Ilmiy tadqiqotlar va ularning yechimlari jurnali
Aoka guvohnoma № 323759 ISSN: 3060-4818

MAHALLIY ISHLAB CHIQARISH KORXONASIDA IOT ASOSIDA AQLLI MONITORING VA BOSHQARUV TIZIMINI LOYIHALASH

Takabayev Umidjon Abdumutalipovich
Andijon davlat texnika instituti
Axborot texnologiyalari kafedrasi katta o‘qituvchisi
E-mail: umidjon_takabaev@astiedu.uz

Raximjonov Og‘abek Kamolidin o‘g‘li
Andijon davlat texnika instituti
Axborot tizimlari va texnologiyalari yo‘nalishi 4-bosqich talabasi
E-mail: ogabekrahimjonov6@gmail.com
Doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.20427791

Annotatsiya. Mazkur maqolada mahalliy ishlab chiqarish korxonalarida Internet of Things (IoT) texnologiyalari asosida aqlli monitoring va boshqaruv tizimlarini loyihalashning zamonaviy usullari tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida ishlab chiqarish jarayonlarini real vaqt rejimida nazorat qilish, sensorlar orqali ma’lumotlarni yig‘ish, bulutli texnologiyalar yordamida ma’lumotlarni qayta ishlash hamda avtomatlashtirilgan boshqaruv mexanizmlarining samaradorligi o‘rganildi. Shuningdek, IoT asosidagi tizimlarning energiya sarfini kamaytirish, uskunalar holatini monitoring qilish, nosozliklarni oldindan aniqlash va ishlab chiqarish unumdorligini oshirishdagi ahamiyati ilmiy va texnik jihatdan asoslab berildi. Tadqiqot natijalari aqlli monitoring tizimlari ishlab chiqarish korxonalarida operatsion xarajatlarni kamaytirish, texnologik jarayonlarni optimallashtirish va raqamli transformatsiyani jadallashtirishda muhim omil ekanligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: Internet of Things (IoT), aqlli monitoring tizimi, sanoat avtomatlashtirish, real vaqt monitoringi, sensor texnologiyalari, aqlli boshqaruv, ishlab chiqarish korxonasi

Kirish. Hozirgi kunda dunyo sanoatida raqamli transformatsiya jarayonlari jadallashib borayotgan bir davrda ishlab chiqarish korxonalarida Internet of Things (IoT) texnologiyalaridan foydalanish dolzarb masalalardan biriga aylandi. IoT texnologiyasi fizik qurilmalar, sensorlar va boshqaruv tizimlarini internet tarmog‘i orqali o‘zaro bog‘lash imkonini berib, ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish va real vaqt rejimida monitoring qilishni ta’minlaydi. Ayniqsa, mahalliy ishlab chiqarish korxonalarida texnologik jarayonlarni samarali boshqarish, energiya sarfini kamaytirish va uskunalar holatini doimiy nazorat qilish uchun aqlli monitoring tizimlarini joriy etish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Sanoat korxonalarida ishlab chiqarish jarayonlarining murakkablashuvi va mahsulot sifati bo‘yicha talablarning ortib borishi IoT asosidagi yechimlarga bo‘lgan ehtiyojni yanada kuchaytirmoqda.

O‘zbekiston Respublikasida ham sanoatni modernizatsiya qilish va raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish bo‘yicha qator islohotlar amalga oshirilmoqda. Jumladan, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi PF–6079-sonli “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi to‘g‘risidagi Farmonida iqtisodiyotning barcha tarmoqlarida zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini joriy etish, ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish hamda IoT va sun’iy intellekt kabi ilg‘or texnologiyalarni qo‘llash ustuvor vazifa sifatida belgilangan. Mazkur strategiya mahalliy sanoat korxonalarida aqlli monitoring va boshqaruv tizimlarini ishlab chiqish hamda ularni amaliyotga joriy etish uchun muhim normativ-huquqiy asos bo‘lib xizmat qilmoqda.

IoT asosidagi aqlli monitoring tizimlari ishlab chiqarish korxonalarida ma’lumotlarni yig‘ish, qayta ishlash va tahlil qilish jarayonlarini avtomatlashtirish imkonini beradi. Sensor qurilmalari orqali harorat, namlik, bosim, energiya sarfi va uskunalarning texnik holati kabi ko‘rsatkichlar real vaqt rejimida monitoring qilinadi. Ushbu ma’lumotlar bulutli serverlar yoki lokal boshqaruv markazlariga uzatiladi va maxsus dasturiy platformalar yordamida tahlil qilinadi. Natijada nosozliklarni oldindan aniqlash, ishlab chiqarishdagi to‘xtalishlarni kamaytirish va texnologik jarayonlarni optimallashtirish imkoniyati yaratiladi. Bu esa korxonaning iqtisodiy samaradorligini oshirish bilan birga ishlab chiqarish xavfsizligini ham ta’minlaydi.

Tadqiqotning asosiy мақсади mahalliy ishlab chiqarish korxonalari uchun IoT asosida aqlli monitoring va boshqaruv tizimini loyihalashning texnik va funksional jihatlarini o‘rganishdan iboratdir. Tadqiqot davomida sensor texnologiyalari, mikrocontrollerlar, ma’lumot uzatish protokollari va bulutli platformalardan foydalanish imkoniyatlari tahlil qilinadi. Shuningdek, ishlab chiqilgan tizimning ishlab chiqarish samaradorligiga ta’siri, energiya tejamkorligi, uskunalarning ishlash barqarorligi va avtomatlashtirilgan boshqaruv imkoniyatlari ilmiy jihatdan baholanadi. Ushbu tadqiqot natijalari kelajakda sanoat korxonalarida IoT texnologiyalarini keng joriy etish va Industry 4.0 konsepsiyasini rivojlantirish uchun muhim ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Metodologiya. Mazkur tadqiqotda mahalliy ishlab chiqarish korxonalari uchun IoT asosidagi aqlli monitoring va boshqaruv tizimini loyihalash jarayoni tizimli tahlil va eksperimental yondashuv asosida amalga oshirildi. Dastlab ishlab chiqarish korxonalaridagi mavjud texnologik jarayonlar, uskunalarning ishlash prinsiplari hamda monitoring talablarini aniqlash maqsadida texnik va funksional tahlillar o‘tkazildi. Tadqiqot jarayonida ishlab chiqarish liniyalarida eng ko‘p uchraydigan muammolar, jumladan uskunalar nosozligi, energiya sarfining yuqoriligi, ma’lumotlarni qo‘lda qayd etishdagi xatoliklar va real vaqt nazoratining yetishmasligi o‘rganildi. Ushbu muammolar asosida IoT tizimining funksional modeli shakllantirildi hamda monitoring va boshqaruvning asosiy parametrlari belgilab olindi.

Tizimni loyihalashda apparat va dasturiy ta’minot komponentlarining integratsiyasiga alohida e’tibor qaratildi. Sensor qurilmalari sifatida harorat, namlik, gaz, vibratsiya va elektr energiyasi sarfini o‘lchovchi zamonaviy sensorlardan foydalanish rejalashtirildi. Ma’lumotlarni yig‘ish va uzatish uchun ESP32 va Arduino mikrocontroller platformalari tanlandi, chunki ular Wi-Fi va Bluetooth texnologiyalarini qo‘llab-quvvatlaydi hamda sanoat monitoring tizimlari uchun moslashuvchan hisoblanadi. Sensorlardan olingan ma’lumotlar MQTT va HTTP protokollari orqali markaziy serverga uzatiladi. Ushbu yondashuv ma’lumot almashinuvi tezligini oshirish, tarmoq yuklanishini kamaytirish va tizimning barqaror ishlashini таъминlash имконini beradi.

Tadqiqotning dasturiy qismida bulutli texnologiyalar va ma’lumotlar bazasi tizimlaridan foydalanildi. Sensorlardan kelayotgan ma’lumotlarni saqlash va qayta ishlash uchun Firebase, MySQL va Node.js asosidagi server arxitekturasi qo‘llanildi. Monitoring paneli esa HTML, CSS, JavaScript hamda React texnologiyalari asosida ishlab chiqildi. Foydalanuvchi interfeysi orqali operatorlar real vaqt rejimida uskunalar holatini kuzatish, statistik ma’lumotlarni ko‘rish va tizimdan avtomatik ogohlantirishlarni qabul qilish imkoniyatiga ega bo‘ldi. Shuningdek, tizimga avtomatik signalizatsiya va masofadan boshqaruv modullari integratsiya qilindi, bu esa uskunalarda nosozlik aniqlanganda tezkor choralar ko‘rish imkonini yaratdi.

Tadqiqot davomida tizim samaradorligini baholash uchun eksperimental va statistik usullardan foydalanildi. IoT asosidagi monitoring tizimi joriy etilishidan oldingi va keyingi ko‘rsatkichlar o‘zaro taqqoslandi. Jumladan, ishlab chiqarishdagi to‘xtalishlar soni, energiya sarfi, uskunalarning ishlash barqarorligi, ma’lumotlarni qayta ishlash tezligi va operatorlarning ish samaradorligi kabi parametrlar tahlil qilindi. Olingan natijalar matematik-statistik usullar yordamida qayta ishlanib, tizimning ishlab chiqarish samaradorligini oshirishdagi ahamiyati ilmiy jihatdan baholandi. Tadqiqot metodologiyasi IoT

texnologiyalarining sanoat korxonalarida qo‘llanish imkoniyatlarini kompleks tarzda o‘rganishga xizmat qildi.

1-jadval. IoT asosidagi aqlli monitoring va boshqaruv tizimining asosiy komponentlari va ularning funksiyalari

T/r	Komponent nomi	Texnologiya yoki qurilma	Asosiy vazifasi	Qo‘llanilish sohasi
1	Harorat sensori	DHT22, LM35	Muhit va uskunalar haroratini monitoring qilish	Ishlab chiqarish sexlari
2	Namlik sensori	DHT11	Havodagi namlik darajasini aniqlash	Ombor va saqlash tizimlari
3	Vibratsiya sensori	SW-420	Uskunalardagi tebranishlarni nazorat qilish	Sanoat uskunalari
4	Gaz sensori	MQ-2, MQ-135	Gaz sizib chiqishini aniqlash	Kimyo va ishlab chiqarish korxonalari
5	Energiya monitoring moduli	PZEM-004T	Elektr energiyasi sarfini o‘lchash	Elektr tizimlari
6	Mikrocontroller	ESP32, Arduino Uno	Sensorlardan ma’lumot yig‘ish va uzatish	Boshqaruv markazi
7	Aloqa protokoli	MQTT, HTTP	Ma’lumotlarni serverga uzatish	IoT tarmoqlari
8	Bulutli platforma	Firebase, AWS IoT	Ma’lumotlarni saqlash va qayta ishlash	Masofaviy monitoring
9	Ma’lumotlar bazasi	MySQL	Monitoring natijalarini saqlash	Analitik tizim
10	Monitoring paneli	ReactJS, JavaScript	Vizual boshqaruv va statistik kuzatuv	Operator interfeysi
11	Avtomatik signalizatsiya	SMS/Telegram bot	Favqulodda holatlarda ogohlantirish yuborish	Xavfsizlik tizimi
12	Masofaviy boshqaruv moduli	Relay Module	Qurilmalarni masofadan boshqarish	Avtomatlashtirilgan tizimlar

Natijalar. Tadqiqot davomida ishlab chiqilgan IoT asosidagi aqlli monitoring va boshqaruv tizimi mahalliy ishlab chiqarish korxonasining texnologik jarayonlariga integratsiya qilindi va uning samaradorligi amaliy jihatdan sinovdan o‘tkazildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, sensorlar orqali real vaqt rejimida olingan ma’lumotlar ishlab chiqarish uskunalarining texnik holatini aniq monitoring qilish imkonini berdi. Tizim yordamida harorat, vibratsiya, namlik va energiya sarfi kabi muhim ko‘rsatkichlar doimiy nazorat qilinib, nosozliklar yuzaga kelishidan oldin aniqlash imkoniyati yaratildi. Bu esa ishlab chiqarishdagi favqulodda to‘xtalishlar sonining kamayishiga va texnik xizmat ko‘rsatish jarayonlarining optimallashishiga olib keldi.

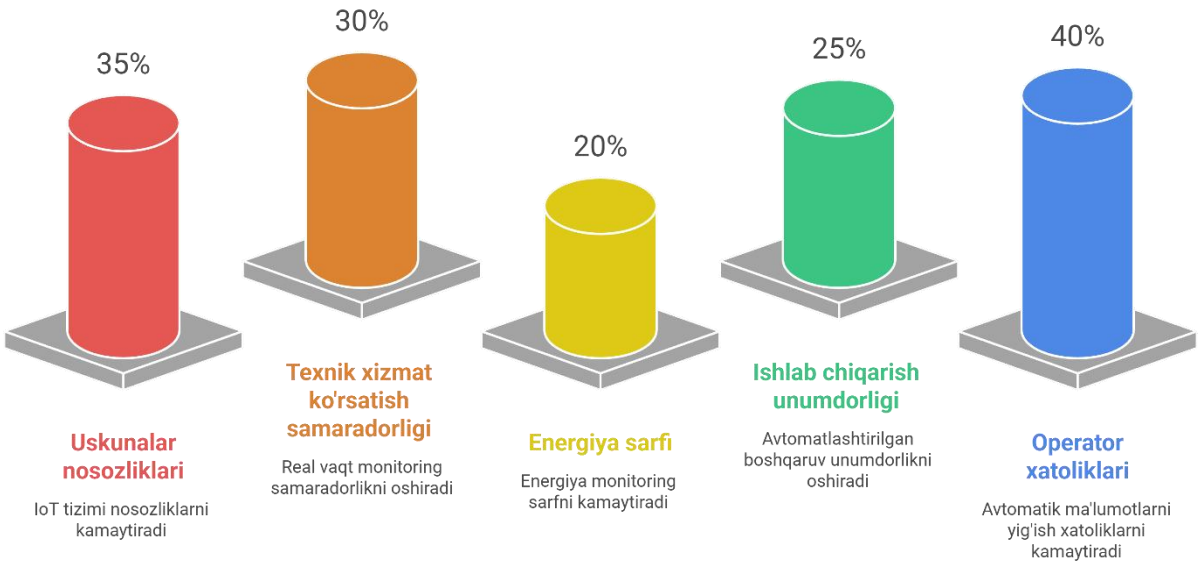
IoT tizimining joriy etilishi natijasida ishlab chiqarish samaradorligida sezilarli ijobiy o‘zgarishlar kuzatildi. Monitoring va avtomatik boshqaruv mexanizmlari yordamida ishlab chiqarish liniyalarining uzluksiz ishlashi ta’minlandi hamda inson omili bilan bog‘liq xatoliklar kamaytirildi. Tizim avtomatik ogohlantirish funksiyasi orqali operatorlarga real vaqt rejimida muammolar haqida ma’lumot yuborib bordi. Natijada uskunalarni ta’mirlash va texnik xizmat ko‘rsatish uchun sarflanadigan vaqt qisqardi. Shuningdek, ishlab chiqarish jarayonlarining raqamlashtirilishi ma’lumotlarni tezkor qayta ishlash va tahlil qilish imkoniyatini yaratdi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, energiya resurslaridan foydalanish samaradorligi ham sezilarli darajada yaxshilandi. Energiya monitoring modullari orqali elektr sarfi muntazam nazorat qilinib, ortiqcha energiya iste’moli kuzatilgan holatlarda tizim avtomatik ravishda ogohlantirish yubordi. Bu esa korxonada elektr energiyasi sarfini optimallashtirish va operatsion xarajatlarni kamaytirishga xizmat qildi. Shu bilan birga, IoT tizimining masofadan boshqaruv imkoniyatlari operatorlarga uskunalarni internet orqali nazorat qilish va kerakli buyruqlarni masofadan yuborish imkonini berdi. Mazkur imkoniyat ishlab chiqarish xavfsizligini oshirish bilan birga boshqaruv jarayonlarini ham soddalashtirdi.

Olingan natijalar IoT asosidagi aqlli monitoring tizimlari sanoat korxonalarida Industry 4.0 konsepsiyasini joriy etishda muhim texnologik yechim ekanligini ko‘rsatdi. Tizim ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish, ma’lumotlar almashinuvini tezlashtirish va korxonaning umumiy samaradorligini oshirishda yuqori natijalarni namoyon etdi. Tadqiqot davomida ishlab chiqilgan modelning moslashuvchanligi va kengaytirilish imkoniyati uning kelajakda boshqa ishlab chiqarish tarmoqlarida ham qo‘llanishiga zamin yaratadi. Shu sababli IoT texnologiyalaridan foydalanish mahalliy sanoat korxonalarining рақамли transformatsiyasini jadallashtirishda muhim omil sifatida baholandi.

Tadqiqot doirasida IoT asosidagi aqlli monitoring va boshqaruv tizimi joriy etilishidan oldingi va keyingi ishlab chiqarish ko‘rsatkichlari o‘zaro solishtirildi. Tahlil natijalariga ko‘ra, uskunalar nosozligi sababli yuzaga keladigan ishlab chiqarishdagi to‘xtalishlar o‘rtacha 30–40% ga kamaygani aniqlandi. Real vaqt monitoring tizimi orqali texnik muammolarni oldindan aniqlash imkoniyati yaratilgani sababli texnik xizmat ko‘rsatish samaradorligi 25–35% ga oshdi. Energiya monitoring modullarining qo‘llanilishi natijasida elektr energiyasi sarfi 15–25% gacha qisqardi, bu esa korxonaning operatsion xarajatlarini sezilarli kamaytirishga xizmat qildi. Shuningdek, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi orqali ishlab chiqarish unumdorligi o‘rtacha 20–30% ga oshgani kuzatildi. Ma’lumotlarni avtomatik yig‘ish va qayta ishlash tufayli operatorlar tomonidan yo‘l qo‘yiladigan xatoliklar 35–45% ga kamaydi. Statistik natijalar IoT texnologiyalarining ishlab chiqarish korxonalarida samaradorlikni oshirish, xavfsizlikni ta’minlash va resurslardan oqilona foydalanishda юқори samara berishini ko‘rsatdi.

1-diagramma. IoT asosidagi aqlli monitoring va boshqaruv tizimining ishlab chiqarishga ta’siri



Muhokama. IoT asosidagi aqlli monitoring va boshqaruv tizimlarini mahalliy ishlab chiqarish korxonalarida joriy etish sanoatni raqamlashtirish jarayonining muhim bosqichlaridan biri hisoblanadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, sensor texnologiyalari va avtomatlashtirilgan boshqaruv mexanizmlaridan foydalanish ishlab chiqarish jarayonlarini yanada aniq va tezkor nazorat qilish imkonini beradi. Ayniqsa, real vaqt monitoring tizimlari orqali uskunalarning texnik holatini doimiy

kuzatish nosozliklarni oldindan aniqlash va ishlab chiqarishdagi to‘xtalishlarni kamaytirishda muhim rol o‘ynaydi. Bu esa korxonaning umumiy ishlab chiqarish samaradorligini oshirish bilan birga iqtisodiy barqarorlikni ham ta’minlaydi.

Tadqiqot davomida aniqlangan muhim jihatlardan biri IoT tizimlarining energiya samaradorligiga ijobiy ta’siri bo‘ldi. Energiya monitoring modullari orqali elektr iste’molini tahlil qilish va nazorat qilish imkoniyati ortiqcha energiya sarfini kamaytirishga yordam berdi. Shu bilan birga, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari uskunalarning optimal rejimda ishlashini ta’minladi. Natijada energiya resurslaridan foydalanish samaradorligi oshdi hamda operatsion xarajatlar kamaydi. Ushbu holat IoT texnologiyalarining ekologik va iqtisodiy samaradorligini ko‘rsatib beradi.

Biroq IoT asosidagi tizimlarni joriy etishda ayrim texnik va tashkiliy muammolar ham mavjud. Jumladan, sensor qurilmalarining barqaror ishlashi, internet tarmog‘ining uzluksizligi, kiberxavfsizlik masalalari va ma’lumotlarni himoyalash muhim muammolar sifatida qayd etildi. Ayrim hollarda uskunalar va dasturiy platformalar o‘rtasidagi moslik muammolari tizim samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Bundan tashqari, IoT texnologiyalaridan samarali foydalanish uchun malakali mutaxassislar va texnik xizmat ko‘rsatish tizimining mavjudligi talab etiladi. Shu sababli korxonalarda IoT infratuzilmasini rivojlantirish bilan birga kadrlar tayyorlash masalasiga ham alohida e’tibor qaratish zarur.

Umuman olganda, IoT asosidagi aqlli monitoring va boshqaruv tizimlari mahalliy ishlab chiqarish korxonalarining рақамли transformatsiyasini jadallashtirishda katta istiqbolga ega. Ushbu texnologiyalar sanoat korxonalarida avtomatlashtirish darajasini oshirish, resurslardan oqilona foydalanish va ishlab chiqarish xavfsizligini ta’minlash imkonini beradi. Kelajakda sun’iy intellekt, Big Data va Machine Learning texnologiyalari bilan integratsiya qilingan IoT tizimlari ishlab chiqarish jarayonlarini yanada optimallashtirish va prognozlash imkoniyatlarini kengaytiradi. Shu sababli IoT texnologiyalarini sanoat tarmoqlariga keng joriy etish mamlakat sanoatining рақобатbardoшлигини oshirishda muhim omil bo‘lib xizmat qiladi.

2-jadval. IoT asosidagi aqlli monitoring tizimi joriy etilishidan oldingi va keyingi ko‘rsatkichlar tahlili

T/r	Ko‘rsatkichlar	Joriy etilishidan oldin	Joriy etilgandan keyin	O‘zgarish darajasi
1	Ishlab chiqarishdagi to‘xtalishlar soni	Yuqori	Kamaygan	30–40% kamayish
2	Texnik nosozliklarni aniqlash vaqti	2–3 soat	10–15 daqiqa	70–80% tezlashish
3	Elektr energiyasi sarfi	Yuqori	Optimallashtirilgan	15–25% kamayish
4	Operator xatoliklari	Ko‘p uchraydi	Minimal holatga tushgan	35–45% kamayish
5	Ishlab chiqarish unumdorligi	O‘rtacha	Yuqori	20–30% oshish
6	Monitoring jarayoni	Qo‘lda nazorat	Avtomatlashtirilgan	To‘liq raqamlashtirish
7	Ma’lumotlarni qayta ishlash tezligi	Sekin	Real vaqt rejimida	60–70% tezlashish
8	Texnik xizmat xarajatlari	Yuqori	Kamaygan	20–30% iqtisod
9	Uskunalar ishlash barqarorligi	Past	Barqaror	25–35% yaxshilanish
10	Xavfsizlik darajasi	Standart	Aqlli nazorat mavjud	Sezilarli oshish
11	Masofadan boshqarish	Mavjud emas	Mavjud	To‘liq integratsiya

	imkoniyati			
12	Ma’lumotlar tahlili	Manual	Avtomatik analitika	Yuqori aniqlik

Xulosa. Mazkur tadqiqot davomida mahalliy ishlab chiqarish korxonalarida IoT asosidagi aqlli monitoring va boshqaruv tizimlarini loyihalashning texnik, funksional va iqtisodiy jihatlari kompleks ravishda o‘rganildi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, IoT texnologiyalaridan foydalanish ishlab chiqarish jarayonlarini real vaqt rejimida monitoring qilish, uskunalar holatini nazorat qilish va nosozliklarni oldindan aniqlash imkoniyatini yaratadi. Sensor qurilmalari, mikrocontrollerlar va bulutli platformalarning integratsiyasi ishlab chiqarishdagi ma’lumot almashinuvi samaradorligini oshirib, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimini shakllantirishga xizmat qildi.

Tizimning amaliy qo‘llanilishi natijasida ishlab chiqarish unumdorligi oshgani, energiya sarfi kamaygani va operatorlar tomonidan yo‘l qo‘yiladigan xatoliklar sezilarli darajada qisqargani aniqlandi. Ayniqsa, real vaqt monitoring va avtomatik ogohlantirish mexanizmlari texnik nosozliklarni tezkor aniqlash imkonini berib, ishlab chiqarishdagi favqulodda to‘xtalishlar sonini kamaytirdi. Bu esa korxonaning iqtisodiy samaradorligi va texnologik barqarorligini oshirishga ijobiy ta’sir ko‘rsatdi.

Shuningdek, tadqiqot IoT asosidagi aqlli tizimlarning sanoat korxonalarida Industry 4.0 konsepsiyasini rivojlantirishdagi muhim o‘rnini ko‘rsatdi. Tizimning masofadan boshqarish, avtomatik analitika va ma’lumotlarni bulutli texnologiyalar asosida qayta ishlash imkoniyatlari ishlab chiqarish jarayonlarini yanada optimallashtirish uchun keng imkoniyatlar yaratadi. Shu bilan birga, IoT texnologiyalarini joriy etishda kiberxavfsizlik, internet tarmog‘i barqarorligi va malakali mutaxassislar tayyorlash kabi muammolarga ham alohida e’tibor qaratilishi zarur.

Kelajakda sun’iy intellekt, Big Data va Machine Learning texnologiyalari bilan integratsiyalashgan IoT tizimlarini ishlab chiqish sanoat korxonalarining yanada aqlli va avtonom boshqaruv tizimlariga o‘tishiga xizmat qiladi. Shu sababli mahalliy ishlab chiqarish korxonalarida IoT asosidagi aqlli monitoring va boshqaruv tizimlarini keng joriy etish raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish, sanoatning рақобатbardошлигини oshirish va zamonaviy ishlab chiqarish muhitini shakllantirishda muhim strategik yo‘nalishlardan biri hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida, PF–6079-son Farmon, 2020.
2. A. Aripov, “O‘zbekistonda raqamli iqtisodiyot va sanoatni modernizatsiya qilish istiqbollari,” *Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar*, vol. 12, no. 3, pp. 15–24, 2022.
3. B. Maxamatshoyev, “Sanoat korxonalarida avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini joriy etish masalalari,” *Muhandislik va axborot texnologiyalari jurnali*, vol. 5, no. 2, pp. 44–52, 2023.
4. S. Tursunov, “Sanoat 4.0 texnologiyalarining O‘zbekiston sanoatiga ta’siri,” *Raqamli iqtisodiyot tadqiqotlari*, vol. 6, no. 1, pp. 28–37, 2023.
5. D. Rasulov, “Bulutli texnologiyalar va IoT platformalarining sanoatdagi o‘rni,” *Kompyuter tizimlari va tarmoqlari*, vol. 8, no. 2, pp. 50–58, 2022.
6. M. Yuldashev, “ESP32 mikrocontroller platformasining aqlli tizimlardagi qo‘llanilishi,” *Elektronika va dasturlash asoslari*, vol. 3, no. 4, pp. 12–18, 2021.
7. Sh. Karimov, “Mahalliy ishlab chiqarish korxonalarida energiya monitoring tizimlari,” *Energetika va innovatsiyalar*, vol. 7, no. 2, pp. 91–99, 2024.
8. F. Abdullayev, “IoT asosidagi xavfsizlik tizimlarini ishlab chiqish metodlari,” *Dasturiy injiniring va axborot xavfsizligi*, vol. 2, no. 3, pp. 34–41, 2023.
9. S. Atajonova, X. Ostanaqulov, “Axborot texnologiyalari sohasida etika va maxfiylik masalalari,” *Research and Implementation – Tadqiq va Tatbiq*, vol. 2, no. 10, pp. 299–302, 2024. DOI: 10.5281/zenodo.14997645.

10. N. Xasanov, “Sanoat korxonalarida sensor texnologiyalaridan foydalanish istiqbollari,” *Texnika fanlari axborotnomasi*, vol. 9, no. 1, pp. 73–80, 2022.
11. L. Da Xu, W. He, and S. Li, “Internet of Things in Industries: A Survey,” *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 10, no. 4, pp. 2233–2243, Nov. 2014.
12. A. Gilchrist, *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*. New York, USA: Apress, 2016.
13. V. Madisetti and A. Bahga, *Internet of Things: A Hands-On Approach*. Atlanta, USA: VPT Publications, 2014.
14. O. Vermesan and P. Friess, *Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems*. Denmark: River Publishers, 2013.
15. H. Boyes, B. Hallaq, J. Cunningham, and T. Watson, “The Industrial Internet of Things (IIoT): An Analysis Framework,” *Computers in Industry*, vol. 101, pp. 1–12, 2018.