

Scottish International Conference on Multidisciplinary Research and Innovation – SICMRI 2026

SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA O'ZBEKISTONDA ATMOSFERA HAVOSI IFLOSLANISHINI MONITORING QILISH VA PROGNOZLASH IMKONIYATLARI

Mirzoidova Gulchexra Nodirbek qizi

O'zbekiston Milliy Universiteti

tulaevaggg@icloud.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.21977591>

Annotatsiya: Mazkur tezisda O'zbekiston hududida atmosfera havosi ifloslanishini monitoring qilish va uning kelajakdagi holatini prognozlashda sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish imkoniyatlari tahlil qilinadi. Havo sifatining yomonlashuvi inson salomatligi, ekotizimlar barqarorligi va shaharlarning ekologik xavfsizligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. An'anaviy monitoring tizimlari ko'pincha cheklangan hudud va vaqt oralig'ida ma'lumot taqdim etishi sababli katta hajmdagi real vaqt ma'lumotlarini qayta ishlash, ifloslanish manbalarini aniqlash va kelajakdagi holatni oldindan baholashda zamonaviy raqamli yondashuvlarga ehtiyoj ortmoqda. Sun'iy intellekt, mashinali o'qitish, chuqur o'rganish, masofadan zondlash va IoT texnologiyalarining integratsiyasi havo sifatini yuqori aniqlikda monitoring qilish hamda prognozlash imkonini beradi. Tezisda O'zbekiston sharoitida PM2.5, PM10, NO₂, SO₂, CO va O₃ kabi asosiy ifloslantiruvchi moddalarni kuzatish, meteorologik omillar bilan bog'liqligini aniqlash va sun'iy intellekt asosidagi prognoz modellarini yaratishning ilmiy-amaliy jihatlarini yoritilgan.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, atmosfera havosi, havo ifloslanishi, monitoring, prognozlash, mashinali o'qitish, neyron tarmoqlar, PM2.5, PM10, IoT, masofadan zondlash, ekologik monitoring.

Kirish. Atmosfera havosining ifloslanishi bugungi kunda global ekologik muammolardan biri hisoblanadi. Sanoat korxonalari, avtomobil transporti, energetika tizimlari, qurilish ishlari, qishloq xo'jaligi faoliyati va tabiiy changlanish jarayonlari atmosfera tarkibiga turli xil gazlar hamda qattiq zarrachalarning chiqarilishiga sabab bo'ladi. Ayniqsa, PM2.5 va PM10 kabi mayda dispers zarrachalar inson organizmiga chuqur kirib borishi va yurak-qon tomir hamda nafas olish tizimlariga salbiy ta'sir ko'rsatishi bilan xavflidir [1, 2]. O'zbekiston sharoitida atmosfera havosi sifatini monitoring qilish masalasi urbanizatsiya, avtomobillar sonining ko'payishi, sanoat ishlab chiqarishining rivojlanishi, energetikaga bo'lgan talabning ortishi va ayrim hududlarda tabiiy chang ko'tarilishining kuchayishi bilan yanada dolzarb bo'lib bormoqda. Toshkent shahri va boshqa yirik aholi punktlarida transport oqimlarining yuqoriligi, isitish mavsumida yoqilg'i yoqilishi hamda meteorologik sharoitlarning o'zgarishi havo sifatiga ta'sir ko'rsatuvchi muhim omillar hisoblanadi. An'anaviy ekologik monitoring usullarida maxsus stansiyalar va laboratoriya tahlillaridan foydalaniladi. Ushbu yondashuvlar yuqori aniqlikka ega bo'lsa-da, barcha hududlarni uzluksiz va real vaqt rejimida qamrab olish imkoniyati cheklangan. Shu sababli so'nggi yillarda sensorlar tarmoqlari, sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari, meteorologik kuzatuvlar va sun'iy intellekt algoritmlarini birlashtirishga asoslangan yondashuvlar keng rivojlanmoqda [3]. Sun'iy intellekt katta hajmdagi ma'lumotlardan yashirin qonuniyatlarni aniqlash, turli omillar o'rtasidagi murakkab bog'liqliklarni modellashtirish va kelajakdagi havo sifati holatini prognozlash imkonini beradi. Shu nuqtai nazardan, O'zbekiston uchun sun'iy intellektga asoslangan ekologik monitoring tizimini shakllantirish muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

O'zbekistonda atmosfera havosini monitoring qilishning dolzarb jihatlarini; Atmosfera havosi tarkibini baholashda bir nechta asosiy ko'rsatkichlar muhim ahamiyat kasb etadi. Jumladan, PM2.5 va PM10 zarrachalari, azot dioksidi (NO₂), oltingugurt dioksidi (SO₂), uglerod oksidi (CO) va ozon (O₃) havo sifatining asosiy indikatorlari sifatida qaraladi [1]. O'zbekistonda atmosfera havosi sifatini baholash uchun davlat ekologik monitoring tizimlari, meteorologik kuzatuvlar va zamonaviy avtomatlashtirilgan monitoring vositalaridan foydalanish imkoniyatlari mavjud. Biroq hududiy qamrovni kengaytirish, ma'lumotlarni real vaqt rejimida birlashtirish va ularni prognoz modellarida

Scottish International Conference on Multidisciplinary Research and Innovation – SICMRI 2026

samarali qo'llash masalalari dolzarbligicha qolmoqda. Havo ifloslanishini monitoring qilishda faqat ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasini aniqlash yetarli emas. Ularning vaqt va makon bo'yicha o'zgarishini, meteorologik sharoitlar bilan bog'liqligini ham baholash zarur. Masalan, shamol tezligi, shamol yo'nalishi, havo harorati, nisbiy namlik, atmosfera bosimi va yog'ingarchilik miqdori ifloslantiruvchi moddalar tarqalishiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Shuningdek, shaharlarda transport zichligi va yo'l infratuzilmasining xususiyatlari ham havo sifati bilan bevosita bog'liq. Shu sababli sun'iy intellekt asosidagi tizimga ekologik ko'rsatkichlardan tashqari meteorologik, transport va geografik ma'lumotlarni ham kiritish prognoz aniqligini oshirishi mumkin.

Sun'iy intellekt texnologiyalarining imkoniyatlari; Sun'iy intellekt atmosfera havosini monitoring qilishda bir nechta yo'nalishlarda qo'llanilishi mumkin. Birinchi yo'nalish — real vaqt rejimida ma'lumotlarni qayta ishlash. Sensorlardan kelayotgan katta hajmdagi ma'lumotlar avtomatik tarzda tahlil qilinib, havo sifati indeksleri hisoblanishi va xavfli holatlar aniqlanishi mumkin. Ikkinchi yo'nalish — ifloslanish darajasini prognozlash. Bunda tarixiy monitoring ma'lumotlari asosida mashinali o'qitish algoritmlari o'qitiladi. Chiziqli regressiya, Random Forest, Gradient Boosting, XGBoost, Support Vector Machine kabi algoritmlar nisbatan murakkab bo'lmagan prognoz modellarini yaratishda qo'llanilishi mumkin [4, 5]. Vaqt qatorlari bilan ishlashda esa Long Short-Term Memory (LSTM) kabi rekurrent neyron tarmoqlari katta imkoniyatlarga ega. LSTM modeli oldingi vaqt oralig'idagi ma'lumotlarni hisobga olib, kelgusi soat yoki kunlarda PM2.5, PM10 va boshqa ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasini prognoz qilishi mumkin [6]. Uchinchi yo'nalish — fazoviy monitoring. Sun'iy yo'ldosh tasvirlari va geografik axborot tizimlaridan olingan ma'lumotlarni mashinali o'qitish algoritmlari bilan birlashtirish orqali havo ifloslanishining hududiy xaritalarini yaratish mumkin. Bunday tizimlar monitoring stansiyalari yetishmaydigan hududlarda ayniqsa foydalidir. To'rtinchi yo'nalish — ifloslanish manbalarini aniqlash. Sun'iy intellekt transport oqimi, sanoat korxonalari joylashuvi, meteorologik sharoitlar va ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasi o'rtasidagi bog'liqlikni tahlil qilib, muayyan hududdagi asosiy ifloslanish manbalarini aniqlashga yordam beradi.

Sun'iy intellekt asosida monitoring tizimining taklif etilayotgan modeli; O'zbekiston sharoitida sun'iy intellekt asosidagi atmosfera monitoring tizimini bir necha bosqichda tashkil etish mumkin. Birinchi bosqichda ma'lumotlarni yig'ish tizimi shakllantiriladi. Bunda davlat monitoring stansiyalari, avtomatik sensorlar, meteorologik stansiyalar, transport monitoringi va sun'iy yo'ldosh kuzatuvlaridan foydalanish mumkin. IoT texnologiyalari yordamida sensorlardan olingan ma'lumotlar markaziy ma'lumotlar bazasiga uzluksiz yuboriladi. Ikkinchi bosqichda ma'lumotlarni tozalash va standartlashtirish amalga oshiriladi. Sensorlarda yuzaga kelishi mumkin bo'lgan xatolar, yetishmayotgan qiymatlar va noodatiy ko'rsatkichlar aniqlanadi. Bu jarayon prognoz modelining ishonchliligini oshirish uchun muhimdir. Uchinchi bosqichda mashinali o'qitish modeli yaratiladi. Modelning kirish ma'lumotlari sifatida PM2.5, PM10, NO₂, SO₂, CO, O₃ konsentratsiyalari, harorat, namlik, shamol tezligi va yo'nalishi, atmosfera bosimi, yog'ingarchilik, vaqt va geografik koordinatalar olinishi mumkin. Model chiqishida esa keyingi 1 soat, 6 soat, 12 soat yoki 24 soat uchun havo sifati ko'rsatkichlarining prognozi olinadi. Bunday tizimni quyidagi umumiy sxema orqali ifodalash mumkin:

Sensorlar va ma'lumotlar → Ma'lumotlarni tozalash → Ma'lumotlar bazasi → Sun'iy intellekt modeli → Prognoz → Havo sifati xaritasi → Ogohlantirish va boshqaruv qarorlari.

Ushbu yondashuvning muhim afzalligi shundaki, tizim faqat mavjud ifloslanishni ko'rsatib qolmay, balki uning kelajakdagi o'zgarishini ham oldindan aniqlashi mumkin.

Prognozlashda mashinali o'qitish algoritmlaridan foydalanish; Atmosfera havosining ifloslanishi ko'plab omillarga bog'liq bo'lgan murakkab jarayon hisoblanadi. Shu sababli klassik statistik usullar bilan bir qatorda mashinali o'qitish algoritmlaridan foydalanish prognoz sifatini oshirishi mumkin. Random Forest algoritmi ko'plab qaror daraxtlari asosida ishlaydi va turli ekologik hamda meteorologik omillarning natijaga ta'sirini baholash imkonini beradi. Ushbu modelning afzalligi — ma'lumotlar o'rtasidagi noxiziqli bog'liqliklarni hisobga olishidir. Gradient Boosting va XGBoost algoritmlari ham atmosfera ifloslanishini prognozlashda yuqori aniqlik berishi mumkin. Ular

Scottish International Conference on Multidisciplinary Research and Innovation – SICMRI 2026

murakkab ma'lumotlar to'plamida muhim xususiyatlarni aniqlash va prognoz xatoligini kamaytirishga xizmat qiladi [5].

LSTM neyron tarmog'i esa vaqt qatorlarini tahlil qilish uchun ayniqsa muhim. Masalan, PM2.5 konsentratsiyasining soatlik o'zgarishlari bo'yicha katta tarixiy ma'lumotlar mavjud bo'lsa, LSTM modeli ushbu ma'lumotlardagi takrorlanuvchi va uzoq muddatli bog'liqliklarni aniqlashi mumkin. Bu esa qisqa muddatli havo sifati prognozlarini shakllantirishda foydalidir [6]. Model samaradorligini baholashda MAE, RMSE va R^2 kabi statistik ko'rsatkichlardan foydalanish mumkin. Turli modellarni bir xil ma'lumotlar to'plamida sinash orqali O'zbekiston sharoitida eng samarali algoritmnı tanlash imkoniyati paydo bo'ladi.



Rasm-1

Masofadan zondlash va sun'iy intellekt integratsiyasi; Atmosfera monitoringining hududiy qamrovini kengaytirishda sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari katta ahamiyatga ega. Sentinel va boshqa masofadan zondlash platformalaridan olingan ma'lumotlar atmosfera tarkibidagi ayrim komponentlar hamda hududiy ekologik jarayonlarni baholash uchun ishlatilishi mumkin. Sun'iy intellekt algoritmlari yer usti monitoring stansiyalaridan olingan ma'lumotlarni sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari bilan birlashtirib, yuqori aniqlikdagi fazoviy prognoz modellarini yaratishga yordam beradi. Natijada havo ifloslanishining faqat alohida stansiyalardagi emas, balki butun shahar yoki viloyat bo'yicha tarqalish xaritasini olish mumkin. O'zbekiston hududida bunday yondashuv Toshkent shahri, sanoat rivojlangan hududlar, yirik avtomobil yo'llari atrofi hamda chang bo'ronlari ta'siriga moyil hududlarni monitoring qilishda foydali bo'lishi mumkin.

O'zbekiston uchun amaliy ahamiyati; Sun'iy intellekt asosidagi atmosfera monitoring tizimining joriy etilishi bir qator amaliy natijalarni ta'minlaydi. Birinchidan, ekologik ma'lumotlarni real vaqt rejimida olish va qayta ishlash imkoniyati kengayadi. Ikkinchidan, ifloslanishning yuqori darajasi kuzatilishi kutilayotgan davrlar oldindan aniqlanadi. Uchinchidan, prognoz natijalari asosida aholi, tibbiyot muassasalari va davlat tashkilotlariga avtomatik ogohlantirishlar yuborish mumkin. Masalan, PM2.5 konsentratsiyasi belgilangan xavfsiz chegaradan oshishi kutilayotgan bo'lsa, tizim tegishli hudud aholisi uchun oldindan ogohlantirish shakllantiradi. To'rtinchidan, davlat ekologik siyosatini ishlab chiqishda ushbu ma'lumotlardan foydalanish mumkin. Havo ifloslanishining hududiy va mavsumiy xususiyatlarini aniqlash transport siyosatini takomillashtirish, yashil hududlarni kengaytirish, sanoat korxonalarida emissiyalarni kamaytirish va shahar rejalashtirish qarorlarini optimallashtirishga yordam beradi. Beshinchidan, sun'iy intellekt asosida shakllantirilgan ma'lumotlar bazasi uzoq muddatli ekologik tadqiqotlar uchun ilmiy platforma vazifasini bajarishi mumkin.

Muammolar va istiqbollar; O'zbekistonda sun'iy intellekt asosidagi atmosfera monitoring tizimini joriy etishda ayrim muammolar mavjud. Eng muhim masalalardan biri — yuqori sifatli va uzluksiz ma'lumotlar bazasining shakllantirilishidir. Sun'iy intellekt modelining aniqligi bevosita uning o'qitilishida foydalanilgan ma'lumotlarning sifati va hajmiga bog'liq. Bundan tashqari, monitoring stansiyalarining hududiy taqsimoti, turli sensorlarning o'lchash aniqligi, ma'lumotlarni yagona standart asosida saqlash va turli tashkilotlar o'rtasida ma'lumot almashinuvini yo'lga qo'yish

Scottish International Conference on Multidisciplinary Research and Innovation – SICMRI 2026

muhim vazifalardan hisoblanadi. Kelgusida O‘zbekistonda atmosfera havosining raqamli “egizagi”ni yaratish istiqbolli yo‘nalishlardan biri bo‘lishi mumkin. Bunda meteorologik, ekologik, transport, geografik va sun‘iy yo‘ldosh ma’lumotlari yagona raqamli platformada birlashtiriladi. Sun‘iy intellekt esa ushbu ma’lumotlarni doimiy ravishda tahlil qilib, havo sifati bo‘yicha real vaqt va qisqa muddatli prognozlarni shakllantiradi. Shuningdek, mahalliy sharoitga moslashtirilgan o‘zbek tilidagi ekologik axborot platformalarini ishlab chiqish aholi uchun havo sifati haqidagi ma’lumotlardan foydalanishni yanada qulaylashtiradi.

Xulosa

Sun‘iy intellekt texnologiyalari O‘zbekistonda atmosfera havosining ifloslanishini monitoring qilish va prognozlash tizimini yangi bosqichga olib chiqish imkonini beradi. Mashinali o‘qitish, chuqur neyron tarmoqlar, IoT sensorlari, meteorologik kuzatuvlar va masofadan zondlash texnologiyalarining integratsiyasi orqali havo sifati haqida yuqori aniqlikdagi real vaqt ma’lumotlarini shakllantirish mumkin. Ayniqsa, PM2.5 va PM10 kabi zarrachalar hamda NO₂, SO₂, CO va O₃ kabi gazlarning konsentratsiyasini prognozlashda Random Forest, XGBoost va LSTM kabi algoritmlardan foydalanish istiqbolli hisoblanadi. Bunday tizimlar nafaqat mavjud ekologik vaziyatni baholash, balki kelajakdagi xavfli holatlarni oldindan aniqlash va tegishli choralarni ko‘rish imkonini beradi. O‘zbekiston uchun sun‘iy intellektga asoslangan ekologik monitoring platformasini yaratish aholi salomatligini muhofaza qilish, shaharlarning ekologik barqarorligini oshirish, transport va sanoat emissiyalarini boshqarish hamda zamonaviy raqamli ekologik boshqaruv tizimini shakllantirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Kelgusida mahalliy monitoring ma’lumotlari, sun‘iy yo‘ldosh tasvirlari va meteorologik prognozlarni yagona platformaga birlashtirish ushbu yo‘nalishning samaradorligini yanada oshirishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. World Health Organization. “WHO Global Air Quality Guidelines: Particulate Matter (PM2.5 and PM10), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide”. Geneva: WHO, 2021.
2. Manisalidis I., Stavropoulou E., Stavropoulos A., Bezirtzoglou E. Environmental and health impacts of air pollution: a review. “Frontiers in Public Health.” 2020. Vol. 8. Article 14.
3. Rai A.C., Kumar P., Pilla F., Skouloudis A.N., Di Sabatino S., Ratti C., Yasar A., Rickerby D. End-user perspective of low-cost sensors for outdoor air pollution monitoring. “Science of the Total Environment.” 2017. Vol. 607–608. P. 691–705.
4. Zheng Y., Yi X., Li M., Li R., Shan Z., Chang E., Li T. Forecasting fine-grained air quality based on big data. “Proceedings of the 21st ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining.” 2015. P. 2267–2276.
5. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A scalable tree boosting system. “Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining.” 2016. P. 785–794.
6. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long short-term memory. “Neural Computation.” 1997. Vol. 9(8). P. 1735–1780.
7. Kumar P., Morawska L., Martani C., Biskos G., Neophytou M., Di Sabatino S., Bell M., Norford L., Britter R. The rise of low-cost sensing for managing air pollution in cities. “Environment International.” 2015. Vol. 75. P. 199–205.
8. Gubbi J., Buyya R., Marusic S., Palaniswami M. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. “Future Generation Computer Systems.” 2013. Vol. 29(7). P. 1645–1660.
9. World Health Organization. “Air Pollution and Health.” Geneva: WHO.
10. United Nations Environment Programme. “Air Pollution in Asia and the Pacific: Science-based Solutions.” UNEP, 2019.