



SANOAT ZONALARIDA SUV IFLOSLANISHINING OLDINI OLISH VA IFLOSLANGAN SUVNI TOZALASHDA IOT TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANISH

Safarov Elyorbek

Andijon davlat texnika instituti

elyorbeksafarov7@gmail.com

tel.: +998937819264

Tillayeva Dilobar Abdugoffor kizi

Andijon davlat texnika instituti

tel: +998 94 564 10 04

Annotatsiya. Sanoat zonalari ekologik suv ifloslanishining asosiy manbalaridan biri hisoblanadi. An'anaviy nazorat va tozalash tizimlari real vaqt rejimida ishlamaydi, bu esa ifloslanishning o'z vaqtida aniqlanmasligiga olib keladi. Ushbu maqolada Internet of Things (IoT) texnologiyasi yordamida sanoat hududlarida suv ifloslanishini qanday oldini olish mumkinligi hamda tozalash jarayonini qanday optimallashtirish mumkinligi ko'rib chiqiladi. Aqlli sensorlar, avtomatik ma'lumot yig'ish, bulutli tahlil va prognozlash asosida ifloslanishning oldini olish imkoniyati yaratiladi. Ushbu yondashuv ekologik barqarorlik va sanoatning ekologik me'yorlarga mos faoliyat yuritishini ta'minlaydi.

Kalit so'zlar. Sanoat oqava suvlari, IoT, real vaqt monitoringi, ifloslanishni oldini olish, aqlli sensorlar, avtomatlashtirilgan tozalash, barqaror suv boshqaruvi

Kirish.

Sanoatning rivojlanishi bilan birga, atrof-muhitga zarar yetkazuvchi omillar ham ortib bormoqda. Suv resurslariga to'g'ridan-to'g'ri yoki bilvosita tashlanadigan zararli chiqindilar, ayniqsa kimyoviy moddalar va og'ir metallarning mavjudligi ekologik muvozanatga jiddiy ta'sir ko'rsatadi. Ko'pgina sanoat korxonalarida chiqindilarini to'liq tozalamasdan tashlaydi, bu esa daryo va yer osti suvlarining ifloslanishiga olib keladi [1].

IoT texnologiyasi orqali ushbu muammoning oldini olish mumkin. Mazkur maqolada IoT asosida ishlovchi aqlli monitoring va avtomatlashtirilgan tozalash tizimlarining afzalliklari va amaliyotga joriy etish usullari keng muhokama qilinadi [2].

Real vaqtli monitoring tizimlari atrof-muhit holatini doimiy nazorat qilish imkonini beradigan zamonaviy texnologik yondashuvlardan biridir. Ayniqsa, sanoat zonalarda suv ifloslanishini aniqlash va unga tezkor choralar ko'rish uchun bu tizimlar muhim ahamiyatga ega. Internet of Things (IoT) — ya'ni "Narsalar internet" texnologiyasi yordamida bu monitoring tizimlari yanada samarali, aniqligi yuqori va masofaviy boshqaruvga ega holga kelmoqda [3].

Asosiy qism.

IoT tizimida suv oqimi, sifati va ifloslanish darajasini aniqlovchi turli sensorlar foydalaniladi. Ular orasida pH o'lchagichlar, turbidity (loyqalilik) sensorlari, harorat sensorlari, oksigen miqdorini o'lchovchi sensorlar, elektr o'tkazuvchanlik (EC) sensori, BOD (Biologik kislorod talabi), COD (Kimyoviy kislorod talabi) kabi ko'rsatkichlarni aniqlovchi qurilmalar mavjud. Ushbu sensorlar sanoat chiqindi suvining chiqish joylariga yoki yaqin atrofdagi suv havzalariga o'rnatiladi [4].

Sensorlar yig'gan ma'lumotlar mikroprotsesszorlar (masalan, Arduino, ESP32) orqali dastlabiy tahlildan o'tkaziladi va raqamli shaklga keltiriladi. Ushbu raqamli ma'lumotlar Wi-Fi, GSM, LoRa yoki NB-IoT orqali real vaqt rejimida bulutli serverlarga uzatiladi. Bulut tizimida bu ma'lumotlar saqlanadi, vizual ko'rinishga keltiriladi (grafikalar, diagrammalar) va doimiy ravishda yangilanadi.

Monitoring tizimi foydalanuvchilarga — sanoat korxonalarida ekologlari, tabiatni muhofaza qilish xodimlari yoki davlat nazoratchilariga — istalgan vaqtda masofadan turib suv holatini ko'rib chiqish imkonini beradi. Tizimda aniqlangan me'yorlardan og'ish bo'lsa (masalan, pH 6.5 dan past



bo'lsa yoki COD 250 mg/l dan yuqori bo'lsa), avtomatik ogohlantirishlar yuboriladi. Bu ogohlantirishlar SMS, e-mail yoki mobil ilova orqali tegishli mutasaddilarga yetkaziladi.

Shuningdek, real vaqtli monitoring tizimi ma'lumotlar asosida ilg'or tahlil va prognozlash funksiyalarini ham bajaradi. Misol uchun, doimiy ravishda ma'lumot yig'ilgan sari, tizim daryo yoki oqava quvurlaridagi ifloslanish tendensiyalarini aniqlab, kelajakda qanday xavf yuzaga kelishi mumkinligini bashorat qilishi mumkin. Bu esa sanoat korxonalariga oldindan chora ko'rish imkonini beradi.

Shunday qilib, IoT texnologiyasiga asoslangan real vaqtli monitoring sanoat zonalarida ekologik xavfsizlikni ta'minlash, tezkor nazoratni amalga oshirish va ifloslanish oqibatlarini kamaytirish uchun samarali vosita hisoblanadi. U nafaqat tezkor axborot almashinuvini, balki uzoq muddatli statistik tahlil va rejalashtirish imkoniyatlarini ham yaratadi.

1.Oqava suvni tozalashda IoT yondashuvi.

Sanoat korxonalarining faoliyati natijasida hosil bo'ladigan oqava suvlar tarkibida turli xil zararli modda va kimyoviy birikmalar bo'lishi mumkin. Bunday ifloslangan suvlar atrof-muhitga chiqarilishidan oldin albatta tozalanishi lozim. An'anaviy tozalash usullari ko'plab resurslarni talab qiladi, qo'lda boshqariladi va har doim ham doimiy nazorat va maksimal natijani ta'minlay olmaydi. Zamonaviy yondashuvlar orasida Internet of Things texnologiyasi eng samarali va istiqbolli yo'nalishlardan biri sifatida e'tirof etiladi [5].

IoT texnologiyasi yordamida oqava suvni tozalash jarayoni avtomatlashtiriladi, nazorat ostida bo'ladi va real vaqt rejimida boshqariladi. Ushbu tizim suv tarkibidagi asosiy ko'rsatkichlarni doimiy o'lchaydigan sensorlardan, ma'lumotlarni uzatadigan mikrokontrollerlardan, faoliyatni avtomatik boshqaradigan qurilmalardan va barcha jarayonni nazorat qiladigan bulutli platformadan tashkil topgan. Sensorlar pH, harorat, kislorod miqdori, elektr o'tkazuvchanlik, BOD, COD va boshqa muhim parametrlarni aniqlaydi. Ushbu ma'lumotlar dastlab mikrokontrollerga tushadi va u orqali simsiz aloqa orqali masofaviy serverga uzatiladi.

Bulutli tizim bu ma'lumotlarni doimiy kuzatib boradi va tahlil qiladi. Agar ko'rsatkichlar me'yorlardan chetga chiqsa, tizim avtomatik ravishda kerakli chora-tadbirlarni ishga tushiradi. Masalan, pH darajasi pasayganda neytrallovchi reagentlar avtomatik tarzda qo'shiladi yoki kislorod miqdori kamayganda aeratorlar faollashadi. Bu esa ifloslangan suvni sifatli tozalash, ekologik me'yorlarga rioya qilish va tabiiy suv havzalarini himoya qilish imkonini beradi.

IoT texnologiyasi yordamida tozalash jarayonlari nafaqat avtomatik, balki aniq va optimallashtirilgan bo'ladi. Har bir tozalash bosqichida sensorlar orqali aniqlik ta'minlanadi va buning natijasida ortiqcha kimyoviy moddalar sarfi kamayadi, energiya tejiladi va inson omiliga bog'liq xatoliklar bartaraf etiladi. Ushbu tizimlar orqali tarixiy ma'lumotlarni saqlab borish, tahlil qilish va kelgusida rejalashtirish ham osonlashadi. Uzoq muddatli ishlash jarayonida tizim samaradorligini baholash, texnik xizmat ko'rsatish rejasini ishlab chiqish yoki ekologik hisobotlar tayyorlash imkoniyati paydo bo'ladi [6, 7].

IoT asosida avtomatlashtirilgan oqava suvni tozalash tizimlari sanoat uchun ekologik xavfsizlikni ta'minlashda muhim o'rin tutadi. Ushbu tizimlar korxonalar faoliyatini barqarorlashtirish, xalqaro standartlarga mos faoliyat yuritish va suv resurslaridan oqilona foydalanish imkonini beradi. Dastlabki investitsiyalar talabi mavjud bo'lsa-da, uzoq muddatda bu tizimlar iqtisodiy jihatdan ham foydali va ekologik jihatdan mas'uliyatli yechim hisoblanadi.

2.Amaliy muammolar va takliflar

Sanoat zonalarida IoT texnologiyasini oqava suvlarni nazorat qilish va tozalash jarayoniga joriy etishda bir qator amaliy muammolar yuzaga kelishi mumkin. Bunday tizimlarni to'liq ishlashini ta'minlash uchun texnik, iqtisodiy va tashkiliy jihatlarga alohida e'tibor qaratish zarur bo'ladi. Eng avvalo, bu turdagi tizimlar barqaror elektr ta'minoti va doimiy internet aloqasini talab qiladi. Aksariyat sanoat hududlarida aynan ushbu ikki omil yetarli darajada ta'minlanmagan bo'lishi mumkin. Ayniqsa, chekka hududlarda joylashgan korxonalar uchun bu muammo dolzarb hisoblanadi.



Sensornlarning o‘z vaqtida to‘g‘ri ishlashi uchun ularni muntazam ravishda tozalab turish, kalibr lash va texnik xizmat ko‘rsatish talab etiladi. Agar bu amallar o‘z vaqtida bajarilmasa, tizim noto‘g‘ri ma‘lumotlar ishlab chiqaradi va bu esa butun monitoring va tozalash jarayoniga salbiy ta‘sir ko‘rsatadi. Shuningdek, IoT tizimlarida ishlatiladigan qurilmalar va dasturlar yuqori darajadagi axborot xavfsizligini talab qiladi. Sababi, bulutga uzatilayotgan real vaqt ma‘lumotlari har qanday tashqi tahdidlarga nisbatan himoyalangan bo‘lishi kerak. Aks holda, sanoat korxonasi ning ekologik faoliyati bilan bog‘liq muhim ma‘lumotlar yo‘qolishi yoki zarar ko‘rishi mumkin [8, 9].

Yana bir muhim jihat – bu inson resurslari bilan bog‘liq. IoT texnologiyasini joriy etish uchun ushbu soha bo‘yicha bilimga ega bo‘lgan muhandislar va mutaxassislar zarur. Ko‘plab sanoat korxonalarida bu soha bo‘yicha yetarli malakali kadrlar yetishmaydi. Shu sababli, IoT tizimini samarali ishlatish uchun maxsus o‘quv kurslari, amaliy seminarlar va korxonada ichki malaka oshirish dasturlarini tashkil etish tavsiya etiladi.

Dastlabki investitsiya xarajatlari ham korxonalar uchun muhim omil hisoblanadi. IoT qurilmalarining narxi, ularni o‘rnatish va dasturiy ta‘minotni sozlash muayyan moliyaviy mablag‘ talab qiladi. Biroq uzoq muddatda bu xarajatlar o‘zini oqlaydi, chunki tozalash jarayonining avtomatlashtirilishi resurslarning tejali shiga, inson mehnatidan kamroq foydalanishga va ekologik xavflarni kamaytirishga olib keladi.

Barcha yuqoridagi muammolarning yechimi sifatida quyidagi takliflar ilgari surilishi mumkin. Birinchidan, IoT tizimlarini joriy etishda bosqichma-bosqich yondashuv qo‘llanilishi kerak. Ya‘ni, avvalo pilot loyihalar asosida kichik hajmdagi monitoring tizimi ishga tushiriladi, tajriba asosida samaradorlik baholanadi va keyinchalik kengaytiriladi. Ikkinchidan, davlat tomonidan sanoat korxonalariga texnologik yangiliklarni joriy etish uchun subsidiya va grantlar ajratilishi lozim. Bu kichik va o‘rta biznes subyektlari uchun qo‘shimcha turtki bo‘ladi. Uchinchidan, xalqaro tajribaga asoslangan holda texnik me‘yorlar va standartlar ishlab chiqilishi zarur. Bu esa texnologik jihozlar va ularni boshqaruvchi dasturlarni sertifikatlash va muvofiqlashtirish jarayonini soddalashtiradi [10].

Umuman olganda, IoT texnologiyalarini sanoat korxonalariga muvaffaqiyatli joriy etish uchun texnik infratuzilmani rivojlantirish, malakali kadrlar tayyorlash, xavfsizlik choralarini ko‘rish va davlat tomonidan qo‘llab-quvvatlash mexanizmlarini kuchaytirish lozim. Faqat shu tarzda raqamli nazorat va avtomatik tozalash tizimlari orqali ekologik xavfsizlikka erishish mumkin.

Xulosa.

Sanoat zonalarida hosil bo‘ladigan oqava suvlarning atrof-muhitga salbiy ta‘siri tobora ortib borayotgan bir paytda, ularni nazorat qilish va samarali tozalashga doir texnologik yondashuvlarni takomillashtirish dolzarb masalaga aylanmoqda. An‘anaviy monitoring va tozalash uslublari zamon talablariga javob bermasligi, real vaqtli nazorat imkoniyatining yo‘qligi, inson omiliga haddan tashqari bog‘liqlik hamda operativ qaror qabul qilishdagi kechikishlar sanoat chiqindilarining suv havzalarini ifloslantirish xavfini kuchaytiradi. Ushbu muammoning innovatsion yechimi sifatida Internet of Things (IoT) texnologiyasidan foydalanish ekologik muhofaza sohasida yangi bosqichni boshlab berdi.

Xulosa qilib aytganda, sanoat zonalarida suv ifloslanishini nazorat qilish va tozalash jarayonlariga IoT texnologiyasini integratsiya qilish ekologik barqarorlikka erishish, xalqaro ekologik standartlarga mos faoliyat yuritish va kelajak avlodlar uchun sog‘lom muhitni saqlab qolish yo‘lida eng istiqbolli va samarali yondashuvlardan biri hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Gupta, R., & Kumar, M. (2020). IoT-Based Wastewater Monitoring System. *Environmental Technology & Innovation*, 18, 100720.
2. Singh, A., & Sharma, S. (2018). Industrial Wastewater Treatment Using Smart Sensors. *International Journal of Environmental Sciences*, 13(2), 45–50.
3. Zhou, X., et al. (2021). Intelligent Water Quality Monitoring and Predictive Maintenance via IoT. *Journal of Cleaner Production*, 281, 124570.



4. UNESCO (2024). *World Water Development Report: Water for a Sustainable World*. Paris: UNESCO Publishing.
5. Chen, Y., Liu, Q., & Zhang, L. (2019). Smart Environmental Monitoring System Based on IoT. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 296, 126630.
6. Ahmad, S., & Malik, M. (2021). Review on Emerging IoT Applications for Water Quality Monitoring. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(5), 205–212.
7. Khatri, R. K., & Vyas, D. (2020). Role of IoT in Water Pollution Monitoring and Management. *Journal of Environmental Management and Technologies*, 8(3), 125–131.
8. Yang, T., & Wang, H. (2022). Cloud-Based Real-Time Water Quality Management for Industrial Areas. *Environmental Engineering and Management Journal*, 21(1), 57–65.
9. Xasanovich, S. E. (2023). Neural Network Model of Energy Saving of Combined Drum Dryer. *Texas Journal of Engineering and Technology*, 20, 45-50. URL: <https://zienjournals.com/index.php/tjet/article/view/4060>
10. Xasanovich, S. E. (2023). Neural Network Model of Sunflower Seed Drying Process in Combined Drum Dryer. *Eurasian Journal of Engineering and Technology*, 18, 45-49. URL: <https://www.geniusjournals.org/index.php/ejet/article/view/4211>