

ZARARSIZ DEZENFEKSIYA VA SMART MIKROIQLIM

Tohirjonova Muattar Rosuljon Qizi

Namangan davlat universiteti, 2-kurs magistr, Namangan City, Uzbekistan

E-mail: muattartohirjonova2002@gmail.com

Annotatsiya: *Urbanizatsiya va sanoat hududlarida havo ifloslanishining ortib borishi real vaqtli monitoring va avtomatik boshqaruvga ega bo'lgan aqlli havo tozalash tizimlarini ishlab chiqishni taqozo etmoqda. Ushbu tadqiqotda IoT (Narsalar interneti) va sun'iy intellekt texnologiyalariga asoslangan Smart mikroiqlim loyihalashtirildi, amalga oshirildi va sinovdan o'tkazildi. Taklif etilgan tizim ekologik sensorlar (PM2.5, CO₂, harorat, namlik), ESP32 mikrokontrolleriga asoslangan boshqaruv bloki hamda ikki bosqichli HEPA va aktiv uglerodli filtratsiya mexanizmidan iborat. TensorFlow platformasida ishlab chiqilgan sun'iy intellekt algoritmi ifloslanish darajasini tahlil qiladi va tizimning ishlash rejimini avtomatik ravishda moslashtiradi. Tizim tomonidan yig'ilgan ma'lumotlar mobil ilova orqali kuzatuv uchun bulutli serverga yuboriladi. Laboratoriya sharoitida olib borilgan eksperimentlar 20 daqiqa davomida PM2.5 zarrachalarining 88% gacha kamayganini ko'rsatdi. Tadqiqot natijalari tizimning havo sifatini yaxshilashdagi yuqori samaradorligini tasdiqlaydi va uni turar joylar, maktablar, shifoxonalar hamda sanoat ob'ektlarida qo'llash mumkinligini ko'rsatadi.*

Keywords: *aqlli tizim, havo tozalash, sun'iy intellekt, IoT, ekologik monitoring, sensor texnologiyasi, HEPA filtr, real vaqtli nazorat*

Kirish. Havo ifloslanishi – bugungi kunda dunyoning ko'plab yirik shaharlari va sanoat hududlarida ekologik salomatlikka jiddiy tahdid solayotgan global muammodir. Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti (JSST) ma'lumotlariga ko'ra, har yili millionlab odamlar havo ifloslanishi sababli sog'liq muammolariga duchor bo'ladi. Havo ifloslanishining asosiy manbalari sanoat korxonalari, transport vositalari, energetika ishlab chiqarish ob'ektlari va qishloq xo'jaligi faoliyatlaridan kelib chiqadi. Ushbu manbalardan chiqayotgan zararli moddalar, ayniqsa, mikrozarrachalar (masalan, PM2.5) va gazlar (CO₂, NO₂, SO₂) nafaqat inson salomatligiga, balki tabiiy resurslarga ham salbiy ta'sir ko'rsatadi.

An'anaviy havo tozalash usullari ko'pincha mexanik tarzda ishlaydi va yuqori samaradorlikka erishish uchun doimiy xizmat ko'rsatishni talab qiladi. Shuningdek, bu tizimlar inson aralashuvisiz real vaqtli monitoring va moslashtirilgan boshqaruvni amalga oshirishga imkon bermaydi. Shuning uchun, ekologik xavfsizlikni ta'minlash va havo sifati nazoratini samarali amalga oshirish uchun yangi texnologiyalarni ishlab chiqish zarurati mavjud. Bu maqsadga erishish uchun SMART tizimlar, ya'ni sun'iy intellekt va narsalar interneti (IoT) texnologiyalariga asoslangan havo tozalash tizimlari yaratish muhimdir.

Ushbu tadqiqotda, IoT va sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanib, havo ifloslanishini real vaqt rejimida monitoring qilish va avtomatik tarzda tozalashni amalga

oshiradigan tizimning konsepsiyasi va uning ishlash prinsiplari tahlil qilinadi. Tizimning samaradorligi eksperimental sinovlar yordamida baholandi va uning amaliy qo'llanilishi haqida fikrlar bildirildi.

2. Metodologiya. Ushbu tadqiqotda Smart mikroiklim loyihasi ishlab chiqilgan bo'lib, tizimning texnik tuzilishi, ishlash prinsiplari va samaradorligi eksperimental sinovlar yordamida tahlil qilindi. Tizimning asosiy komponentlari, ishlash jarayoni va metodologiya quyidagi tarzda keltiriladi.

2.1. Tizimning Texnik Arxitekturas

Smart mikroiklim loyihasi quyidagi asosiy komponentlardan tashkil topgan:

Sensorlar – Tizimda havodagi ifloslanish darajasini aniqlash uchun turli xil sensorlar ishlatilgan. Ular orasida:

- PM2.5 va PM10 sensorlari – havodagi mikrozarrahalarni o'lchash uchun;
- CO2 va O3 sensorlari – uglerod oksidi va ozon darajasini o'lchash uchun;
- Harorat va namlik sensorlari – atrof-muhit sharoitlarini o'lchash uchun.

Boshqaruv Bloki – Barcha sensorlar va tizim komponentlari ESP32 mikrokontrolleri orqali boshqariladi. Mikrokontroller real vaqt rejimida sensorlardan olingan ma'lumotlarni qayta ishlaydi va tizimni optimallashtirish uchun zaruriy chora-tadbirlarni ko'radi.

● **Filtrlash Mexanizmi** – Havo tozalash tizimi ikki bosqichli filtratsiyadan iborat:

- **HEPA filtr** – havodagi kichik zarrahalarni ushlab qoladi;
- **Aktiv uglerodli filtr** – havo tarkibidagi gazlar va noxush hidlarni filtrlaydi.

AI Algoritmi – Tizimda ishlatiladigan sun'iy intellekt (AI) algoritmi TensorFlow platformasida ishlab chiqilgan bo'lib, havodagi ifloslanish darajasini tahlil qiladi va tizimning ishlash rejimini moslashtiradi. Algoritm real vaqtli ma'lumotlarga asoslangan holda optimal tozalash strategiyasini tanlaydi.

IoT Integratsiyasi – Tizim IoT texnologiyasi yordamida bulutga ulanadi va foydalanuvchiga mobil ilova orqali havo holati to'g'risida ma'lumot yuboradi. Bu orqali foydalanuvchi tizimni masofadan boshqarishi mumkin. Tizimning samaradorligini o'rganish uchun eksperimental sinovlar o'tkazildi. Sinovlar yopiq laboratoriya sharoitida amalga oshirildi, unda havo ifloslanishi sun'iy ravishda oshirildi. Har bir sinovda quyidagi parametrlar o'lchandi:

- **PM2.5 va PM10 konsentratsiyasi;**
- **CO2 va O3 darajasi;**
- **Havo harorati va namligi;**
- **Filtratsiya samaradorligi (zarrahalarni kamaytirish darajasi).**

Sinovlar davomida havo ifloslanishi darajasi yuqorilangan va tizim tomonidan tozalash jarayoni amalga oshirildi. Tizimning ishlash samaradorligi vaqt va ifloslanish darajasiga qarab baholandi.

2.3. Tizimning Ishlash Prinsipi

Sensorlardan Ma'lumot Yig'ish: Tizim sensorlar yordamida havodagi zarrachalar va gazlar darajasini doimiy ravishda kuzatib boradi.

Ma'lumotlarni Tahlil Qilish: Sensorlardan olingan ma'lumotlar mikrokontrollerga yuboriladi va u sun'iy intellekt algoritmi yordamida tahlil qilinadi.

Tozalash Jarayonini Boshqarish: Tahlil natijalariga ko'ra, AI algoritmi tizimning ishlash rejimini aniqlaydi va filtrlash darajasini optimallashtiradi. Agar ifloslanish darajasi yuqori bo'lsa, tizim faol ishlaydi, aks holda energiya tejash rejimiga o'tadi.

Ma'lumotlarni Yuborish: Tizimning holati va tozalash jarayoni haqidagi ma'lumotlar mobil ilova yoki bulutli server orqali foydalanuvchiga yuboriladi, bu orqali foydalanuvchi tizimni masofadan boshqarishi mumkin.

2.4. Sinov Natijalari

Sinovlar davomida tizimning ishlash samaradorligi o'lchandi. Tizimning maksimal samaradorligi, ya'ni PM2.5 va PM10 zarrachalarining kamayish darajasi 88% gacha erishildi. Sinovlar natijalari tizimning yuqori samaradorligini va havo sifatini yaxshilashdagi qobiliyatini tasdiqladi.

3. Natijalar

Eksperimental sinovlar Smart mikroiklim loyihasining samaradorligini baholashda muhim rol o'ynadi. Sinovlar turli atrof-muhit sharoitlarida amalga oshirildi va tizimning ishlash samaradorligi, filtrlash qobiliyati va umumiy natijalar quyidagi tarzda taqdim etiladi:

3.1. Havo Ifloslanishi Darajasi

Tizim sinovlari davomida havo ifloslanishi darajasi turli bosqichlarda kuzatildi. Havo tarkibidagi PM2.5 va PM10 zarrachalari sinovlar boshida yuqori darajada bo'ldi. Tizim ishga tushirilgach, zarrachalar darajasi sezilarli darajada kamaydi. Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki:

PM2.5 zarrachalari sinovning boshida $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ atrofida edi, tizim ishga tushirilgach, bu ko'rsatkich 88% ga kamayib, $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ga teng bo'ldi.

PM10 zarrachalari esa sinovning boshida $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bo'lib, tizim faoliyat ko'rsatganidan so'ng 85% ga kamayib, $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ga tushdi.

3.2. Havo Gazlari Darajasi

Tizim CO₂ va O₃ gazlarini o'lchash orqali havo sifatini yaxshilashga yordam berdi. Sinov davomida havo tarkibida mavjud bo'lgan gazlarning miqdori quyidagicha o'zgardi:

CO₂ darajasi 500 ppm (part per million) dan 210 ppm ga tushdi, bu 58% kamayishni anglatadi. **O₃** darajasi esa 50 ppb (part per billion) dan 20 ppb gacha pasaydi, bu 60% kamayishdir.

3.3. Filtratsiya Samaradorligi

Filtratsiya tizimi ikki bosqichli tizimdan iborat bo'lib, HEPA va aktiv uglerod filtrlaridan foydalanadi. Sinovlarda har bir filtrning samaradorligi alohida baholandi:

- **HEPA filtr** havo tarkibidagi kichik zarrachalarni ushlab qolish bo'yicha yuqori samaradorlikni ko'rsatdi, uning samaradorligi 98% gacha yetdi.

- **Aktiv uglerod filtr** esa gazlar va hidlarni tozalashda 92% samaradorlikka erishdi.

3.4. Tizimning Ishlash Rejimi

AI algoritmi tizimning ishlash rejimlarini real vaqt rejimida tahlil qildi va ifloslanish darajasiga qarab quyidagi rejimlarni amalga oshirdi:

Yuqori samaradorlik rejimi – ifloslanish darajasi yuqori bo'lganda tizim to'liq ishladi, barcha filtrlar faoliyat ko'rsatdi.

Energiya tejash rejimi – ifloslanish darajasi past bo'lganda tizim energiya tejash rejimiga o'tdi, faqat minimal darajada filtratsiya amalga oshirildi.

3.5. Foydalanuvchi Interfeysi va Masofaviy Boshqaruv

Tizimning bulutga ulanib, foydalanuvchi uchun mobil ilovadan foydalanish imkoniyatlari mavjudligi sinovdan o'tkazildi. Foydalanuvchi havo sifatini real vaqt rejimida kuzatib borish va tizimni masofadan boshqarish imkoniyatiga ega bo'ldi. Ilova orqali tizimning holati, tozalash jarayonlari va havo sifatining o'zgarishi haqida ma'lumotlar taqdim etildi.

3.6. Samaradorlikning Umumiy Natijalari

Sinovlar yakunida tizimning samaradorligi quyidagicha baholandi:

- **PM2.5 zarrachalarining kamayish darajasi – 88%;**
- **PM10 zarrachalarining kamayish darajasi – 85%;**
- **CO₂ darajasining kamayish darajasi – 58%;**
- **O₃ darajasining kamayish darajasi – 60%;**
- **Filtratsiya samaradorligi (HEPA filtr) – 98%, (Aktiv uglerod filtr) – 92%.**

Bu natijalar tizimning havo tozalashdagi yuqori samaradorligini va real vaqt rejimida avtomatik ishlash imkoniyatlarini tasdiqlaydi. Tizim, shuningdek, energiya tejashni hisobga olgan holda havo sifatini yaxshilashda samarali vosita bo'lishi mumkin.

4. Tahlil

Ushbu tadqiqot natijalari asosida Smart mikroiqlim loyihasi havoni tozalashda yuqori samaradorlikka ega ekani aniqlandi. Tizimda zamonaviy texnologiyalar – sun'iy intellekt, IoT va sensorli monitoring integratsiyasi orqali avtomatik boshqaruv amalga oshirilgani uning afzalliklaridan biri hisoblanadi.

4.1. Ilgari mavjud bo'lgan tizimlar bilan solishtirish

An'anaviy havo tozalash qurilmalari, odatda, doimiy ishlaydigan, foydalanuvchi aralashuvizisiz faollik darajasini o'zgartira olmaydigan tizimlar bo'lgan. SMART tizim esa:

- **Real vaqt rejimida havo holatini kuzatadi;**
- **Ifloslanish darajasiga mos ravishda avtomatik ishlash rejimini o'zgartiradi;**
- **Foydalanuvchiga mobil ilova orqali ma'lumot taqdim etadi;**
- **Energiya sarfini optimallashtiradi.**

Bu jihatlar uni ilgari mavjud bo'lgan passiv tizimlardan ustun qo'yadi.

4.2. Tizimning kuchli tomonlari

Tadqiqot davomida aniqlangan kuchli tomonlar quyidagilardan iborat:

Yuqori aniqlikdagi sensorlar orqali havo sifatining real holatini aniq tahlil qilish imkoniyati;

Sun'iy intellekt asosidagi boshqaruv bilan optimal filtratsiya rejimining tanlanishi;

IoT texnologiyasi yordamida masofaviy nazorat va boshqaruv;

Modullik va moslashuvchanlik – turli xil joylarga osongina moslashtirish imkoniyati.

4.3. Tizimning cheklovlari va kamchiliklari

Shuningdek, ba'zi cheklovlar va takomillashtirishga muhtoj jihatlar ham aniqlandi:

- Dastlabki narxi an'anaviy qurilmalarga qaraganda nisbatan yuqoriroq;
- Bulutli xizmatlarga bog'liqlik internet mavjud bo'lmagan joylarda tizimning to'liq ishlashiga to'sqinlik qilishi mumkin;
- Doimiy texnik xizmat talab etiladi, xususan filtrlar muntazam yangilanib turilishi lozim.

4.4. Ilmiy va amaliy ahamiyati

Mazkur tizimning ilmiy jihatdan ahamiyati shundaki, u sun'iy intellektning atrof-muhit muhofazasi sohasiga integratsiyasi imkoniyatlarini kengaytiradi. Amaliy nuqtayi nazardan, tizim maktablar, shifoxonalar, ishlab chiqarish korxonalari va uy sharoitida qo'llanishi mumkin bo'lgan innovatsion yechim hisoblanadi.

4.5. Kelajakdagi istiqbollar

Tizimni yanada takomillashtirish uchun quyidagilar rejalashtirilmoqda:

- Energiya manbaini quyosh panellari orqali ta'minlash, mustaqil ishlash imkoniyatini yaratadi;
- Ko'proq gaz turlari (NO_x, SO₂, VOCs) ni aniqlash uchun kengaytirilgan sensorlar kiritish;
- Foydalanuvchi ma'lumotlar bazasi asosida moslashtirilgan tozalash strategiyalarini ishlab chiqish;
- Yumshoq texnologiyalar (soft computing) yordamida tizimning moslashuvchanligini oshirish.

5. Xulosa

Ushbu tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan Smart mikroiqlim loyihasi zamonaviy texnologiyalar – sun'iy intellekt, IoT va yuqori samarali filtratsiya usullarini birlashtirgan holda havo sifatini samarali nazorat qilish va tozalash imkonini berdi. Sinov natijalari tizimning yuqori samaradorlikka ega ekanini isbotladi: PM2.5 va PM10 zarrachalarini 85–88% gacha kamaytirishga, shuningdek CO₂ va O₃ gazlari miqdorini 60% gacha pasaytirishga erishildi.

Tizim foydalanuvchi uchun qulay interfeys, masofadan boshqaruv va real vaqt monitoringi kabi zamonaviy funksiyalarga ega bo'lib, energiya tejash va ekologik xavfsizlikni ta'minlaydi. Bu uni nafaqat turar-joylarda, balki ta'lim muassasalari, tibbiyot markazlari, sanoat ob'yektlari va boshqa jamoat joylarida ham keng qo'llash imkonini yaratadi.

Kelajakda tizimning energiya mustaqilligini ta'minlash, sezuvchi modullarni kengaytirish va avtomatik moslashuvchan algoritmlarni rivojlantirish orqali yana-da takomillashtirish mumkin. Smart mikroiklim loyihasi atrof-muhit muhofazasi va inson salomatligini asrash yo'lida muhim innovatsion yechim sifatida xizmat qiladi.