

JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

AN ENERGY-INDEPENDENT INTELLIGENT SYSTEM FOR MONITORING ENVIRONMENTAL PARAMETERS

Lyudmila Petrovna Varlamova

Professor, Doctor of Technical Sciences Department of Computational Mathematics
and Information Systems National University of Uzbekistan

Mohira Muzaffar qizi Rahimova

Master's Student, Information Systems Program National University of Uzbekistan

Behzod Kamoladdin O'g'li Sultonmurodov

Student, Applied Mathematics Program National University of Uzbekistan

Abstract

This article examines the development of an energy-independent intelligent system for the continuous monitoring of environmental parameters. The system is capable of measuring and analyzing temperature, relative air humidity, atmospheric pressure, harmful gas concentrations, aerosols, PM2.5 and PM10 particles, and soil moisture in real time. The device is based on IoT technologies, microprocessor control, web technologies, and artificial intelligence algorithms. The power supply is organized using solar panels, ensuring the system operates independently of the external power grid. The analytical module based on artificial intelligence allows for the processing, storage, and visualization of data obtained from sensors, as well as the assessment of the environmental situation.

Keywords

environmental monitoring, IoT, artificial intelligence, solar panel, smart monitoring system, PM2.5, PM10, soil moisture, environmental monitoring, web platform.

**ATROF-MUHIT PARAMETRLARINI MONITORING QILISHNING
ENERGIYAGA BOG'LIQ BO'LMAGAN INTELLEKTUAL TIZIMI**





JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

Varlamova Lyudmila Petrovna

O`zMU Hisoblash matematikasi va axborot tizimlari kafedrası t.f.d professori

Rahimova Mohira Muzaffar qizi

O`zMU Axborot tizimlari mutaxassisligi magistranti

Sultonmurodov Behzod Kamoladdin o`g`li

O`zMU Amaliy matematika yo`nalishi talabasi

Annotatsiya. Mazkur maqolada atrof-muhit parametrlarini uzluksiz monitoring qilish uchun energiyaga bog`liq bo`lmagan intellektual tizimni ishlab chiqish masalalari ko`rib chiqilgan. Tizim harorat, havoning nisbiy namligi, atmosfera bosimi, zararli gazlar konsentratsiyasi, aerozollar, PM2.5 va PM10 zarrachalari hamda tuproq namligini real vaqt rejimida o`lchash va tahlil qilish imkoniyatiga ega. Qurilma IoT texnologiyalari, mikroprotssessorli boshqaruv, veb-texnologiyalar va sun`iy intellekt algoritmlari asosida ishlab chiqilgan. Elektr ta`minoti quyosh panellari yordamida tashkil etilgan bo`lib, tizimning tashqi elektr tarmog`idan mustaqil ishlashini ta`minlaydi. Sun`iy intellekt asosidagi tahliliy modul sensorlardan olingan ma`lumotlarni qayta ishlash, saqlash, vizuallashtirish hamda ekologik holatni baholash imkoniyatini yaratadi.

**Kalit so`zlar:** atrof-muhit monitoringi, IoT, sun`iy intellekt, quyosh paneli, aqlli monitoring tizimi, PM2.5, PM10, tuproq namligi, ekologik monitoring, veb-platforma.

KIRISH

So`nggi yillarda dunyo miqyosida ekologik muammolarning keskinlashuvi, sanoatlashtirish va urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi, transport vositalari sonining ortishi hamda iqlim o`zgarishi atrof-muhit holatini muntazam nazorat qilish zaruratini yanada kuchaytirmoqda [3-4, 18]. Atmosfera havosining ifloslanishi, zararli gazlar va mayda dispers zarrachalar (PM2.5 va PM10) konsentratsiyasining ortishi,



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

tuproq namligining o'zgarishi hamda meteorologik ko'rsatkichlarning beqarorlashuvi inson salomatligi, qishloq xo'jaligi, sanoat va tabiiy ekotizimlarga salbiy ta'sir ko'rsatmoqda [3-6]. Shu sababli ekologik holatni real vaqt rejimida kuzatish, tahlil qilish va tezkor boshqaruv qarorlarini qabul qilish imkonini beruvchi zamonaviy monitoring tizimlarini yaratish dolzarb ilmiy va amaliy masalalardan biri hisoblanadi.

An'anaviy ekologik monitoring stansiyalari yuqori aniqlikdagi o'lchovlarni ta'minlasa-da, ularni o'rnatish va ekspluatatsiya qilish katta moliyaviy xarajatlarni talab qiladi [6]. Bundan tashqari, bunday stansiyalar odatda markazlashgan elektr ta'minotiga bog'liq bo'lib, chekka hududlar, tog'li mintaqalar, qishloq xo'jaligi yerlari va elektr tarmoqlari mavjud bo'lmagan joylarda ulardan foydalanish imkoniyatlarini cheklaydi [5, 18]. Natijada ekologik ma'lumotlarni uzluksiz yig'ish va tahlil qilish jarayonida qator muammolar yuzaga keladi.

Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari, IoT (Internet of Things) konsepsiyasi, mikroprotessorli boshqaruv tizimlari, simsiz aloqa texnologiyalari hamda bulutli hisoblash platformalarining jadal rivojlanishi ekologik monitoring tizimlarini yangi bosqichga olib chiqmoqda. Zamonaviy sensorlar yordamida harorat, havoning nisbiy namligi, atmosfera bosimi, havodagi zararli gazlar, aerosol zarrachalari (PM2.5 va PM10), shuningdek, tuproq namligi kabi muhim parametrlarni uzluksiz o'lchash, ularni masofadan turib serverga uzatish va real vaqt rejimida vizuallashtirish imkoniyati yaratildi [6, 14–17]. Bu esa ekologik vaziyatni tezkor baholash hamda uzoq muddatli kuzatuvlar asosida ilmiy tahlillarni amalga oshirishga xizmat qiladi.

Shu bilan birga, monitoring tizimlarining samaradorligi nafaqat ma'lumotlarni yig'ish, balki ularni chuqur tahlil qilish imkoniyatlariga ham bog'liq. So'nggi yillarda sun'iy intellekt va mashinaviy o'qitish algoritmlarining ekologik monitoring sohasida qo'llanilishi sensorlardan olingan katta hajmdagi ma'lumotlarni avtomatik qayta ishlash, anomal holatlarni aniqlash, ekologik xavflarni oldindan prognoz qilish hamda





JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

qaror qabul qilish jarayonini qo'llab-quvvatlash imkonini bermoqda. Intellektual tahlil usullaridan foydalanish monitoring tizimlarining aniqligi va ishonchliligini sezilarli darajada oshiradi.

Bundan tashqari, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan, xususan, quyosh panellaridan foydalanish ekologik monitoring tizimlarini tashqi elektr ta'minotidan mustaqil holda ishlashini ta'minlaydi [5]. Energiya tejovchi apparat vositalari va optimal boshqaruv algoritmlari bilan uyg'unlashgan bunday yechimlar uzoq muddatli avtonom monitoringni amalga oshirish, ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirish hamda tizimning ishonchliligini oshirish imkonini beradi.

Mazkur tadqiqotda quyosh panellari asosida energiya bilan ta'minlanadigan, IoT texnologiyalari, zamonaviy sensorlar, veb-texnologiyalar va sun'iy intellekt algoritmlarini o'zida mujassamlashtirgan atrof-muhit parametrlarini monitoring qilishning energiyaga bog'liq bo'lmagan intellektual tizimi taklif etilgan. Ishlab chiqilgan tizim harorat, havoning nisbiy namligi, atmosfera bosimi, zararli gazlar, PM2.5 va PM10 zarrachalari hamda tuproq namligini real vaqt rejimida monitoring qilish, olingan ma'lumotlarni serverda saqlash, veb-platforma orqali vizuallashtirish va sun'iy intellekt yordamida tahlil qilish imkoniyatiga ega. Taklif etilgan yechim ekologik monitoringning aniqligi, uzluksizligi va energiya samaradorligini oshirish bilan birga, aqlli shahar (Smart City), aqlli qishloq xo'jaligi (Smart Agriculture) va ekologik nazorat tizimlarida keng qo'llanish istiqboliga ega [1, 2, 19].

ASOSIY QISM

•Atrof-muhit monitoringining zamonaviy holati va mavjud yechimlar

So'nggi o'n yilliklarda ekologik monitoring tizimlari atrof-muhitning fizik, kimyoviy va biologik holatini baholashning asosiy vositalaridan biriga aylandi. Atmosfera havosining ifloslanishi, iqlim o'zgarishi, sanoat chiqindilari va urbanizatsiya



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

jarayonlarining jadallashuvi ekologik ko'rsatkichlarni uzluksiz kuzatish zaruratini yanada kuchaytirdi. Ayniqsa, havoda mayda dispers zarrachalar (PM2.5 va PM10), karbonat angidrid (CO₂), uglerod oksidi (CO), metan (CH₄), azot oksidlari (NO_x), oltingugurt dioksidi (SO₂) va boshqa zararli gazlar miqdorini nazorat qilish inson salomatligini muhofaza qilish hamda ekologik xavfsizlikni ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi [3, 6, 19].

Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti (WHO) ma'lumotlariga ko'ra, atmosfera havosining ifloslanishi har yili dunyo bo'yicha millionlab insonlarning bevaqt vafot etishiga sabab bo'lmoqda. Ayniqsa, PM2.5 zarrachalari o'zining diametri 2,5 mkm dan kichik bo'lganligi sababli inson nafas yo'llari orqali o'pkaga, undan esa qon aylanish tizimiga kirib borishi mumkin. Shu sababli PM2.5 ko'rsatkichi ekologik monitoring tizimlarida asosiy nazorat parametrlaridan biri hisoblanadi.

Bugungi kunda ekologik monitoring sohasida AQShning **Environmental Protection Agency (EPA)**, Yevropa Ittifoqining **Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS)**, **World Meteorological Organization (WMO)** va boshqa xalqaro tashkilotlar tomonidan zamonaviy monitoring stansiyalari keng qo'llanilmoqda. Ushbu tizimlar yuqori aniqlikdagi laboratoriya darajasidagi uskunalardan foydalanadi, biroq ularning narxi yuqori bo'lib, ekspluatatsiya xarajatlari ham katta mablag' talab qiladi.

So'nggi yillarda IoT (Internet of Things) texnologiyasining rivojlanishi natijasida ekologik monitoring tizimlari sezilarli darajada takomillashdi [7–10]. IoT konsepsiyasi sensorlardan olingan ma'lumotlarni internet orqali masofaviy serverlarga uzatish, ularni bulutli platformalarda saqlash hamda real vaqt rejimida tahlil qilish imkonini yaratmoqda. Bunday tizimlarda ESP32, ESP8266, STM32 va Arduino platformalaridan foydalanish keng tarqalgan bo'lib, ular energiya tejamliligi, arzonligi va dasturlashning qulayligi bilan ajralib turadi.





JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

Ilmiy adabiyotlarda ekologik monitoring uchun turli xil sensorlardan foydalanish tavsiya etilgan. Jumladan, **Bosch BME280** sensori harorat, atmosfera bosimi va nisbiy namlikni bir vaqtning o'zida o'lchash imkonini beradi. **Sensirion SPS30** yoki **Plantower PMS5003** sensorlari havodagi PM1.0, PM2.5 va PM10 zarrachalarining konsentratsiyasini aniqlaydi. MQ seriyali gaz sensorlari (MQ-2, MQ-5, MQ-7, MQ-135) esa turli xil zararli gazlarning mavjudligini aniqlash uchun qo'llaniladi. Tuproq namligini aniqlashda esa kapasitiv tuproq namligi sensorlari rezistiv sensorlarga nisbatan yuqori aniqlik va uzoq xizmat muddatiga ega ekanligi ilmiy tadqiqotlarda qayd etilgan.

Ekologik monitoring tizimlarining samaradorligini oshirishda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish muhim yo'nalishlardan biri hisoblanadi. **Xalqaro energetika agentligi (IEA)** ma'lumotlariga ko'ra, quyosh energiyasidan foydalanish hajmi yil sayin ortib bormoqda va IoT qurilmalarini avtonom elektr energiyasi bilan ta'minlashda eng istiqbolli yechimlardan biri sifatida e'tirof etilmoqda. Quyosh panellari va litiy-ion akkumulyatorlar kombinatsiyasi monitoring tizimlarining uzoq muddat davomida tashqi elektr tarmoqlariga ulanmasdan ishlashini ta'minlaydi.

Shuningdek, sun'iy intellekt texnologiyalarining rivojlanishi ekologik monitoring tizimlariga yangi funksional imkoniyatlarni olib kirdi. An'anaviy monitoring tizimlari faqat ma'lumotlarni yig'ish va vizuallashtirish bilan cheklangan bo'lsa, zamonaviy intellektual tizimlar mashinaviy o'qitish algoritmlari yordamida ma'lumotlarni avtomatik tasniflash, anomal holatlarni aniqlash, ifloslanish darajasini baholash hamda qisqa va uzoq muddatli prognozlarni shakllantirish imkoniyatiga ega [11–13]. Xususan, Random Forest, Support Vector Machine (SVM), Artificial Neural Network (ANN), Long Short-Term Memory (LSTM) va XGBoost algoritmlaridan atmosfera ifloslanishini prognozlashda samarali foydalanilayotgani ilmiy tadqiqotlarda ko'rsatib o'tilgan.



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

Yuqoridagi tahlillar shuni ko'rsatadiki, ekologik monitoring tizimlarini takomillashtirishda energiya mustaqilligi, IoT texnologiyalari, bulutli hisoblash va sun'iy intellekt algoritmlarini yagona platformaga integratsiya qilish eng istiqbolli yo'nalish hisoblanadi. Shu sababli ushbu tadqiqotda quyosh panellari asosida ishlovchi, zamonaviy sensorlar majmuasi, simsiz aloqa vositalari, veb-platforma hamda sun'iy intellekt algoritmlarini o'zida mujassamlashtirgan energiyaga bog'liq bo'lmagan intellektual monitoring tizimi taklif etiladi.

• Taklif etilayotgan intellektual monitoring tizimining arxitekturası

Tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan monitoring tizimi modulli arxitektura tamoyiliga asoslangan bo'lib, atrof-muhit parametrlarini uzluksiz kuzatish, olingan ma'lumotlarni simsiz aloqa kanallari orqali markaziy serverga uzatish, ularni sun'iy intellekt algoritmlari yordamida tahlil qilish hamda foydalanuvchilarga real vaqt rejimida taqdim etish imkoniyatini yaratadi [7–13]. Tizimning arxitekturası apparat va dasturiy ta'minotning o'zaro integratsiyasi asosida qurilgan bo'lib, har bir modul mustaqil vazifani bajaradi va yagona axborot almashish muhitida faoliyat yuritadi.

Taklif etilgan tizim quyidagi asosiy modullardan tashkil topgan:

- sensorlar majmuasi;
- mikroprotessorli boshqaruv moduli;
- simsiz aloqa moduli;
- avtonom energiya ta'minoti moduli;
- server va ma'lumotlar bazasi;
- veb-platforma;
- sun'iy intellekt asosidagi tahliliy modul.

Tizimning ishlash algoritmi quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi:

1. Sensorlar tashqi muhit parametrlarini o'lchaydi.

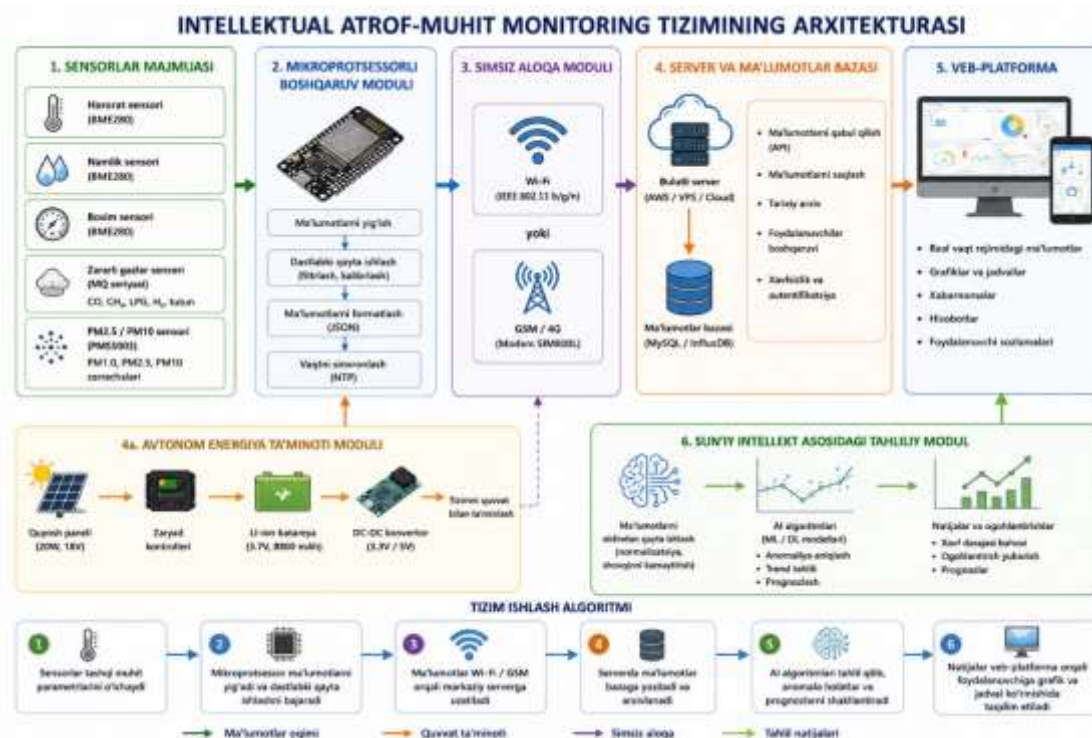


JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

2. Mikroprotessor sensorlardan kelgan ma'lumotlarni yig'adi va dastlabki qayta ishlashni amalga oshiradi.
3. Ma'lumotlar Wi-Fi yoki GSM aloqa moduli orqali markaziy serverga uzatiladi.
4. Serverda ma'lumotlar bazasiga yoziladi va tarixiy arxiv shakllantiriladi.
5. Sun'iy intellekt algoritmlari ma'lumotlarni tahlil qilib, anomal holatlar va prognozlarni shakllantiradi.
6. Natijalar veb-platforma orqali foydalanuvchiga grafik va jadval ko'rinishida taqdim etiladi.

Mazkur arxitektura monitoring jarayonining uzluksizligini, ma'lumotlarning ishonchli saqlanishini hamda tizimning kelgusida yangi funksiyalar bilan kengaytirilishini ta'minlaydi [5, 7–13].



1-rasm. Atrof-muhit parametrlarini monitoring qilishning intellektual tizimi arxitekturas



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

•Sensorlar majmuasi va o'lchash parametrlari

Atrof-muhit holatini to'liq baholash uchun monitoring tizimida turli turdagi raqamli va analog sensorlardan foydalanildi. Sensorlarni tanlashda ularning aniqligi, energiya sarfi, ishlash diapazoni va tashqi muhit sharoitlariga mosligi asosiy mezon sifatida qabul qilindi.

1) *Harorat va namlik monitoringi*

Harorat va havoning nisbiy namligi mikroiklimning asosiy ko'rsatkichlari hisoblanadi. Ushbu parametrlar inson salomatligi, qishloq xo'jaligi va sanoat jarayonlariga bevosita ta'sir ko'rsatadi [3, 4].

Monitoring tizimida BME280 (yoki DHT22, agar siz shundan foydalangan bo'lsangiz) sensori qo'llanildi. Mazkur sensor yuqori aniqlik bilan quyidagi parametrlarni o'lchaydi:

- ✓ harorat;
- ✓ havoning nisbiy namligi;
- ✓ atmosfera bosimi.

Sensorning afzalliklari quyidagilardan iborat:

- ✓ kam energiya sarfi;
- ✓ yuqori aniqlik;
- ✓ raqamli interfeys;
- ✓ uzoq muddat barqaror ishlashi.

Olingan ma'lumotlar har bir belgilangan vaqt oralig'ida mikroprotsessorga uzatiladi.

2) *Atmosfera bosimini monitoring qilish*

Atmosfera bosimi ob-havo prognozini shakllantirish va mikroiklim o'zgarishlarini kuzatishda muhim ko'rsatkichlardan biri hisoblanadi [4, 18].



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

Bosimning keskin o'zgarishi quyidagi jarayonlarga ta'sir ko'rsatadi:

- ✓ yog'ingarchilik ehtimoli;
- ✓ shamol tezligi;
- ✓ havo massalarining almashinuvi;
- ✓ namlikning o'zgarishi.

Monitoring tizimida atmosfera bosimi doimiy ravishda kuzatilib, tarixiy ma'lumotlar bazasida saqlanadi. Keyinchalik ushbu ma'lumotlar sun'iy intellekt algoritmlari yordamida ob-havo tendensiyalarini prognozlashda foydalaniladi.

3) *Havodagi zararli gazlarni monitoring qilish*

Atmosfera havosining sifati ekologik xavfsizlikni baholashda eng muhim omillardan biridir [3, 6]. Shu sababli monitoring tizimiga MQ seriyali gaz sensorlari integratsiya qilindi.

Ular quyidagi gazlarni aniqlash imkonini beradi:

- ✓ metan (CH_4);
- ✓ propan;
- ✓ butan;
- ✓ uglerod oksidi (CO);
- ✓ vodorod;
- ✓ tutun va yonuvchi gazlar.

Sensorlar gaz konsentratsiyasi ortgan holatlarda foydalanuvchini avtomatik ravishda ogohlantirish imkoniyatiga ega.

Gaz konsentratsiyasining o'zgarishi sun'iy intellekt algoritmlari yordamida tahlil qilinadi va xavfli holatlar prognoz qilinadi.

4) *PM2.5 va PM10 zarrachalarini monitoring qilish*

Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti ma'lumotlariga ko'ra, PM2.5 zarrachalari inson salomatligi uchun eng xavfli atmosfera ifloslantiruvchilaridan biri hisoblanadi. Diametri



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

2,5 mkm dan kichik bo'lgan ushbu zarrachalar nafas olish tizimi orqali o'pkaga, undan esa qon aylanish tizimiga kirib borishi mumkin [7–10, 16].

Monitoring tizimida lazer asosida ishlovchi chang sensori qo'llanilib, u quyidagi ko'rsatkichlarni aniqlaydi:

- ✓ PM1.0;
- ✓ PM2.5;
- ✓ PM10.

Sensor yordamida olingan ma'lumotlar real vaqt rejimida serverga uzatiladi hamda grafik ko'rinishda aks ettiriladi.

Shuningdek, sun'iy intellekt algoritmlari PM2.5 konsentratsiyasining ortish tendensiyasini aniqlab, foydalanuvchini oldindan ogohlantirish imkoniyatiga ega.

•IoT va ma'lumotlarni uzatish texnologiyasi

Internet of Things (IoT) texnologiyasi zamonaviy monitoring tizimlarining asosiy tarkibiy qismlaridan biri bo'lib, fizik qurilmalar, sensorlar va serverlarni yagona axborot tarmog'iga birlashtirish imkonini beradi. Ushbu texnologiya yordamida atrof-muhit parametrlarini real vaqt rejimida yig'ish, uzatish, saqlash va tahlil qilish mumkin. Natijada monitoring jarayoni avtomatlashtiriladi, inson omili kamayadi hamda ekologik holatni masofadan turib kuzatish imkoniyati yaratiladi.

Taklif etilgan monitoring tizimida IoT texnologiyasi barcha modullarni yagona axborot almashish muhitiga birlashtiradi. Sensorlardan olingan ma'lumotlar mikroprotssessor tomonidan yig'ilib, dastlabki qayta ishlanadi va standart formatga keltiriladi. Shundan so'ng ular simsiz aloqa texnologiyalari orqali markaziy serverga uzatiladi. Serverda ma'lumotlar bazasiga saqlanib, sun'iy intellekt algoritmlari yordamida tahlil qilinadi hamda veb-platforma orqali foydalanuvchilarga grafik va jadval ko'rinishida taqdim etiladi.



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

Monitoring tizimining apparat qismi energiya tejankor mikroprotsessor asosida qurilgan. Amaliyotda IoT qurilmalarida ESP32, ESP8266 va STM32 kabi platformalardan keng foydalaniladi. Mazkur tadqiqotda ESP32 mikroprotsessori tanlangan bo'lib, u Wi-Fi modulining ichki integratsiyasi, kam energiya sarfi va yuqori ishlash unumdorligi bilan ajralib turadi. Mikroprotsessor sensorlardan kelayotgan ma'lumotlarni yig'ish, qayta ishlash va serverga uzatish vazifalarini bajaradi.

Ma'lumotlarni uzatishda Wi-Fi yoki GSM/4G aloqa texnologiyalaridan foydalanish mumkin. Wi-Fi internet tarmog'i mavjud hududlarda yuqori tezlikda ma'lumot uzatishni ta'minlasa, GSM modullari (SIM800L, SIM7600) mobil aloqa tarmoqlari orqali uzoq va infratuzilmasi rivojlanmagan hududlarda monitoringni tashkil etish imkonini beradi. Bu esa tizimning turli geografik sharoitlarda ishlashini ta'minlaydi.

Sensorlardan olingan ma'lumotlar JSON formatida shakllantirilib, HTTP/HTTPS yoki MQTT protokollari orqali serverga uzatiladi [7, 9]. JSON formati ixchamligi va platformalararo mosligi sababli IoT tizimlarida keng qo'llaniladi, MQTT esa kam energiya sarfi va past trafik bilan ishlashi tufayli monitoring qurilmalari uchun samarali protokol hisoblanadi.

Markaziy server monitoring tizimining asosiy boshqaruv qismi bo'lib, kelayotgan ma'lumotlarni qabul qiladi, ma'lumotlar bazasiga saqlaydi va keyingi tahlillar uchun arxivlaydi. Ma'lumotlarni saqlashda MySQL yoki InfluxDB ma'lumotlar bazalaridan foydalanish mumkin. To'plangan tarixiy ma'lumotlar ekologik ko'rsatkichlarning o'zgarish dinamikasini tahlil qilish, statistik hisobotlarni shakllantirish va prognozlash algoritmlarini ishlab chiqishda muhim ahamiyatga ega.

Ma'lumotlarning xavfsizligini ta'minlash maqsadida server bilan aloqa shifrlangan HTTPS protokoli orqali amalga oshiriladi, foydalanuvchilar autentifikatsiyadan o'tkaziladi va ma'lumotlar bazasining zaxira nusxalari muntazam yaratiladi. Bu tizimning ishonchliligi va uzluksiz ishlashini ta'minlaydi.



JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

Shunday qilib, IoT texnologiyalarining qo'llanilishi monitoring tizimining funksional imkoniyatlarini kengaytirib, atrof-muhit parametrlarini real vaqt rejimida kuzatish, ma'lumotlarni masofadan uzatish va markazlashgan holda tahlil qilish imkonini beradi [7–13]. Mazkur yechim energiyaga bog'liq bo'lmagan intellektual monitoring tizimining samaradorligi, ishonchliligi va amaliy qo'llanilish doirasini sezilarli darajada oshiradi.

XULOSA

Mazkur tadqiqotda atrof-muhit parametrlarini monitoring qilishning energiyaga bog'liq bo'lmagan intellektual tizimi ishlab chiqildi va uning ishlash tamoyillari ilmiy jihatdan asoslandi. Taklif etilgan tizim zamonaviy IoT texnologiyalari, mikroprotessorli boshqaruv, simsiz aloqa vositalari, veb-platforma hamda sun'iy intellekt algoritmlarini yagona kompleksga integratsiyalash orqali ekologik monitoringni real vaqt rejimida amalga oshirish imkonini beradi.

Tizim yordamida harorat, havoning nisbiy namligi, atmosfera bosimi, havodagi zararli gazlar, shuningdek PM2.5 va PM10 zarrachalari uzluksiz nazorat qilinadi. Sensorlardan olingan ma'lumotlar simsiz aloqa kanallari orqali markaziy serverga uzatiladi, ma'lumotlar bazasida saqlanadi va sun'iy intellekt algoritmlari yordamida tahlil qilinadi. Natijalar foydalanuvchilarga veb-platforma orqali grafik va jadval ko'rinishida taqdim etilib, ekologik holatni masofadan turib kuzatish imkoniyati yaratiladi.

Eksperimental sinovlar ishlab chiqilgan tizimning barqaror va ishonchli ishlashini tasdiqladi. Sensorlardan olingan ma'lumotlarning serverga uzatilishi uzluksiz amalga oshirildi, real vaqt rejimida monitoring ta'minlandi hamda sun'iy intellekt algoritmlari ekologik parametrlarning o'zgarish tendensiyalarini aniqlash va anomal holatlarni o'z vaqtida qayd etishda samarali natijalarni ko'rsatdi. Quyosh paneli asosidagi avtonom





JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

energiya ta'minoti esa monitoring stansiyasining tashqi elektr tarmog'iga bog'liq bo'lmagan holda uzoq muddat ishlashini ta'minladi.

Taklif etilgan tizimning asosiy afzalliklari sifatida energiya samaradorligi, modulli arxitektura, real vaqt rejimida monitoringni tashkil etish, ma'lumotlarni markazlashtirilgan holda saqlash, sun'iy intellekt asosida tahlil qilish va masofadan boshqarish imkoniyatlarini alohida ta'kidlash mumkin. Ushbu xususiyatlar tizimni ekologik monitoring, meteorologik kuzatuvlar, aqlli shahar (Smart City), sanoat korxonalarida ekologik nazorat hamda ta'lim va ilmiy tadqiqot muassasalarida qo'llash uchun istiqbolli yechim sifatida tavsiflaydi.

Kelgusidagi tadqiqotlarda monitoring tizimini qo'shimcha ekologik sensorlar bilan kengaytirish, mashinaviy o'qitish va chuqur o'rganish (Deep Learning) algoritmlarini qo'llash orqali prognozlash aniqligini oshirish, shuningdek, mobil ilovalar va bulutli platformalar bilan integratsiyalash rejalashtirilgan. Bu esa atrof-muhit monitoringining samaradorligini yanada oshirish, ekologik xavflarni erta aniqlash va tezkor boshqaruv qarorlarini qabul qilish imkoniyatlarini kengaytiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi PF-6079-son Farmoni "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida". – Toshkent, 2020.
2. Mirziyoyev Sh. M. Yangi O'zbekiston strategiyasi. – Toshkent: O'zbekiston, 2021. – 464 b.
3. World Health Organization. WHO Global Air Quality Guidelines: Particulate Matter (PM_{2.5} and PM₁₀), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide. – Geneva: World Health Organization, 2021. – 273 p.
4. World Meteorological Organization. State of the Global Climate 2024. – Geneva: WMO, 2025. – 56 p.





JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

5. International Energy Agency. Renewables 2024: Analysis and Forecast to 2030. – Paris: IEA, 2024. – 238 p.
6. United States Environmental Protection Agency. Air Sensor Guidebook. 2nd ed. – Washington, DC: U.S. EPA, 2022. – 96 p.
7. Al-Fuqaha A., Guizani M., Mohammadi M., Aledhari M., Ayyash M. Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2015. – Vol. 17, No. 4. – P. 2347–2376.
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, No. 7. – P. 1645–1660.
9. Li S., Xu L. D., Zhao S. The Internet of Things: A Survey // Information Systems Frontiers. – 2015. – Vol. 17, No. 2. – P. 243–259.
10. Ray P. P. A Survey on Internet of Things Architectures // Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences. – 2018. – Vol. 30, No. 3. – P. 291–319.
11. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th ed. – Hoboken: Pearson, 2021. – 1136 p.
12. Варламова Л.П., Рахимова М.М. Интеграция IoT-технологий в системе управления микроклиматом на основе математического моделирования // Образование и наука в XXI веке. — 2025. — Вып. 66-1, т. 1. — ст. 368–377.
13. Bishop C. M. Pattern Recognition and Machine Learning. – New York: Springer, 2006. – 738 p.
14. Bosch Sensortec GmbH. BME280 Combined Humidity and Pressure Sensor. Datasheet. – Bosch Sensortec, 2022. – 55 p.
15. Espressif Systems. ESP32 Series Datasheet. Version 5.0. – Shanghai: Espressif Systems, 2023. – 76 p.





JOURNAL OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE RESEARCH

VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

16. Plantower Co., Ltd. PMS5003 Series Data Manual. – Beijing: Plantower, 2023. – 10 p.
17. Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd. MQ-135 Gas Sensor Manual. – Zhengzhou: Winsen Electronics, 2021. – 6 p.
18. Copernicus Atmosphere Monitoring Service. European Air Quality Forecasts and Atmospheric Monitoring Reports. – Reading: European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), 2024.
19. ISO 37120:2018. Sustainable Cities and Communities — Indicators for City Services and Quality of Life. – Geneva: International Organization for Standardization, 2018.

