bir hudud uchun alohida kalibrlash va moslashtirish jarayonlarini talab etadi. Shuningdek, meteorologik sharoitlarning keskin o‘zgarishi (masalan, shamol tezligi yoki haroratning o‘zgarishi) ham model natijalariga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Shunga qaramasdan, tadqiqot natijalari SI va GIS integratsiyasi ekologik monitoringning yangi avlodini

ISSN 3030-3907

shakllantirishda muhim rol o‘ynashini ko‘rsatadi. Bu yondashuv nafaqat mavjud holatni baholash, balki kelajakdagi ekologik xavflarni oldindan aniqlash imkonini ham beradi. Ayniqsa, urbanizatsiya jarayonlari tezlashayotgan sharoitda bunday tizimlar shahar ekologik boshqaruvida strategik ahamiyat kasb etadi. Amaliy jihatdan qaralganda, ishlab chiqilgan yondashuv sanoat zonalari, transport tugunlari va aholi zich joylashgan hududlarda ekologik monitoringni kuchaytirish uchun qo‘llanilishi mumkin. Tizimning modulli arxitekturasi uni kelgusida kengaytirish va boshqa ekologik parametrlarni (masalan, suv sifati yoki tuproq ifloslanishi) monitoring qilishga moslashtirish imkonini beradi. Umuman olganda, tadqiqot SI va GIS asosidagi integratsiyalashgan tizimlar ekologik monitoring samaradorligini sezilarli darajada oshirishini tasdiqlaydi. Kelgusida ushbu tizimlarni yanada takomillashtirish, real vaqt rejimida ishlovchi global ekologik platformalarni yaratish va chuqur o‘rganish modellarini qo‘llash orqali yanada yuqori aniqlikka erishish mumkin bo‘ladi [11].

XULOSA. Ushbu tadqiqotda sun’iy intellekt (SI) va geografik axborot tizimlari (GIS) asosida havoning ifloslanish darajasini monitoring qilish tizimini ishlab chiqish masalasi o‘rganildi. Olib borilgan tahlil va muhokamalar shuni ko‘rsatdiki, an’anaviy ekologik monitoring usullari real vaqt rejimida keng hududlarni qamrab olish va murakkab ekologik jarayonlarni chuqur tahlil qilishda cheklovlarga ega. Shu sababli, zamonaviy raqamli texnologiyalarni integratsiya qilish zarurati ortib bormoqda. SI va GIS texnologiyalarini birlashtirish orqali havoning ifloslanish darajasini nafaqat aniqlash, balki uni prognoz qilish va fazoviy tahlil qilish imkoniyati ham sezilarli darajada oshadi. Sun’iy intellekt algoritmlari ekologik ma’lumotlar o‘rtasidagi murakkab bog‘liqliklarni aniqlashda samarali bo‘lsa, GIS tizimlari ushbu ma’lumotlarni hududiy kesimda vizualizatsiya qilish imkonini beradi. Natijada, ekologik monitoring jarayoni yanada aniq, tezkor va avtomatlashtirilgan shaklga ega bo‘ladi. Tadqiqot natijalari integratsiyalashgan SI–GIS tizimlari ekologik boshqaruvni takomillashtirish, ifloslanish manbalarini aniqlash va ekologik xavflarni kamaytirishda muhim ahamiyatga ega ekanligini tasdiqladi. Kelgusida ushbu tizimlarni yanada rivojlantirish orqali barqaror ekologik muhitni ta’minlashga erishish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim va ilmiy tadqiqotlar tizimi materiallari. (2022). Ekologik monitoringda raqamli texnologiyalarni qo‘llashning zamonaviy yondashuvlari. Toshkent: Ilmiy-texnik nashrlar.
2. Tabiiy fanlar va ekologiya sohasidagi ilmiy tadqiqotlar markazi. (2021). Geografik axborot tizimlari asosida ekologik jarayonlarni modellashtirish. Toshkent.

ISSN 3030-3907

3. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari va innovatsiyalar instituti. (2023). Sun’iy intellekt asosida ekologik ma’lumotlarni tahlil qilish va prognozlash metodlari. Toshkent.
4. O‘zbekiston Milliy universiteti ilmiy ishlari to‘plami. (2022). GIS va sun’iy intellekt integratsiyasi asosida ekologik boshqaruv tizimlari. Toshkent.
5. Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish ilmiy-tadqiqot instituti. (2020). Atmosfera havosi ifloslanishini monitoring qilishning zamonaviy usullari. Toshkent.
6. Fanlar akademiyasi huzuridagi Geoinformatika laboratoriyasi. (2023). Masofadan zondlash va GIS texnologiyalarining ekologik monitoringdagi roli. Toshkent.
7. Toshkent axborot texnologiyalari universiteti ilmiy jurnali. (2021). IoT va sensor tarmoqlari asosida real vaqt ekologik monitoring tizimlari. Toshkent.
8. O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya qo‘mitasi ilmiy axborotlari. (2024). Raqamli ekologik boshqaruv va sun’iy intellekt texnologiyalarining qo‘llanilishi. Toshkent.
9. Ilmiy-innovatsion tadqiqotlar markazi. (2022). IoT, GIS va AI integratsiyasiga asoslangan aqlli monitoring tizimlari. Toshkent.
10. Texnika universiteti ilmiy ishlari. (2023). Katta ma’lumotlar (Big Data) va mashinaviy o‘rganish asosida ekologik tahlil tizimlari. Toshkent.
11. O‘zbekiston Respublikasi innovatsion rivojlanish vazirligi ilmiy hisobotlari. (2024). Sun’iy intellekt asosida ekologik xavflarni prognoz qilish va boshqarish tizimlari. Toshkent.

ISSN 3030-3907