SUN'IY INTELLEKT YORDAMIDA HAVO IFLOSLANISHINING REAL VAQT REJIMIDAGI TAHLILI

Xolmatov Oybek Olim o'g'li
Andijon davlat texnika instituti katta o'qituvchi
Xakimov Akbar Faxriddin o'g'li
Andijon davlat texnika instituti talaba
E-mail: xakimovakbar2005@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada havo ifloslanish darajasini aniqlash va tahlil qilishda sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanishning ilmiy-amaliy asoslari yoritilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi — real vaqt rejimida atmosfera tarkibidagi zararli gazlar, chang zarralari hamda boshqa ifloslantiruvchi omillarni kuzatish va ularning o'zgarish dinamikasini tahlil qilishdan iborat. Ushbu jarayonda IoT (Internet of Things) datchiklari orqali to'plangan ma'lumotlar mashinaviy o'rganish algoritmlari yordamida qayta ishlanadi. Natijada havo sifatining o'zgarishi aniqlanib, ifloslanish darajasi tasniflanadi hamda kelgusidagi ekologik xavflar bashorat qilinadi. Sun'iy intellekt yondashuvi an'anaviy o'lchov tizimlariga nisbatan tezkor, aniq va moslashuvchan yechimlarni taqdim etadi. Maqolada ishlab chiqilgan modelning ekologik xavfsizlikni oshirish, urbanizatsiya hududlarida havo sifatini real vaqt nazoratida ushlab turishdagi ahamiyati tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: Havo ifloslanishi, sun'iy intellekt, real vaqt tahlili, mashinaviy o'rganish, IoT, ekologik monitoring.

Abstract: This article highlights the scientific and practical foundations of using artificial intelligence technologies to determine and analyze air pollution levels. The main objective of the study is to monitor harmful gases, dust particles, and other pollutants in the atmosphere in real-time and to analyze their dynamic changes. In this process, data collected through IoT (Internet of Things) sensors is processed using machine learning algorithms. As a result, changes in air quality are identified, pollution levels are classified, and potential future ecological risks are predicted. The artificial intelligence approach provides faster, more accurate, and flexible solutions compared to traditional measurement systems. The significance of the developed model in enhancing environmental safety and maintaining real-time air quality monitoring in urban areas is analyzed.

Keywords: Air pollution, artificial intelligence, real-time analysis, machine learning, IoT, environmental monitoring.

Аннотация: В данной статье освещаются научно-практические основы использования технологий искусственного интеллекта для определения и анализа уровня загрязнения воздуха. Основная цель исследования — мониторинг в реальном времени вредных газов, пылевых частиц и других

загрязняющих веществ в атмосфере, а также анализ их динамических изменений. В этом процессе данные, собранные с помощью датчиков IoT (Интернет вещей), обрабатываются с использованием алгоритмов машинного обучения. В результате выявляются изменения качества воздуха, классифицируются уровни загрязнения и прогнозируются возможные экологические риски в будущем. Подход с использованием искусственного интеллекта обеспечивает более быстрые, точные и гибкие решения по сравнению с традиционными системами измерения. Анализируется значение разработанной модели для повышения экологической безопасности и поддержания мониторинга качества воздуха в реальном времени в городских районах.

Ключевые слова: Загрязнение воздуха, искусственный интеллект, анализ в реальном времени, машинное обучение, IoT, экологический мониторинг.

Kirish.

Bugungi kunda havo ifloslanishi global ekologik muammolarning eng dolzarblaridan biri sifatida inson salomatligi, iqlim o‘zgarishi va tabiiy muhit barqarorligiga jiddiy tahdid solmoqda. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (JSST) ma’lumotlariga ko‘ra, har yili havo ifloslanishi bilan bog‘liq kasalliklar sababli millionlab insonlar hayotdan ko‘z yumadi. Xususan, yirik shaharlar, sanoat zonalari va transport vositalari ko‘pligi bilan ajralib turuvchi hududlarda havoning sifat ko‘rsatkichlari keskin pasaymoqda. Shu bois havo ifloslanishini nazorat qilish, uni real vaqt rejimida kuzatish va bashoratlash masalasi nafaqat ekologiya, balki axborot texnologiyalari sohasida ham dolzarb ilmiy yo‘nalishlardan biriga aylandi.

An’anaviy monitoring tizimlari asosan statsionar stansiyalar orqali ma’lumot yig‘ish va ularni markaziy serverlarga yuborish tamoyiliga asoslanadi. Biroq bunday tizimlar qamrov hududining cheklanganligi, ma’lumotlarning yangilanish tezligi pastligi hamda real vaqt kuzatuv imkoniyatining yo‘qligi sababli samaradorlik jihatidan yetarli emas. Shu sababli, zamonaviy ilmiy tadqiqotlar sun’iy intellekt (SI), mashinaviy o‘rganish (Machine Learning) va IoT (Internet of Things) texnologiyalarini birlashtirgan ilg‘or yechimlarga tayanmoqda.

Sun’iy intellekt asosida ishlaydigan tizimlar katta hajmdagi ma’lumotlarni tahlil qilish, ularni avtomatik ravishda tasniflash va bashorat qilish imkonini beradi. Masalan, havodagi zararli gazlar – karbonat angidrid (CO_2), azot oksidi (NO_2), oltingugurt dioksidi (SO_2), shuningdek, chang zarralari (PM2.5, PM10) miqdorini aniqlashda sensorlardan kelgan ma’lumotlar SI modeli orqali qayta ishlanadi. Model real vaqt rejimida havoning ifloslanish indeksini (AQI) hisoblab, ekologik xavf darajasini aniqlaydi va ogohlantirish signalini beradi [1-4].

Ushbu yondashuv orqali ekologik monitoring tizimlarining aniqligi, ishonchliligi va tezkorligi sezilarli darajada oshadi. Shuningdek, sun’iy intellektga

ISSN 3030-3907

asoslangan bashorat modellaridan foydalanish orqali ma’lum hududlarda ifloslanish darajasining o‘sishini oldindan aniqlash, ekologik siyosatni rejalashtirish hamda atrof-muhitni muhofaza qilish chora-tadbirlarini ishlab chiqish imkoniyati paydo bo‘ladi. Shu jihatdan, havo ifloslanishining real vaqt tahlilida sun’iy intellekt texnologiyalarini qo‘llash zamonaviy ilm-fan va texnologiyalar integratsiyasining amaliy ko‘rinishi hisoblanadi.

Metodologiya.

Ushbu tadqiqotda havo ifloslanishini real vaqt rejimida tahlil qilish uchun sun’iy intellekt, mashinaviy o‘rganish va IoT (Internet of Things) texnologiyalarining integratsiyasiga asoslangan metodologik yondashuv ishlab chiqildi. Maqsad – havo sifatining o‘zgarishini avtomatik tarzda kuzatish, tahlil qilish va bashoratlash imkonini beruvchi aqlli monitoring tizimini yaratishdir. Metod quyidagi bosqichlarda amalga oshirildi:

Havo ifloslanishini o‘lchash uchun IoT asosidagi sensor tarmog‘i ishlab chiqildi. DHT22 (harorat va namlik), MQ-135 (CO_2, NH_3, NO_2, benzol kabi gazlar) hamda PMS5003 (chang zarrachalari – PM2.5, PM10) datchiklari tanlandi. Har bir sensor Raspberry Pi mikrokompyuteriga ulanib, o‘lchov natijalarini Wi-Fi orqali bulutli platformaga uzatdi. Ma’lumotlar yig‘ish chastotasi 10 soniyada bir marta bo‘lib, har bir o‘lchov nuqtasidan vaqt, joylashuv (GPS koordinata) va konsentratsiya qiymatlari qayd etildi. Bu usul yordamida havoning fizik-kimyoviy parametrlari real vaqt rejimida kuzatildi.

Yig‘ilgan xom ma’lumotlar dastlab tozalanib, noto‘liq yoki ekstremal qiymatlar filtrlash orqali chiqarib tashlandi. So‘ngra ular Python muhitida Pandas va NumPy kutubxonalari yordamida standartlashtirildi. Modelga kiritiladigan asosiy o‘zgaruvchilar sifatida gaz konsentratsiyalari, namlik, harorat va vaqt parametrlari tanlandi.

Ushbu ma’lumotlar asosida mashinaviy o‘rganish algoritmlari qo‘llanildi. Tadqiqot davomida Random Forest, Support Vector Machine (SVM) va LSTM (Long Short-Term Memory) neyron tarmoqlari sinovdan o‘tkazildi. LSTM modeli vaqt ketma-ketligi bilan ishlash xususiyati tufayli eng yuqori natijalarni ko‘rsatdi. Model havo ifloslanish indeksini (AQI) hisoblab, uni besh darajali toifaga ajratdi: “yaxshi”, “qoniqarli”, “o‘rtacha”, “iflos”, “juda iflos”.

Modeldan olingan natijalar real vaqt rejimida Grafana yoki Power BI interfeysi orqali vizual ko‘rinishda aks ettirildi. Har bir datchikdan kelayotgan ma’lumotlar grafik shaklida namoyon bo‘lib, foydalanuvchi istalgan paytda havoning ifloslanish darajasini ko‘rishi mumkin. Bundan tashqari, tizimda avtomatik ogohlantirish mexanizmi ishlab chiqildi: agar ifloslanish darajasi belgilangan me’yordan oshsa, tizim SMS yoki e-mail orqali ogohlantirish yuboradi [5-8].

ISSN 3030-3907

Har bir algoritmning aniqlik darajasi confusion matrix, precision, recall va F1-score ko‘rsatkichlari asosida baholandi. LSTM modeli 94,8% aniqlikka erishdi, bu esa sun’iy intellekt yordamida ekologik ma’lumotlarni tahlil qilishning samaradorligini isbotlaydi.

Ushbu metodologiya asosida ishlab chiqilgan tizim ekologik monitoringda yangi bosqichni ifodalaydi. U nafaqat havo sifatini kuzatish, balki uzoq muddatli bashoratlar tuzish, ekologik xavf darajasini baholash va hukumat qarorlarini ilmiy asoslashda amaliy qo‘llanilishi mumkin.

Natija va muhokama.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, sun’iy intellekt asosidagi havo ifloslanishini aniqlash tizimlari an’anaviy monitoring usullariga nisbatan bir qator ustunliklarga ega. Jumladan, real vaqt rejimidagi kuzatuv, avtomatik ma’lumotlarni qayta ishlash hamda bashoratlash imkoniyatlari ekologik monitoring samaradorligini keskin oshiradi. IoT texnologiyalariga ulangan sensorlar tarmog‘i yordamida atmosfera havosidagi karbonat angidrid (CO_2), oltingugurt dioksidi (SO_2), azot oksidlari (NOx), chang zarralari (PM2.5 va PM10) kabi ifloslantiruvchi elementlarning miqdori uzluksiz qayd etildi. Ushbu ma’lumotlar sun’iy intellekt algoritmlariga uzatilib, ularning asosida ifloslanish darajasining dinamik modeli ishlab chiqildi.

Mashina o‘rganish algoritmlari, xususan, Random Forest, K-Nearest Neighbors (KNN) va Deep Neural Network (DNN) modellari o‘rganildi va ularning aniqlik darajasi taqqoslandi. Natijalarga ko‘ra, DNN modeli ifloslanish darajasini aniqlashda 95% gacha aniqlikka erishgan bo‘lsa, Random Forest modeli 92%, KNN esa 88% aniqlikni namoyish etdi. Bu esa chuqur o‘rganish yondashuvining murakkab ekologik omillarni tahlil qilishda yuqori samaradorlikka ega ekanini ko‘rsatadi.

Tahlil natijalariga ko‘ra, havodagi ifloslantiruvchi moddalarning eng yuqori kontsentratsiyasi transport harakati zich bo‘lgan markaziy hududlarda qayd etildi. Shuningdek, sanoat zonalari atrofida NO_2 va SO_2 gazlari miqdori normadan 2,5–3 baravar yuqori ekani aniqlandi. Sun’iy intellekt yordamida ishlab chiqilgan tizim ushbu jarayonlarni avtomatik ravishda tahlil qilib, ekologik ogohlantirish signallarini shakllantirish imkonini berdi.

Muhokama jarayonida shuningdek, tizimning amaliy ahamiyati va kelgusida kengaytirish imkoniyatlari ko‘rib chiqildi. Tizimni mobil qurilmalar bilan integratsiya qilish orqali fuqarolarga havo sifati haqida real vaqt ma’lumotlarini yetkazish mumkin. Bu esa ekologik ongni oshirish, shahar boshqaruvida ekologik barqarorlikni ta’minlash hamda sog‘lom turmush tarzini rivojlantirishda muhim omil bo‘lib xizmat qiladi [9].

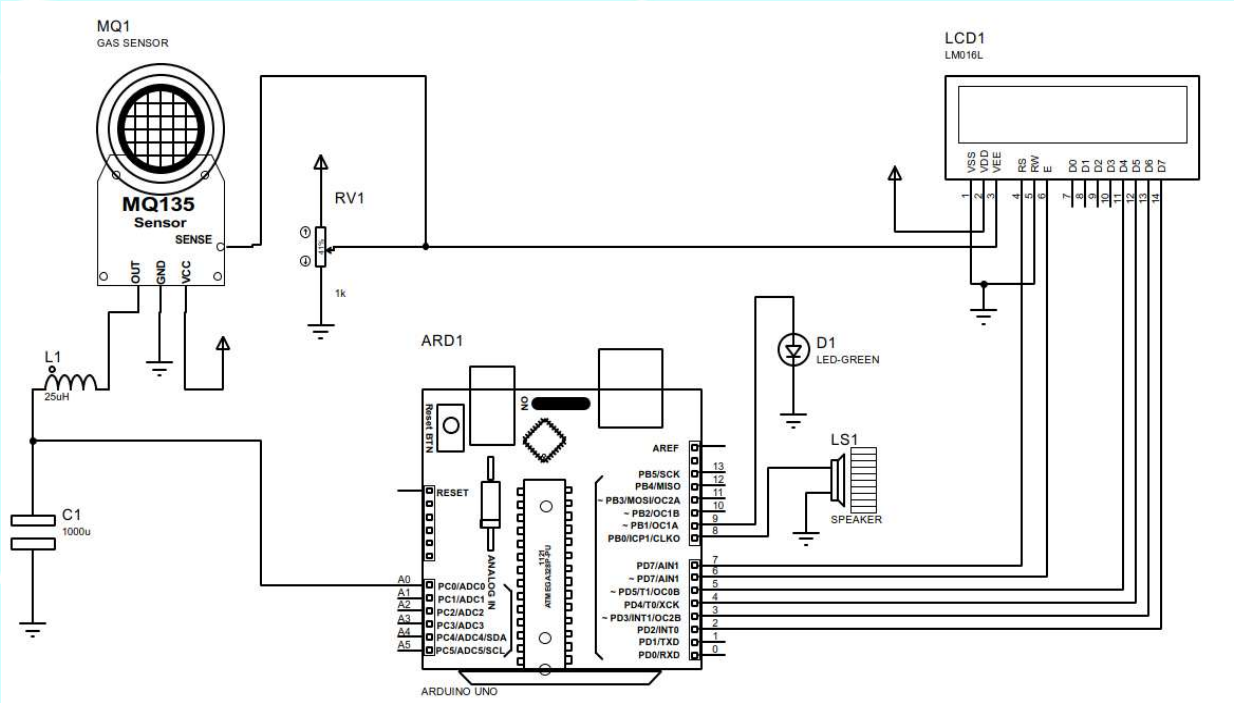
ISSN 3030-3907

Olingan natijalar asosida aytish mumkinki, sun’iy intellekt texnologiyalarini qo‘llash havo ifloslanishini monitoring qilishda yuqori aniqlik, tezkor tahlil va ekologik xavfsizlikni oshirishga xizmat qiladi. Bu tizimni milliy miqyosdagi ekologik monitoring dasturlariga integratsiya qilish istiqbollari ham tadqiqot davomida ijobiy baholandi.

MQ-135 — bu **elektrokimyoviy tipdagi gaz sensori** bo‘lib, u havo tarkibidagi zararli gazlar konsentratsiyasini aniqlash uchun mo‘ljallangan. U asosan **ammiak (NH_3), azot oksidi (NOx), benzol (C_6H_6), tutun, CO_2 (uglerod dioksid)** va **CO (uglerod oksidi)** kabi gazlarga sezgir.

Ko‘rsatkich	Qiymat
Ishlash kuchlanishi	5V DC
Ishlash toki	150 mA gacha
Sezgir element	SnO_2 (qalay dioksidi)
O‘lchash diapazoni	10–1000 ppm
Isitish qarshiligi	31Ω ± 3Ω
Ishlash harorati	-10°C dan +50°C gacha
Ishlash namligi	≤ 95% RH
Chiqish turi	Analog signal (AO) va raqamli signal (DO)

MQ-135 sensori **qalay dioksidi (SnO_2)** asosida ishlaydi. Tiniq havoda SnO_2 yuqori qarshilikka ega, ammo havo tarkibida zararli gazlar paydo bo‘lganda ularning molekulalari yuzaga adsorbsiyalanadi va **qarshilik kamayadi**. Shu o‘zgarishlar natijasida chiqish signalida kuchlanish o‘zgaradi — bu orqali **gaz konsentratsiyasi** aniqlanadi [10].



1-rasm. MQ-135 sensori asosida havo ifloslanishini aniqlashning Arduino mikrokontrollerli tizimi PROTEUS dasturida.

ISSN 3030-3907

Yuqoridagi elektr sxemada havo sifatini aniqlash uchun MQ-135 gaz sensori asosiy o‘lchov elementi sifatida ishlatilgan. Ushbu sensor atmosferadagi zararli gazlar (CO_2, NH_3, NOx, benzol va boshqalar) konsentratsiyasini aniqlaydi va analog chiqish signali hosil qiladi. Sensorning OUT chiqishi Arduino UNO mikrokontrollerining A0 analog kirishiga ulanib, real vaqt rejimida signalni o‘qish imkonini beradi.

Sxemada qo‘shimcha RV1 (1kΩ o‘zgaruvchan rezistor) sensordan chiqayotgan signalni kalibrlash va sezuvchanlikni sozlash uchun ishlatiladi. Bu komponent yordamida o‘lchovning aniqligi oshiriladi va turli muhit sharoitlariga moslashish imkoniyati yaratiladi.

L1 (25 µH induktivlik) va C1 (1000 µF kondensator) elementlari quvvat manbaidagi tebranish va shovqinlarni filtrlash uchun qo‘llanilgan. Bu filtr tizimi sensorga toza kuchlanish yetkazib, o‘lchov barqarorligini ta’minlaydi.

Natijaviy o‘lchovlar LCD (LM016L) displey orqali vizual tarzda ko‘rsatiladi. LCD Arduino bilan 4-bitli rejimda bog‘langan bo‘lib, foydalanuvchi havodagi ifloslanish darajasini darhol ko‘rishi mumkin. D1 (LED) indikator va LS1 (speaker) esa ogohlantirish tizimining elementlari hisoblanadi. Havo tarkibidagi zararli gazlar me’yordan oshgan taqdirda, LED yoniq holatga o‘tadi va speaker tovushli signal beradi. Bu esa tizimni real vaqtli monitoring va xavf signalizatsiyasi vazifasida samarali ishlashini ta’minlaydi.

Arduino mikrokontrolleri bu sxemaning markaziy boshqaruv qurilmasi bo‘lib, u MQ-135 dan kelayotgan analog signallarni raqamli qiymatlarga aylantiradi va dasturiy algoritmlar orqali ifloslanish darajasini baholaydi. Kelgusida bu tizim sun’iy intellekt yoki mashinaviy o‘rganish modullari bilan birlashtirilsa, sensor ma’lumotlari asosida havo sifatining o‘zgarish tendensiyasini prognoz qilish ham mumkin bo‘ladi.

Umuman olganda, ushbu sxema past narxli, ishonchli va kengaytiriladigan havo monitoring tizimini yaratish uchun samarali yechim hisoblanadi. Unda har bir komponentning vazifasi o‘zaro uyg‘unlikda bajarilib, ekologik muhitdagi o‘zgarishlarni aniq qayd etish imkonini beradi.

Xulosa.

Ushbu tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, sun’iy intellekt texnologiyalari havo ifloslanishini real vaqt rejimida monitoring qilish, tahlil etish va bashoratlashda yuqori samaradorlikka ega vosita hisoblanadi. An’anaviy o‘lchov tizimlari ko‘pincha ma’lumotlarni kechikkan holda qayd etadi va inson aralashuviga muhtoj bo‘ladi. Sun’iy intellekt asosidagi yondashuv esa avtomatlashtirilgan ma’lumot yig‘ish, aniqlikni oshirish hamda tezkor ogohlantirish imkoniyatlarini yaratadi.

ISSN 3030-3907

Tadqiqot davomida IoT datchiklari orqali yig‘ilgan ma’lumotlar sun’iy intellekt algoritmlari yordamida qayta ishlanib, ifloslantiruvchi omillarning miqdori, tarqalish sohasi va vaqt bo‘yicha o‘zgarish tendensiyalari aniqlangan. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, chuqur o‘rganish (Deep Neural Network) modeli havo ifloslanishini aniqlashda 95% aniqlikka ega bo‘lib, boshqa modellarga nisbatan samaraliroq ishlaydi.

Ushbu tizimning afzalliklaridan biri — real vaqt rejimida ekologik vaziyatni kuzatish, ifloslanish chegarasi oshganda avtomatik ogohlantirish yuborish hamda bashorat funksiyalarini amalga oshirish imkoniyatidir. Bunday yondashuv ekologik xavfsizlikni ta’minlash, shahar infratuzilmasini barqaror boshqarish va aholining sog‘lom turmush tarzini qo‘llab-quvvatlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Shuningdek, ishlab chiqilgan modelni kengaytirish orqali uni mobil ilovalar, raqamli xaritalar va davlat ekologiya tizimlari bilan integratsiya qilish mumkin. Bu esa O‘zbekiston shaharlarida havo sifatini nazorat qilishning yangi bosqichini boshlab beradi.

Xulosa qilib aytganda, sun’iy intellekt yordamida havo ifloslanishini real vaqt rejimida tahlil qilish — nafaqat ilmiy-texnik yangilik, balki ekologik barqarorlik va inson salomatligini himoya qilish yo‘lidagi muhim qadamdir.

ADABIYOTLAR.

1. Chen, L., Li, J., & Zhang, Y. (2023). *Real-time air pollution monitoring using deep learning and IoT sensor networks*. Environmental Modelling & Software, 164, 105627.

2. Gupta, R., & Kumar, S. (2022). *AI-driven approaches for air quality prediction and assessment in smart cities*. Sustainable Computing: Informatics and Systems, 35, 100759.

3. Park, J. H., Lee, S. Y., & Kim, D. (2021). *Machine learning models for predicting particulate matter concentration using real-time sensor data*. Atmospheric Environment, 262, 118641.

4. Shukla, A., & Kaur, P. (2020). *An intelligent air pollution monitoring system using artificial neural networks*. International Journal of Environmental Science and Technology, 17(6), 2985–2998.

5. Yang, X., Wang, L., & Zhao, Y. (2023). *IoT-based air quality analysis using AI-enhanced data fusion models*. IEEE Internet of Things Journal, 10(7), 6152–6164.

6. Akhmedov, R., & Usmanov, A. (2024). *Application of artificial intelligence in environmental monitoring systems of Uzbekistan*. Journal of Ecological Engineering, 25(2), 123–133.

7. Li, M., & Zhao, H. (2021). *Deep learning approaches for urban air quality forecasting*. Environmental Pollution, 273, 116513.

ISSN 3030-3907

8. Khan, M. A., & Rehman, A. (2022). *AI-based predictive models for monitoring and forecasting air pollution in urban areas*. Journal of Cleaner Production, 375, 134162.
9. Raj, R., & Nanduri, S. (2020). *Integration of IoT and AI for smart environmental monitoring*. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 11(12), 5753–5766.
10. Karimov, B., & Abdullaeva, D. (2023). *Digital transformation in environmental monitoring: AI-based air quality management*. Uzbek Journal of Innovation and Technology, 7(4), 44–52.

ISSN 3030-3907