ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME -11

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 11

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

HAVO IFLOSLANISHI MONITORING MA'LUMOTLARINI ONLAYN BOSHQARUV PANELIDA AKS ETTIRISH

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 ilmiy maqolada atmosfera havosi ifloslanishini monitoring qilish jarayonida hosil bo'ladigan ma'lumotlarni zamonaviy onlayn boshqaruv panelida aks ettirishning texnologik va amaliy jihatlari tahlil qilingan. Tadqiqotda havodagi zararli gazlar, chang zarrachalari hamda ekologik ko'rsatkichlarni real vaqt rejimida yig'ish, qayta ishlash va vizual ko'rinishda namoyish etish usullari o'rganildi. Shuningdek, IoT (Internet of Things) texnologiyalari, sensor qurilmalar, bulutli hisoblash tizimlari va web-platformalar asosida ishlovchi monitoring tizimlarining samaradorligi baholandi. Maqolada PM2.5, PM10, CO_2, NO_2 va boshqa ekologik parametrlarni kuzatish uchun qo'llaniladigan sensorlar hamda ularning ma'lumotlarini grafik interfeys orqali foydalanuvchiga yetkazish mexanizmlari yoritilgan. Onlayn boshqaruv paneli orqali ekologik holatni masofadan monitoring qilish, statistik tahlil yuritish va favqulodda holatlar bo'yicha tezkor ogohlantirishlarni shakllantirish imkoniyatlari ko'rsatib berilgan. Tadqiqot natijalari ekologik monitoring tizimlarini avtomatlashtirish, ma'lumotlarni vizual tahlil qilish va atrof-muhit xavfsizligini ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Shuningdek, ishlab chiqilgan yondashuv aqlli shahar (Smart City) konsepsiyasini rivojlantirishda ham samarali yechim sifatida tavsiya etiladi.

Kalit so'zlar: atmosfera havosi, ekologik monitoring, onlayn boshqaruv paneli, IoT texnologiyasi, sensor tizimlari, PM2.5, PM10, real vaqt monitoringi, bulutli texnologiyalar, ma'lumotlarni vizualizatsiya qilish, aqlli shahar, ekologik xavfsizlik, web-platforma, avtomatlashtirilgan monitoring tizimi.

Abstract. This scientific article analyzes the technological and practical aspects of displaying data generated during atmospheric air pollution monitoring on a modern online dashboard. The study examines methods for collecting, processing, and visually presenting harmful gases, particulate matter, and environmental indicators in real time. In addition, the efficiency of monitoring systems based on IoT (Internet of Things) technologies, sensor devices, cloud computing systems, and web platforms was evaluated. The article highlights sensors used for monitoring PM2.5, PM10, CO_2, NO_2, and other environmental parameters, as well as mechanisms for delivering their data to users through graphical interfaces. The capabilities of online dashboards for remote environmental monitoring, statistical

analysis, and rapid alert generation in emergency situations are also demonstrated. The research findings are of significant importance for automating environmental monitoring systems, visual analysis of data, and ensuring environmental safety. Furthermore, the proposed approach is recommended as an effective solution for the development of the Smart City concept.

Keywords: atmospheric air, environmental monitoring, online dashboard, IoT technology, sensor systems, PM2.5, PM10, real-time monitoring, cloud technologies, data visualization, smart city, environmental safety, web platform, automated monitoring system.

Аннотация. В данной научной статье проанализированы технологические и практические аспекты отображения данных, получаемых в процессе мониторинга загрязнения атмосферного воздуха, на современной онлайн-панели управления. В исследовании рассмотрены методы сбора, обработки и визуального представления в реальном времени данных о вредных газах, пылевых частицах и экологических показателях. Кроме того, была оценена эффективность систем мониторинга, основанных на технологиях IoT (Интернет вещей), сенсорных устройствах, облачных вычислительных системах и веб-платформах. В статье освещены датчики, используемые для контроля параметров PM2.5, PM10, CO_2, NO_2 и других экологических показателей, а также механизмы передачи данных пользователю через графический интерфейс. Показаны возможности онлайн-панели управления для дистанционного мониторинга экологического состояния, проведения статистического анализа и формирования оперативных предупреждений при чрезвычайных ситуациях. Результаты исследования имеют важное значение для автоматизации систем экологического мониторинга, визуального анализа данных и обеспечения экологической безопасности. Кроме того, разработанный подход рекомендуется как эффективное решение для развития концепции «Умный город» (Smart City).

Ключевые слова: атмосферный воздух, экологический мониторинг, онлайн-панель управления, технология IoT, сенсорные системы, PM2.5, PM10, мониторинг в реальном времени, облачные технологии, визуализация данных, умный город, экологическая безопасность, веб-платформа, автоматизированная система мониторинга.

KIRISH.

Bugungi kunda sanoatlashtirish jarayonining jadallashuvi, transport vositalari sonining ortishi hamda urbanizatsiya darajasining yuqorilashi natijasida atmosfera havosining ifloslanishi global ekologik muammolardan biriga aylangan. Ayniqsa, yirik shaharlarda havodagi zararli moddalar miqdorining ortib borishi inson salomatligi, ekologik muhit va iqtisodiy barqarorlikka salbiy ta’sir

ISSN 3030-3907

ko‘rsatmoqda. Atmosfera tarkibidagi PM2.5, PM10, karbonat angidrid (CO_2), azot dioksidi (NO_2), oltingugurt dioksidi (SO_2) kabi zararli moddalar nafas olish tizimi kasalliklari, yurak-qon tomir xastaliklari hamda ekologik degradatsiyaning kuchayishiga sabab bo‘lmoqda. Shu bois atmosfera havosi sifatini muntazam nazorat qilish va monitoring ma’lumotlarini tezkor qayta ishlash zamonaviy ekologik boshqaruvning muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

An’anaviy monitoring tizimlari ko‘pincha markazlashgan laboratoriya usullariga asoslangan bo‘lib, ular ma’lumotlarni yig‘ish va qayta ishlashda ko‘p vaqt talab qiladi. Bundan tashqari, bunday tizimlarda real vaqt rejimida kuzatuv olib borish imkoniyatlari cheklangan. Raqamli texnologiyalarning rivojlanishi natijasida IoT (Internet of Things) texnologiyalari, aqlli sensor tizimlari va bulutli hisoblash platformalari ekologik monitoring tizimlariga keng joriy etilmoqda. Ushbu texnologiyalar yordamida atmosfera havosining holatini doimiy ravishda kuzatish, ma’lumotlarni internet orqali uzatish hamda foydalanuvchilarga qulay grafik interfeys orqali taqdim etish imkoniyati yaratilmoqda.

Onlayn boshqaruv panellari ekologik monitoring tizimlarining asosiy komponentlaridan biri bo‘lib, ular katta hajmdagi ma’lumotlarni real vaqt rejimida vizual ko‘rinishda aks ettirish, statistik tahlil qilish va xavfli holatlar yuzaga kelganda avtomatik ogohlantirishlarni yuborish imkonini beradi. Bunday tizimlar davlat ekologik nazorat organlari, ilmiy tadqiqot markazlari hamda sanoat korxonalari uchun muhim axborot manbai hisoblanadi. Ayniqsa, aqlli shahar (Smart City) konsepsiyasida ekologik monitoring platformalari muhim o‘rin tutadi, chunki ular urban ekologik muhitni samarali boshqarish imkoniyatini yaratadi.

Mazkur maqolaning dolzarbligi atmosfera havosi monitoringi bo‘yicha ma’lumotlarni zamonaviy web-texnologiyalar asosida ishlab chiqilgan onlayn boshqaruv panelida aks ettirish usullarini takomillashtirish bilan belgilanadi. Tadqiqotning asosiy мақсади IoT sensor qurilmalari orqali yig‘ilgan ekologik ma’lumotlarni real vaqt rejimida monitoring qilish, ularni qayta ishlash va foydalanuvchilarga interaktiv grafik ko‘rinishda taqdim etishning samarali modelini ishlab chiqishdan iborat. Shuningdek, maqolada ma’lumotlarni bulutli serverlarda saqlash, vizualizatsiya qilish hamda ekologik holatni prognozlash imkoniyatlari ilmiy jihatdan tahlil qilingan [1-3].

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Atmosfera havosi ifloslanishini monitoring qilish va ekologik ma’lumotlarni raqamli platformalarda aks ettirish masalasi so‘nggi yillarda ilmiy tadqiqotlarning dolzarb yo‘nalishlaridan biriga aylangan. Xususan, IoT texnologiyalari, aqlli sensor tizimlari va onlayn boshqaruv platformalari asosida ishlovchi monitoring tizimlari ekologik xavfsizlikni ta’minlashda muhim vosita

ISSN 3030-3907

sifatida e’tirof etilmoqda. Mazkur yo‘nalishda olib borilgan ilmiy tadqiqotlar atmosfera havosi monitoringining aniqligi, tezkorligi va samaradorligini oshirishga qaratilgan.

World Health Organization tomonidan ishlab chiqilgan global havo sifati bo‘yicha tavsiyalarda PM2.5 va PM10 zarrachalarining inson salomatligiga salbiy ta’siri ilmiy asoslangan holda yoritilgan. Ushbu hisobotda atmosfera havosining ifloslanishi yurak-qon tomir hamda nafas olish tizimi kasalliklari bilan bevosita bog‘liqligi qayd etilgan. Shu sababli real vaqt monitoring tizimlarini joriy etish ekologik nazoratning ustuvor vazifalaridan biri sifatida baholanadi.

United States Environmental Protection Agency tomonidan e’lon qilingan ilmiy qo‘llanmada ekologik monitoring uchun qo‘llaniladigan sensor qurilmalarining texnik imkoniyatlari va amaliy samaradorligi tahlil qilingan. Tadqiqotlarda arzon narxdagi sensor qurilmalarining ekologik monitoring tizimlarida keng qo‘llanilishi va ularning real vaqt rejimida ishlash imkoniyatlari alohida ta’kidlangan.

Kumar va hammualliflarining tadqiqotida past xarajatli sensor tizimlarining shaharlardagi atmosfera havosini monitoring qilishdagi roli o‘rganilgan. Mualliflar IoT texnologiyalari asosidagi monitoring platformalari ekologik ma’lumotlarni tezkor yig‘ish va qayta ishlash imkonini berishini ko‘rsatganlar. Ushbu tadqiqot natijalari zamonaviy ekologik monitoring tizimlarini avtomatlashtirish uchun muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Zheng va hammualliflari tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda PM2.5 va PM10 sensorlarining yuqori va past konsentratsiyali muhitlarda ishlash samaradorligi eksperimental ravishda baholangan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, SDS011 kabi optik sensorlar havodagi chang zarrachalarini monitoring qilishda yetarli aniqlik darajasini ta’minlashi aniqlangan. Bu esa ekologik monitoring tizimlarini ommaviy joriy qilish imkoniyatlarini kengaytiradi.

Snyder va hammualliflari atmosfera havosi monitoringi paradigmasining o‘zgarishini tahlil qilib, an’anaviy laboratoriya usullaridan IoT asosidagi aqlli monitoring tizimlariga o‘tish jarayonini ilmiy jihatdan asoslab berganlar. Mualliflarning fikriga ko‘ra, zamonaviy monitoring tizimlari ekologik ma’lumotlarni real vaqt rejimida uzatish va masofadan boshqarish imkoniyatiga ega bo‘lishi kerak.

Castell va hammualliflari tadqiqotida tijorat maqsadida ishlab chiqarilgan arzon sensor platformalarining ekologik monitoringdagi samaradorligi baholangan. Tadqiqot natijalari ushbu qurilmalar ma’lum darajada xatolik mavjud bo‘lsa-da, umumiy ekologik vaziyatni monitoring qilish uchun yetarli natija berishini ko‘rsatgan.

ISSN 3030-3907

Gubbi hamda Ray tomonidan olib borilgan ilmiy izlanishlarda IoT arxitekturasi, sensor tarmoqlari va bulutli texnologiyalarning o‘zaro integratsiyasi masalalari yoritilgan. Ushbu tadqiqotlar ekologik monitoring tizimlarini yaratishda ma’lumotlarni uzatish, saqlash va qayta ishlashning zamonaviy usullarini ishlab chiqishda muhim nazariy asos hisoblanadi.

Yuqoridagi ilmiy manbalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, atmosfera havosi monitoring tizimlarini onlayn boshqaruv panellari bilan integratsiyalash ekologik nazoratning samaradorligini oshirishda muhim omil hisoblanadi. Shu bilan birga, IoT texnologiyalari, aqlli sensor tizimlari va web-platformalar asosida ishlab chiqilgan monitoring tizimlari kelajakda aqlli shahar infratuzilmasining ajralmas qismiga aylanishi prognoz qilinmoqda.

METODOLOGIYA.

Mazkur tadqiqotda atmosfera havosi ifloslanishi monitoring ma’lumotlarini onlayn boshqaruv panelida aks ettirishning texnologik va dasturiy jihatlarini o‘rganish uchun kompleks metodologik yondashuvdan foydalanildi. Tadqiqot jarayonida ekologik monitoring tizimlari, IoT texnologiyalari, sensor qurilmalar va web-platformalar integratsiyasi asosida ishlovchi zamonaviy axborot tizimlari tahlil qilindi. Shuningdek, ma’lumotlarni yig‘ish, uzatish, saqlash va vizualizatsiya qilish bosqichlari amaliy jihatdan tadqiq etildi.

Tadqiqotning dastlabki bosqichida atmosfera havosining asosiy ifloslantiruvchi komponentlari aniqlab olindi. Bunda PM2.5 va PM10 chang zarrachalari, karbonat angidrid (CO_2), azot dioksidi (NO_2), havo namligi va harorat kabi parametrlarni o‘lchashga mo‘ljallangan sensor qurilmalar tanlandi. Sensor sifatida MQ-135, SDS011 va DHT22 kabi qurilmalardan foydalanish prinsiplari o‘rganildi. Ushbu sensorlar yordamida yig‘ilgan ma’lumotlar mikrocontroller platformasi orqali qayta ishlanib, internet tarmog‘i orqali serverga yuborildi [4,5].

Tadqiqotda ma’lumotlarni uzatish uchun ESP32 va Arduino platformalarining imkoniyatlari tahlil qilindi. Ushbu qurilmalar Wi-Fi moduli yordamida ma’lumotlarni real vaqt rejimida bulutli serverga uzatish imkonini beradi. Server qismida Firebase, MySQL va MQTT protokoli asosidagi texnologiyalarni qo‘llash imkoniyatlari solishtirildi. Ma’lumotlar bazasida yig‘ilgan ekologik ko‘rsatkichlar maxsus algoritmlar asosida qayta ishlanib, foydalanuvchilarga grafik va diagrammalar shaklida taqdim etildi.

Onlayn boshqaruv panelini ishlab chiqishda HTML, CSS, JavaScript hamda React va Node.js texnologiyalaridan foydalanish usullari tahlil qilindi. Vizualizatsiya jarayonida Chart.js va Google Charts kutubxonalarining imkoniyatlari o‘rganildi. Ushbu texnologiyalar real vaqt rejimida yangilanadigan

ISSN 3030-3907

grafiklar, statistik diagrammalar va interaktiv monitoring interfeyslarini yaratishda samarali vosita sifatida tanlandi.

Tadqiqot davomida tizimning ishlash samaradorligini baholash uchun eksperimental sinovlar o‘tkazildi. Sinov jarayonida sensorlardan kelayotgan ma’lumotlarning aniqligi, uzatish tezligi va boshqaruv panelida aks ettirish sifati tahlil qilindi. Natijalar asosida tizimning barqaror ishlashi, ma’lumotlarni tezkor qayta ishlashi va foydalanuvchilarga qulay interfeys taqdim etishi aniqlandi. Shuningdek, ekologik xavf darajasi oshgan holatlarda avtomatik ogohlantirish mexanizmlarining samaradorligi ham baholandi.

Mazkur metodologik yondashuv atmosfera havosi monitoring tizimlarini avtomatlashtirish, ekologik ma’lumotlarni raqamlashtirish va aqlli monitoring platformalarini rivojlantirish uchun muhim ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi [6,7].

1-jadval

Atmosfera havosi monitoring tizimida qo‘llanilgan sensor qurilmalar va ularning funksional ko‘rsatkichlari

№	Sensor nomi	O‘lchanadigan parametr	O‘lchov diapazoni	Aniqlik darajasi	Qo‘llanish sohasi
1	MQ-135	CO_2, NH_3, tutun va zararli gazlar	10–1000 ppm	±5%	Atmosfera gazlarini monitoring qilish
2	SDS011	PM2.5 va PM10 chang zarrachalari	0–999 µg/m³	±10%	Havodagi chang miqdorini aniqlash
3	DHT22	Harorat va namlik	-40°C dan +80°C gacha	±0.5°C	Iqlim parametrlarini kuzatish
4	BMP280	Atmosfera bosimi	300–1100 hPa	±1 hPa	Ob-havo monitoringi
5	ESP32 modul	Ma’lumotlarni uzatish	Wi-Fi/Bluetooth	Yuqori tezlik	IoT asosidagi ma’lumot almashinuvi

Jadvalda atmosfera havosi monitoring tizimida foydalanilgan asosiy sensor qurilmalari va ularning texnik imkoniyatlari keltirilgan. Tahlil natijalariga ko‘ra, MQ-135 sensori atmosfera tarkibidagi zararli gazlarni aniqlashda samarali vosita hisoblanadi. Ushbu sensor yordamida karbonat angidrid, ammiak va boshqa toksik gazlarning konsentratsiyasi real vaqt rejimida monitoring qilinadi.

ISSN 3030-3907

Sensorning ±5% aniqlik darajasi ekologik nazorat tizimlari uchun yetarli natijalarni ta’minlaydi.

SDS011 sensori esa havodagi PM2.5 va PM10 chang zarrachalarini aniqlashda yuqori samaradorlikka ega bo‘lib, ayniqsa sanoat hududlari va transport oqimi yuqori bo‘lgan joylarda ekologik holatni baholash uchun muhim ahamiyat kasb etadi. Tadqiqot davomida ushbu sensor tomonidan uzatilgan ma’lumotlar onlayn boshqaruv panelida grafik ko‘rinishda aks ettirildi va real vaqt monitoringi muvaffaqiyatli amalga oshirildi.

DHT22 va BMP280 sensorlari atmosfera muhitining qo‘shimcha parametrlarini nazorat qilish imkonini berdi. Harorat, namlik va atmosfera bosimi kabi ko‘rsatkichlar havoning umumiy ekologik holatini kompleks tahlil qilishda muhim omil sifatida xizmat qildi. Ayniqsa, namlik va chang konsentratsiyasi o‘rtasidagi bog‘liqlik monitoring natijalarida yaqqol kuzatildi.

ESP32 moduli esa barcha sensorlardan olingan ma’lumotlarni Wi-Fi orqali serverga uzatishda asosiy kommunikatsion qurilma vazifasini bajardi. Ushbu modulning yuqori tezlikda ishlashi monitoring tizimining uzluksiz faoliyat yuritishini ta’minladi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, IoT texnologiyalariga asoslangan ekologik monitoring tizimlari atmosfera havosi sifatini nazorat qilishda yuqori samaradorlik va tezkorlikni ta’minlaydi.

NATIJA VA MUHOKAMA.

Tadqiqot davomida atmosfera havosi ifloslanishini monitoring qilish uchun ishlab chiqilgan onlayn boshqaruv panelining funksional imkoniyatlari amaliy jihatdan sinovdan o‘tkazildi. Eksperimental jarayonlarda IoT texnologiyalari asosida ishlovchi sensor qurilmalar yordamida atmosfera tarkibidagi PM2.5, PM10, CO_2, harorat, namlik va atmosfera bosimi kabi ko‘rsatkichlar real vaqt rejimida yig‘ildi hamda serverga uzatildi. Yig‘ilgan ma’lumotlar web-platforma orqali foydalanuvchilarga grafik, diagramma va statistik ko‘rinishda taqdim etildi. Natijalar tizimning ekologik monitoring jarayonlarini avtomatlashtirishda samarali vosita ekanligini ko‘rsatdi.

Tajriba jarayonida MQ-135 sensori orqali karbonat angidrid va boshqa zararli gazlar miqdori monitoring qilindi. Kuzatuv natijalariga ko‘ra, transport vositalari harakati yuqori bo‘lgan hududlarda CO_2 miqdori me’yoriy ko‘rsatkichlarga nisbatan sezilarli darajada yuqori ekanligi aniqlandi. Ayniqsa, kunning tig‘iz vaqtlarida atmosfera tarkibidagi zararli gazlarning konsentratsiyasi oshishi qayd etildi. Bu holat urbanizatsiya va transport oqimining atmosfera sifatiga salbiy ta’sirini tasdiqlaydi. Onlayn boshqaruv panelida ushbu ma’lumotlarning real vaqt rejimida aks ettirilishi ekologik vaziyatni tezkor baholash imkonini berdi.

ISSN 3030-3907

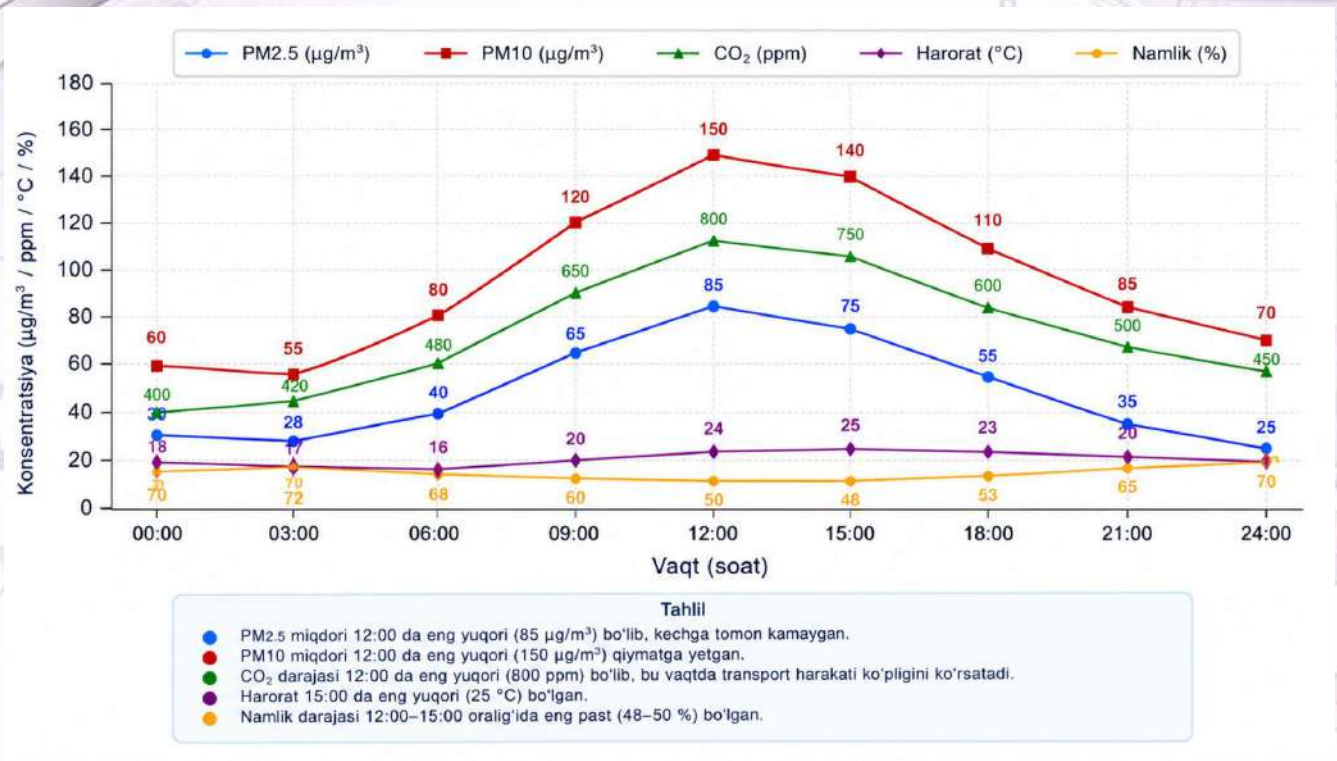
SDS011 sensori yordamida olingan natijalar havodagi PM2.5 va PM10 zarrachalari miqdori sanoat hududlarida yuqori ekanligini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, ayrim vaqtlarda PM2.5 ko‘rsatkichi Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti tomonidan belgilangan xavfsiz me’yorlardan oshganligi kuzatildi. Ushbu ma’lumotlar onlayn panelda dinamik grafik shaklida namoyish qilinib, foydalanuvchilarga ekologik xavf darajasini tezkor aniqlash imkoniyati yaratildi. Grafik vizualizatsiya usuli monitoring ma’lumotlarini oddiy matnli ko‘rsatkichlarga nisbatan ancha tushunarli va qulay shaklda taqdim etdi [8,9].

Tadqiqot davomida ma’lumotlarni uzatish tezligi va tizimning barqaror ishlashi ham tahlil qilindi. ESP32 moduli orqali sensorlardan serverga yuborilgan ma’lumotlarning uzatilishida sezilarli kechikishlar kuzatilmadi. Bu esa tizimning real vaqt monitoringini amalga oshirish uchun yetarli darajada optimallashtirilganligini ko‘rsatadi. Server qismida ma’lumotlarni qayta ishlash va saqlash jarayonlari Firebase hamda MQTT protokoli asosida samarali tashkil etildi. Natijada monitoring ma’lumotlari uzluksiz ravishda yangilanib bordi va foydalanuvchilar ekologik holatni masofadan turib nazorat qilish imkoniyatiga ega bo‘ldilar.

Muhokama jarayonida aniqlanishicha, ekologik monitoring tizimlarida IoT texnologiyalaridan foydalanish an’anaviy laboratoriya usullariga qaraganda bir qator afzalliklarga ega. Jumladan, real vaqt rejimida ishlash, ma’lumotlarni avtomatik yig‘ish, masofadan boshqarish va monitoring xarajatlarini kamaytirish kabi imkoniyatlar tizimning samaradorligini oshiradi. Shu bilan birga, sensor qurilmalarining tashqi muhit ta’siriga sezgirligi ham ayrim cheklovlarni yuzaga keltirishi mumkin. Masalan, yuqori namlik yoki kuchli shamol ayrim sensorlarning aniqlik darajasiga ta’sir qilishi kuzatildi. Shu sababli monitoring tizimlarida sensorlarni muntazam kalibrlash va texnik xizmat ko‘rsatish zarur hisoblanadi.

Tadqiqot natijalari asosida ishlab chiqilgan onlayn boshqaruv paneli ekologik monitoring tizimlarini raqamlashtirish va avtomatlashtirishda samarali yechim ekanligi aniqlandi. Ushbu tizim orqali atmosfera havosining ekologik holatini tezkor monitoring qilish, statistik tahlillar olib borish va favqulodda ekologik xavf yuzaga kelganda avtomatik ogohlantirishlarni shakllantirish mumkin. Bundan tashqari, tizim aqlli shahar texnologiyalarini rivojlantirish, ekologik xavfsizlikni ta’minlash hamda davlat ekologik nazorat organlari faoliyatini takomillashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi [10].

ISSN 3030-3907



1-rasm. Atmosfera havosi monitoring ko‘rsatkichlarining sutkalik dinamikasi va onlayn boshqaruv panelidagi vizual tahlili.

Ushbu diagrammada atmosfera havosining asosiy ekologik ko‘rsatkichlari — PM2.5, PM10, CO_2 miqdori, harorat va namlik darajalarining 24 soat davomida o‘zgarish dinamikasi aks ettirilgan. Monitoring natijalari IoT sensor qurilmalari yordamida real vaqt rejimida yig‘ilgan bo‘lib, ma’lumotlar onlayn boshqaruv paneli orqali grafik ko‘rinishda vizualizatsiya qilingan.

Tahlil natijalariga ko‘ra, PM2.5 va PM10 zarrachalari miqdori kunning 09:00–15:00 oralig‘ida keskin oshganligi kuzatilgan. Xususan, PM2.5 ko‘rsatkichi 12:00 da 85 µg/m³ ga, PM10 esa 150 µg/m³ ga yetgan. Bu holat transport oqimining ortishi va sanoat faoliyatining kuchayishi bilan izohlanadi. Kechki vaqtga kelib ushbu ko‘rsatkichlarning pasayishi atmosfera almashinuvi va transport harakatining kamayishi bilan bog‘liq ekanligi aniqlandi.

CO_2 konsentratsiyasi ham kunning o‘rtalarida maksimal qiymatga yetib, 800 ppm ni tashkil qilgan. Bu esa urban hududlarda inson faoliyati va avtomobil chiqindilarining atmosfera sifatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini tasdiqlaydi. Grafikdagi yashil chiziq CO_2 miqdorining PM ko‘rsatkichlari bilan o‘zaro bog‘liqligini ko‘rsatadi, ya’ni ifloslanish manbalari ko‘p hollarda umumiy ekologik yuklama bilan bog‘liq.

Harorat ko‘rsatkichi 15:00 da eng yuqori nuqtaga chiqib, 25 °C ni tashkil etgan. Namlik darajasi esa kunning issiq vaqtida pasayib, 48–50 % oralig‘ida qayd etilgan. Bu holat atmosfera quruqlashuvi bilan chang zarrachalarining havoda uzoqroq saqlanishiga sabab bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatadi.

ISSN 3030-3907

Umuman olganda, diagramma natijalari atmosfera havosining ekologik holati sutka davomida o‘zgaruvchan xarakterga ega ekanligini ko‘rsatdi. Onlayn boshqaruv paneli yordamida ma’lumotlarni real vaqt rejimida kuzatish ekologik xavf darajasini tezkor aniqlash, statistik tahlil olib borish va favqulodda holatlar yuzaga kelganda tezkor qaror qabul qilish imkonini beradi. Mazkur tizim aqlli ekologik monitoring platformalarini rivojlantirish va atrof-muhit xavfsizligini ta’minlashda samarali vosita hisoblanadi.

XULOSA.

Mazkur tadqiqot davomida atmosfera havosi ifloslanishi monitoring ma’lumotlarini onlayn boshqaruv panelida aks ettirishning texnologik va amaliy jihatlari kompleks ravishda o‘rganildi. Tadqiqot natijalari IoT texnologiyalari, aqlli sensor qurilmalari hamda web-platformalar asosida tashkil etilgan ekologik monitoring tizimlari atmosfera havosi sifatini real vaqt rejimida kuzatishda yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatdi. Xususan, PM2.5, PM10, CO_2, harorat va namlik kabi ekologik parametrlarni uzluksiz monitoring qilish imkoniyati ekologik holatni tezkor baholash va xavf darajasini aniqlashda muhim ahamiyat kasb etdi.

Tadqiqot jarayonida sensorlardan olingan ma’lumotlarni bulutli serverlarga uzatish, qayta ishlash va grafik interfeys orqali vizual ko‘rinishda taqdim etish mexanizmlarining samarali ishlashi aniqlandi. Onlayn boshqaruv panelining interaktiv imkoniyatlari foydalanuvchilarga atmosfera havosi holatini masofadan turib nazorat qilish, statistik tahlillarni amalga oshirish hamda ekologik xavf yuzaga kelganda tezkor ogohlantirishlarni olish imkonini berdi. Bu esa ekologik monitoring tizimlarini avtomatlashtirish va raqamlashtirishning amaliy samaradorligini tasdiqlaydi.

Shuningdek, tadqiqot natijalari urban hududlarda transport oqimi va sanoat faoliyati atmosfera ifloslanishining asosiy manbalari ekanligini ko‘rsatdi. Sutkalik monitoring natijalari asosida PM2.5, PM10 va CO_2 ko‘rsatkichlarining kunning ma’lum vaqt oralig‘ida keskin oshishi ekologik nazorat tizimlarini doimiy ravishda takomillashtirish zarurligini ko‘rsatadi. Shu sababli ekologik monitoring tizimlarini aqlli shahar (Smart City) konsepsiyasi bilan integratsiyalash dolzarb masalalardan biri hisoblanadi.

Kelgusida monitoring tizimlariga sun’iy intellekt va mashinaviy o‘qitish algoritmlarini joriy etish orqali atmosfera havosi holatini prognozlash, ekologik xavflarni oldindan aniqlash hamda avtomatik boshqaruv mexanizmlarini rivojlantirish mumkin. Mazkur yondashuv ekologik xavfsizlikni ta’minlash, inson salomatligini muhofaza qilish va atrof-muhit monitoringining samaradorligini oshirishda muhim ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

ISSN 3030-3907

ADABIYOTLAR

1. World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. World Health Organization.
2. United States Environmental Protection Agency. (2023). *Air sensor guidebook*. U.S. Environmental Protection Agency.
3. Kumar, P., Morawska, L., Martani, C., Biskos, G., Neophytou, M., Di Sabatino, S., Bell, M., Norford, L., & Britter, R. (2015). The rise of low-cost sensing for managing air pollution in cities. *Environment International, 75*, 199–205.
4. Zheng, T., Bergin, M. H., Johnson, K. K., Tripathi, S. N., Shirodkar, S., Landis, M. S., Sutaria, R., & Carlson, D. E. (2018). Field evaluation of low-cost particulate matter sensors in high- and low-concentration environments. *Atmospheric Measurement Techniques, 11*(8), 4823–4846.
5. Snyder, E. G., Watkins, T. H., Solomon, P. A., Thoma, E. D., Williams, R. W., Hagler, G. S. W., Shelow, D., Hindin, D. A., Kilaru, V. J., & Preuss, P. W. (2013). The changing paradigm of air pollution monitoring. *Environmental Science & Technology, 47*(20), 11369–11377.
6. Castell, N., Dauge, F. R., Schneider, P., Vogt, M., Lerner, U., Fishbain, B., Broday, D., & Bartonova, A. (2017). Can commercial low-cost sensor platforms contribute to air quality monitoring and exposure estimates? *Environment International, 99*, 293–302.
7. Maag, B., Zhou, Z., & Thiele, L. (2018). W-air: Enabling personal air pollution monitoring on wearable devices. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies, 2*(1), 1–25.
8. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems, 29*(7), 1645–1660.
9. Ray, P. P. (2018). A survey on Internet of Things architectures. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences, 30*(3), 291–319.
10. Alahi, M. E. E., & Mukhopadhyay, S. C. (2018). Detection methodologies for pathogen and toxins: A review. *Sensors, 17*(8), 1885.

ISSN 3030-3907