SUN’IY INTELLEKT ASOSIDA EKOLOGIK MA’LUMOTLARNI TAHLIL QILISH VA VIZUALLASHTIRISH UCHUN DASTURIY PLATFORMA MODELI

Matkarimova Yulduz
Nukus davlat texnika universiteti
yulduzmatkarimova815@gmail.com

Annotatsiya. *Maqolada ekologik ma’lumotlarni yig‘ish, qayta ishlash, tahlil qilish va foydalanuvchiga tushunarli shaklda taqdim etish jarayonlarini sun’iy intellekt texnologiyalari bilan birlashtiruvchi dasturiy platforma modeli taklif etiladi. Tadqiqotning dolzarbligi ekologik monitoringda ma’lumotlar hajmining ortib borishi, ularning turli manbalardan olinishi hamda tezkor tahlilga ehtiyoj mavjudligi bilan izohlanadi. Taklif etilayotgan model ma’lumotlarni qabul qilish va tozalash, saqlash, mashinaviy o‘qitish asosida tahlil qilish, prognozlash hamda natijalarni grafik va diagrammalar orqali vizuallashtirish modullaridan tashkil topadi. Maqolada platformaning funksional va mantiqiy arxitekturasi, ma’lumotlar oqimi, sun’iy intellektdan foydalanish bosqichlari hamda modelni baholash mezonlari ko‘rib chiqiladi. Yondashuv amaliy dasturiy mahsulot yaratish uchun konseptual asos bo‘lib xizmat qilishi va ekologik monitoring jarayonlarini raqamlashtirishga yordam berishi mumkin.*

Kalit so‘zlar: *sun’iy intellekt, ekologik monitoring, mashinaviy o‘qitish, ekologik ma’lumotlar, dasturiy platforma, ma’lumotlarni tahlil qilish, prognozlash, vizuallashtirish.*

Аннотация. *В статье предлагается модель программной платформы, объединяющей процессы сбора, обработки, анализа и визуализации экологических данных с технологиями искусственного интеллекта. Актуальность исследования обусловлена увеличением объёма экологических данных, их поступлением из различных источников и необходимостью оперативного анализа. Предлагаемая модель включает модули приёма и очистки данных, хранения, анализа на основе машинного обучения, прогнозирования и визуального представления результатов с помощью графиков и диаграмм. Рассматриваются функциональная и логическая архитектура платформы, поток данных, этапы применения искусственного интеллекта и критерии оценки модели. Предложенный подход может*

служить концептуальной основой для разработки программного продукта и способствовать цифровизации экологического мониторинга.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, экологический мониторинг, машинное обучение, экологические данные, программная платформа, анализ данных, прогнозирование, визуализация.*

Abstract. *The article proposes a software platform model that integrates the collection, preprocessing, analysis and visualization of environmental data with artificial intelligence technologies. The relevance of the study is determined by the growing volume of environmental data, the diversity of data sources and the need for timely analytical processing. The proposed model includes modules for data acquisition and cleaning, storage, machine-learning-based analysis, forecasting, and visual presentation of results through charts and dashboards. The paper discusses the functional and logical architecture of the platform, the data flow, the stages of artificial intelligence application, and the criteria for evaluating the model. The proposed approach can serve as a conceptual basis for developing a software product and contribute to the digitalization of environmental monitoring.*

Keywords: *artificial intelligence, environmental monitoring, machine learning, environmental data, software platform, data analysis, forecasting, visualization.*

KIRISH

Atrof-muhit holatini kuzatish va ekologik ma’lumotlarni ishonchli tahlil qilish barqaror rivojlanish uchun muhim axborot asosini tashkil etadi. Havo, suv, tuproq, chiqindilar, biologik xilma-xillik va boshqa ekologik ko‘rsatkichlar bo‘yicha muntazam kuzatuvlar turli manbalarda shakllanadi. Jahon sog‘liqni saqlash tashkilotining 2026-yilda yangilangan ambient havo sifati ma’lumotlar bazasi azot dioksidi (NO_2), PM_{10} va $PM_{2.5}$ kabi ko‘rsatkichlarning yer usti o‘lchovlarini jamlaydi va ma’lumotlarning sifatli, standartlashtirilgan monitoringi muhimligini ta’kidlaydi. [1]

Ekologik monitoringda ma’lumotlar hajmi va xilma-xilligining oshishi ularni faqat qo‘lda qayta ishlashdan ko‘ra avtomatlashtirilgan dasturiy vositalardan foydalanishni talab qiladi. An’anaviy monitoring usullarida o‘lchash, saqlash, qayta ishlash va hisobot tayyorlash jarayonlari alohida tizimlarda bajarilishi mumkin. Natijada ma’lumotlarni birlashtirish, o‘zgarishlarni tez aniqlash va prognozlashda qo‘shimcha vaqt sarflanadi.

Sun’iy intellektning rivojlanishi ekologik monitoring uchun yangi analitik imkoniyatlarni yaratmoqda. Ilmiy sharhlarda sun’iy intellekt yordamida ifloslanishni aniqlash, havo va suv sifatini monitoring qilish, prognozlash hamda

turli manbalardan olingan ma’lumotlarni birlashtirish yo‘nalishlari keng o‘rganilayotgani ko‘rsatilgan. [2; 3] Bunda mashinaviy o‘qitish algoritmlari katta hajmdagi ma’lumotlar orasidagi bog‘liqliklarni aniqlash va kelgusidagi ko‘rsatkichlarni bashorat qilish uchun qo‘llanishi mumkin.

Mazkur maqolaning maqsadi ekologik ma’lumotlarni yagona dasturiy muhitda qabul qilish, qayta ishlash, sun’iy intellekt asosida tahlil qilish va natijalarni vizual ko‘rinishda taqdim etishga mo‘ljallangan platformaning konseptual modelini ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqotda real ishlayotgan tayyor tizim natijalari emas, balki amaliy dasturiy mahsulotni yaratish uchun taklif etilayotgan arxitektura va metodik yondashuv asoslanadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Ekologik sohada sun’iy intellektdan foydalanish bo‘yicha tadqiqotlar so‘nggi yillarda sezilarli darajada kengaydi. “Artificial intelligence in environmental monitoring: Advancements, challenges, and future directions” nomli sharhda AI asosidagi usullar ifloslanishni aniqlash, real vaqt monitoringi, havo sifati prognozi va aqlli shaharlar kabi yo‘nalishlarda qo‘llanayotgani ko‘rsatilgan. Mualliflar AI ekologik monitoringning aniqligi va tezkorligini oshirish imkoniyatiga ega ekanini, biroq ma’lumotlar sifati va texnik cheklovlar kabi muammolar mavjudligini qayd etadi. [2]

Ekologik monitoringda sun’iy intellekt va ma’lumotlarni birlashtirish masalasiga bag‘ishlangan tadqiqotlarda sun’iy yo‘ldosh tasvirlari, masofadan zondlash ma’lumotlari va boshqa geoaxborot manbalarini mashinaviy o‘qitish yordamida qayta ishlash imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. Bunday yondashuvlar turli format va manbalardagi ma’lumotlardan mazmunli axborot ajratish imkonini beradi. Shu bilan birga, ma’lumotlar heterojenligi, modelni tushuntirish va hisoblash xarajatlari kabi masalalar dolzarb bo‘lib qolmoqda. [3]

Ekologik fazoviy ma’lumotlar bo‘yicha 2024-yilgi sharhda mashinaviy o‘qitish modellarini qo‘llashda fazoviy bog‘liqlikni hisobga olish muhimligi ko‘rsatilgan. Bu holat ekologik hodisalarni modellashtirishda oddiy algoritm tanlashning o‘zi yetarli emasligini, ma’lumotlarning makon va vaqt bo‘yicha xususiyatlarini ham hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi. [4]

Havo ifloslanishini monitoring qilish bo‘yicha tizimli sharhlarda IoT qurilmalari va mashinaviy o‘qitishning birgalikda qo‘llanishi ham o‘rganilgan. Sensorlardan olinadigan real vaqtga yaqin ma’lumotlarni mashinaviy o‘qitish modellari bilan birlashtirish ifloslanish ko‘rsatkichlarini prognozlash uchun istiqbolli yo‘nalish sifatida qaraladi. [5]

Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti ham havo sifati monitoringida uzluksiz va sifatli ma’lumot yig‘ish, ularni standartlashtirish hamda jamoatchilikka yetkazish muhimligini ta’kidlaydi. Tashkilot ma’lumotlarni modellashtirish va mashinaviy o‘qitish kabi zamonaviy usullarni havo ifloslanishini baholashda qo‘llash mumkinligini ko‘rsatadi. [6]

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, mavjud ishlarning muhim qismi alohida masalani — masalan, havo sifati prognozi, masofadan zondlash tasvirlarini tasniflash yoki suv sifatini baholashni — hal qilishga yo‘naltirilgan. Ushbu maqolada esa ekologik ma’lumotlar bilan ishlashning bir nechta bosqichlarini yagona dasturiy platforma modeli doirasida birlashtirish taklif qilinadi. Bu yondashuv Dasturiy injenering nuqtayi nazaridan tizim arxitekturasi, modullararo aloqa va foydalanuvchi uchun vizual analitika masalalarini birgalikda ko‘rib chiqish imkonini beradi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqot konseptual modellashtirish, tizimli tahlil va dasturiy arxitekturani loyihalash usullariga asoslanadi. Platforma modeli ekologik ma’lumotlarning kirish manbalari, ma’lumotlarni qayta ishlash qatlami, sun’iy intellekt qatlami, ma’lumotlarni saqlash qatlami va foydalanuvchi interfeysi o‘rtasidagi o‘zaro aloqani ifodalaydi.

Tadqiqotning birinchi bosqichida ekologik ma’lumotlarning ehtimoliy manbalari aniqlanadi. Ularga sensorlar, ochiq ma’lumotlar bazalari, laboratoriya o‘lchovlari, meteorologik ma’lumotlar va masofadan zondlash manbalari kirishi mumkin. Ma’lumotlarning kelib chiqishi, o‘lchov birligi, vaqt tamg‘asi va geografik koordinatalari saqlanishi platformaning keyingi tahlil bosqichlari uchun muhimdir.

Ikkinchi bosqichda ma’lumotlarni tayyorlash amalga oshiriladi. Bu jarayonda takroriy yozuvlarni aniqlash, yetishmayotgan qiymatlarni qayta ishlash, o‘lchov birliklarini birxillashtirish, noto‘g‘ri yoki keskin chetga chiqadigan qiymatlarni tekshirish hamda vaqt va hudud bo‘yicha ma’lumotlarni moslashtirish nazarda tutiladi. Sifatli oldindan qayta ishlash sun’iy intellekt modelining barqaror ishlashi uchun muhim hisoblanadi.

Uchinchi bosqichda mashinaviy o‘qitish modeli tanlanadi. Vazifaga qarab regressiya, klassifikatsiya yoki vaqt qatorlarini prognozlash algoritmlaridan foydalanish mumkin. Masalan, ekologik ko‘rsatkichning kelajakdagi qiymatini baholash regressiya vazifasi sifatida, ekologik holatni toifalarga ajratish esa klassifikatsiya vazifasi sifatida qaralishi mumkin.

To‘rtinchi bosqichda modelning natijalari baholanadi. Regressiya uchun MAE, RMSE va R^2 kabi ko‘rsatkichlardan, klassifikatsiya uchun aniqlik (accuracy),

precision, recall va F1-score kabi mezonlardan foydalanish mumkin. Model tanlashda faqat bitta ko‘rsatkichga emas, balki ma’lumotlarning turi, izohlanish imkoniyati va hisoblash xarajatlariga ham e’tibor berish lozim.

Beshinchi bosqichda tahlil natijalari foydalanuvchiga dashboard, jadval, grafik, diagramma yoki xarita ko‘rinishida taqdim etiladi. Shu orqali murakkab ekologik ma’lumotlarni mutaxassis bo‘lmagan foydalanuvchi uchun ham tushunarli shaklga keltirish maqsad qilinadi.

TAKLIF ETILAYOTGAN DASTURIY PLATFORMANING MODELI

Taklif etilayotgan platforma modulli arxitekturaga ega bo‘lishi rejalashtiriladi. Modulli yondashuv platformaning alohida qismlarini mustaqil ishlab chiqish, sinash va keyinchalik kengaytirish imkonini beradi. Platformaning umumiy ishlash zanjiri quyidagicha ifodalanadi:

1. Ma’lumot manbalari	2. Qabul qilish va tozalash	3. AI/ML analitik modul	4. Prognoz va baholash	5. Dashboard va vizuallashtirish
Sensorlar, ochiq bazalar, API, RS	Validatsiya, normalizatsiya, missing values	Regressiya, klassifikatsiya, vaqt qatori	Model metrikalari, prognoz, xavf signali	Grafik, jadval, xarita, hisobot

1-rasm. Ekologik ma’lumotlarni tahlil qiluvchi dasturiy platformaning konseptual oqimi.

Platformaning birinchi qatlami ma’lumotlarni qabul qilish uchun javob beradi. U tashqi API, fayllar, sensor qurilmalari yoki boshqa axborot tizimlaridan ma’lumot olishni ta’minlashi mumkin. Ikkinchi qatlamda ma’lumotlar sifat nazoratidan o‘tkaziladi. Uchinchi qatlam sun’iy intellekt algoritmlarini ishga tushiradi. To‘rtinchi qatlam model natijalarini baholaydi va prognozlarni shakllantiradi. Beshinchi qatlam esa foydalanuvchi bilan bevosita ishlaydi.

Platformaning muhim funksiyalaridan biri ekologik ma’lumotlarni vaqt va hudud bo‘yicha filtrlash imkonini berishdir. Masalan, foydalanuvchi ma’lum hudud va vaqt oralig‘ini tanlab, havo sifati yoki boshqa ekologik ko‘rsatkichlarning o‘zgarishini grafik orqali ko‘rishi mumkin. Agar yetarli tarixiy ma’lumot mavjud bo‘lsa, tizim tanlangan ko‘rsatkich uchun prognoz natijasini ham chiqarishi mumkin.

Sun’iy intellekt modulida modelni qayta o‘qitish imkoniyati ham ko‘zda tutilishi kerak. Yangi ma’lumotlar kelib tushgani sari modelning sifati qayta baholanadi. Bunda modelning eski va yangi natijalari solishtirilishi, aniqlik pasaygan taqdirda esa qayta o‘qitish jarayoni ishga tushirilishi mumkin.

Platforma xavfsizligi ham dasturiy injenering nuqtayi nazaridan muhim. Foydalanuvchilar uchun rollarga asoslangan kirish nazorati, ma’lumotlarni zaxiralash, audit jurnali, API kalitlarini himoyalash va ma’lumotlar almashinuvida xavfsiz protokollardan foydalanish kabi choralar rejalashtirilishi lozim.

PLATFORMANING FUNKSIONAL MODULLARI

Modul	Asosiy vazifasi	Kutiladigan natija
Ma’lumotlarni qabul qilish	API, fayl va sensorlardan ma’lumot olish	Yagona formatdagi kirish ma’lumotlari
Ma’lumotlarni tozalash	Yetishmayotgan, takroriy va xato qiymatlarni qayta ishlash	Tahlilga tayyor dataset
Ma’lumotlar ombori	Tarixiy va joriy ma’lumotlarni saqlash	Markazlashgan ekologik ma’lumotlar
AI/ML tahlil	Klassifikatsiya, regressiya yoki prognozlash	Tahliliy va prognoz natijalari
Vizualizatsiya	Grafik, jadval, xarita va dashboard	Tushunarli ko‘rinishdagi axborot
Hisobot	Natijalarni eksport qilish va hisobot yaratish	PDF/Excel yoki boshqa formatdagi hisobot

2-jadval. Platformaning asosiy funksional modullari.

SUN’IY INTELLEKT ALGORITMLARINI QO‘LLASH

Platformada algoritm tanlash ekologik masalaning turiga bog‘liq bo‘ladi. Agar maqsad ekologik ko‘rsatkichning kelajakdagi sonli qiymatini aniqlash bo‘lsa, regressiya modellaridan foydalanish mumkin. Agar obyekt yoki hududni ekologik holat toifalariga ajratish talab qilinsa, klassifikatsiya algoritmlari mos keladi. Vaqt bo‘yicha ketma-ket kuzatuvlar mavjud bo‘lganda vaqt qatori modellaridan foydalanish mumkin.

Mashinaviy o‘qitishdan foydalanishda ma’lumotlarni o‘qitish, validatsiya va test qismlariga ajratish muhim. Model faqat o‘qitish ma’lumotlarida yuqori natija ko‘rsatishi yetarli emas; u ilgari ko‘rmagan ma’lumotlarda ham barqaror ishlashi kerak. Ekologik fazoviy ma’lumotlarda hududiy bog‘liqliklar mavjud bo‘lishi mumkinligi sababli validatsiya usulini tanlashda ushbu xususiyat ham hisobga olinadi. [4]

AI modelining natijasini foydalanuvchiga tushuntirish ham muhim. Ekologik boshqaruvga tegishli tizimlarda faqat prognoz qiymatini ko‘rsatish o‘rniga, modelga ta’sir qilgan asosiy omillar, ishonchlilik darajasi yoki noaniqlik oralig‘i haqida ma’lumot berish foydali bo‘lishi mumkin. Shu sababli platformaning keyingi

rivojlanish bosqichlarida tushuntiriladigan sun’iy intellekt (Explainable AI) yondashuvlarini qo‘llash rejalashtirilishi mumkin.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Ushbu tadqiqotning asosiy natijasi ekologik ma’lumotlar bilan ishlash jarayonlarini yagona dasturiy platformaga birlashtiruvchi konseptual modelning ishlab chiqilganidir. Model ma’lumotlarni qabul qilishdan boshlab, ularni tozalash, saqlash, sun’iy intellekt asosida tahlil qilish va foydalanuvchiga vizual shaklda taqdim etishgacha bo‘lgan bosqichlarni qamrab oladi.

Taklif etilayotgan arxitekturaning asosiy afzalligi — ekologik ma’lumotlar bilan ishlashning alohida jarayonlarini yagona tizimga bog‘lashdir. Bu yondashuv kelajakda turli manbalardan keladigan ma’lumotlarni umumiy formatga keltirish, bir nechta analitik algoritmlarni taqqoslash va natijalarni bitta interfeysda ko‘rsatish imkonini beradi. Ilmiy adabiyotlarda ham turli va heterojen ekologik ma’lumot manbalarini birlashtirish AI asosidagi monitoringning muhim yo‘nalishlaridan biri sifatida qayd etilgan. [2; 3]

Modelning yana bir muhim jihati — platformani turli ekologik yo‘nalishlarga moslashtirish imkoniyatidir. Dastlab havo sifati ma’lumotlari bilan ishlaydigan tizim sifatida yaratilgan platforma keyinchalik suv sifati, tuproq ko‘rsatkichlari yoki chiqindilar monitoringi uchun kengaytirilishi mumkin. Buning uchun ma’lumotlar modeli va analitik modullarni parametrlar orqali moslashtirish talab etiladi.

Shu bilan birga, platformaning real samaradorligini faqat konseptual model asosida baholab bo‘lmaydi. Amaliy bosqichda real ekologik dataset tanlanishi, ma’lumotlarning sifati tekshirilishi, kamida ikki yoki undan ortiq algoritm sinovdan o‘tkazilishi va natijalar tegishli metrikalar orqali taqqoslanishi lozim. Bu maqolada soxta eksperimental natijalarni kiritmaslik uchun ushbu bosqichlar kelgusidagi amaliy tadqiqot sifatida belgilanadi.

Platformani ishlab chiqishda texnik jihatdan Python dasturlash tili, ma’lumotlarni saqlash uchun PostgreSQL kabi ma’lumotlar bazasi, mashinaviy o‘qitish uchun scikit-learn yoki boshqa mos kutubxonalar, vizualizatsiya uchun web-dashboard texnologiyalaridan foydalanish mumkin. Aniq texnologik stek kelgusidagi tajriba bosqichida ma’lumotlar hajmi, model turi va server infratuzilmasiga qarab tanlanadi.

Ekologik monitoringda ma’lumotlarning sifati alohida ahamiyatga ega. WHO ma’lumotlar bazasida ham o‘lchov metodologiyalari va ma’lumotlarning to‘liqligi hududlararo taqqoslashlarga ta’sir qilishi qayd etilgan. [1] Shu sababli taklif etilayotgan platformada ma’lumot manbasi, vaqt, o‘lchov birligi va sifat holatini saqlovchi metadata mexanizmini joriy etish maqsadga muvofiq.

AMALIY QO‘LLASH IMKONIYATLARI

Taklif etilayotgan platforma modeli ekologik monitoring markazlari, ta’lim va ilmiy tadqiqot muassasalari, mahalliy boshqaruv organlari hamda ekologik ma’lumotlar bilan ishlovchi tashkilotlar uchun moslashtirilishi mumkin. Platforma foydalanuvchiga murakkab datasetni bevosita ko‘rib chiqish o‘rniga tayyor grafiklar, indikatorlar va prognozlarni ko‘rish imkonini beradi.

Ta’lim jarayonida platforma magistrantlar va talabalar uchun amaliy laboratoriya muhiti sifatida ham ishlatilishi mumkin. Masalan, talabalar bitta ekologik datasetni turli mashinaviy o‘qitish algoritmlari bilan tahlil qilib, model natijalarini solishtirishlari mumkin. Bu dasturiy injenering, ma’lumotlar tahlili va ekologiya yo‘nalishlari o‘rtasidagi fanlararo aloqani kuchaytiradi.

O‘zbekiston sharoitida platformaning keyingi bosqichi sifatida ochiq ekologik ma’lumotlar va mahalliy monitoring ma’lumotlarini yagona formatga keltirish masalasi alohida o‘rganilishi mumkin. Bunda hududiy xususiyatlar, meteorologik omillar va ma’lumotlarning mavjudlik darajasi hisobga olinishi kerak. Amaliy tadqiqot natijalari platformaning aniq bir hudud yoki ekologik ko‘rsatkich uchun moslashtirilishiga imkon beradi.

XULOSA

Tadqiqotda sun’iy intellekt asosida ekologik ma’lumotlarni tahlil qilish va vizuallashtirishga mo‘ljallangan dasturiy platformaning konseptual modeli taklif qilindi. Model ma’lumotlarni qabul qilish, tozalash, saqlash, mashinaviy o‘qitish yordamida tahlil qilish, prognozlash va natijalarni vizual taqdim etish bosqichlarini yagona tizimga birlashtiradi.

Adabiyotlar tahlili AI texnologiyalarining ekologik monitoring, ifloslanishni aniqlash, havo va suv sifatini baholash hamda masofadan zondlash ma’lumotlarini tahlil qilishdagi imkoniyatlarini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, ma’lumotlar sifati, turli manbalarni birlashtirish, modelni to‘g‘ri validatsiya qilish va natijalarni izohlash kabi masalalar platforma ishlab chiqishda alohida e’tibor talab qiladi.

Taklif etilgan modelning amaliy ahamiyati ekologik ma’lumotlarni yagona raqamli muhitda boshqarish va tahlil qilish imkoniyatini yaratishdan iborat. Kelgusidagi tadqiqotlarda real ekologik dataset asosida platformaning prototipini ishlab chiqish, bir nechta mashinaviy o‘qitish algoritmlarini sinash, ularning aniqligini statistik mezonlar orqali baholash hamda foydalanuvchi interfeysining samaradorligini tajribaviy tekshirish rejalashtiriladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. World Health Organization. WHO Ambient Air Quality Database (Version 8.0). Geneva: WHO, 2026.

2. Artificial intelligence in environmental monitoring: Advancements, challenges, and future directions // Heliyon. 2024. Vol. 12. Article 100114. DOI: 10.1016/j.heha.2024.100114.

3. Using artificial intelligence and data fusion for environmental monitoring: A review and future perspectives // Information Fusion. 2022. DOI: 10.1016/j.inffus.2022.03.005.

4. Adapting machine learning for environmental spatial data – A review // Ecological Informatics. 2024. Vol. 81. Article 102634. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2024.102634.

5. Applications of machine learning & Internet of Things for outdoor air pollution monitoring and prediction: A systematic literature review // Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2024. Vol. 137. Part B. Article 109182. DOI: 10.1016/j.engappai.2024.109182.

6. World Health Organization. Overview of methods to assess population exposure to ambient air pollution. Geneva: WHO, 2023.

7. Recent applications of AI to environmental disciplines: A review // Science of The Total Environment. 2024. Vol. 906. Article 167705.

8. Artificial intelligence and Eddy covariance: A review // Science of The Total Environment. 2024. Vol. 950. Article 175406.