



OG'IR TEXNIKALARNI RAQAMLI MONITORING QILISH: XARAJATLARNI OPTIMALLASHTIRISH VA OPERATSION SAMARADORLIKNI OSHIRISH

Tinglovchi U.G. Ruzmatov,

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI BANK-MOLIYA AKADEMIYASI

Annotatsiya: Qurilish, konchilik va infratuzilma kabi asosiy sohalarda og'ir texnikalardan foydalanish jarayonini raqamlashtirish hamda ularni real vaqt rejimida monitoring qilish xarajatlarni kamaytirish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirishning muhim vositasiga aylanmoqda. Zamonaviy sensorlar, Internet of Things (IoT), Big Data hamda sun'iy intellekt (AI) texnologiyalarining joriy etilishi texnika holatini masofadan kuzatish, nosozliklarni erta aniqlash, shuningdek, oldindan bashoratlovchi texnik xizmat ko'rsatishni tashkil etish imkonini beradi. Natijada, uskunalarning texnik tanaffuslari keskin kamayadi, ularning xizmat muddati uzayadi hamda favqulodda ta'mirlash xarajatlari sezilarli darajada qisqaradi. Xulosa qilib aytganda, og'ir texnikalarni raqamli monitoring qilish bo'yicha zamonaviy yechimlar uzoq muddatli barqarorlikka erishish, texnologik jarayonlarni takomillashtirish hamda operatsion samaradorlikni oshirishda muhim innovatsion yo'nalishlardan biridir.

Kalit so'zlar: Raqamli monitoring, xarajatlarni optimallashtirish, sun'iy intellekt, oldindan texnik xizmat (predictive maintenance), operatsion samaradorlik.

DIGITAL MONITORING OF HEAVY EQUIPMENT: COST OPTIMIZATION AND ENHANCEMENT OF OPERATIONAL EFFICIENCY



*Listener U.G. Ruzmatov,
BANKING AND FINANCE ACADEMY OF THE REPUBLIC OF
UZBEKISTAN*

Abstract: The process of digitalizing the operation of heavy equipment as well as enabling their real-time monitoring in key industries such as construction, mining, and infrastructure is becoming an important tool for reducing costs and increasing production efficiency. The implementation of modern technologies including advanced sensors, the Internet of Things (IoT), Big Data, and Artificial Intelligence (AI) makes it possible to remotely monitor equipment conditions, detect malfunctions at early stages, as well as organize predictive maintenance. As a result, equipment downtime is significantly reduced, service life is extended, and the costs of emergency repairs considerably decrease. In conclusion, modern solutions for digital monitoring of heavy machinery represent one of the key innovative directions for achieving long-term sustainability, improving technological processes, and enhancing operational efficiency.

Keywords: Digital monitoring, cost optimization, artificial intelligence, predictive maintenance, operational efficiency.

KIRISH

Qurilish, konchilik va infratuzilma tarmoqlarida qo'llaniladigan og'ir texnikalarni raqamli texnologiyalar asosida monitoring qilish jarayoni so'nggi yillarda xarajatlarni maqbullashtirish va boshqaruv samaradorligini oshirishning asosiy omillaridan biri sifatida namoyon bo'lmoqda. Sensor texnologiyalarining rivojlanishi, Internet of Things (IoT), Big Data analitikasi hamda sun'iy intellekt (AI) kabi ilg'or yechimlarning joriy etilishi uskunalarning texnik holati, ishlash unumdorligi va texnik xizmat ko'rsatish jarayoni yuzasidan real vaqt rejimida ma'lumot yig'ish imkoniyatini yaratmoqda. Mazkur raqamli integratsiya doimiy



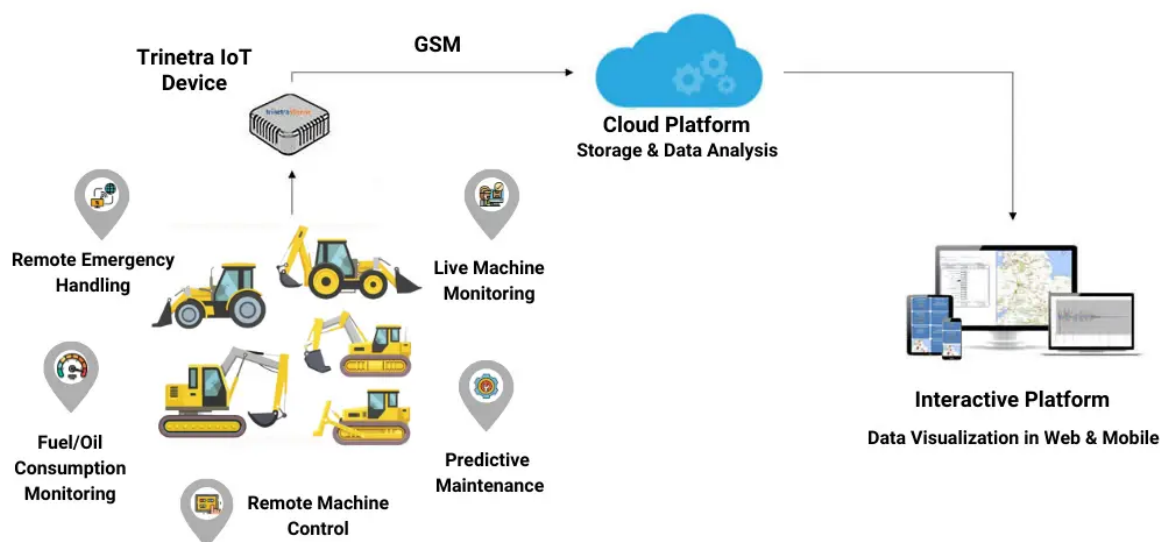
ma'lumot almashinuvi va chuqurlashtirilgan tahlilni ta'minlab, operatorlar va boshqaruv subyektlariga jarayonlarni ilmiy asosda boshqarish uchun zarur bo'lgan analitik xulosalarni taqdim etadi.

Uskunalarni raqamli kuzatish ularning real vaqt rejimida ishlash parametrlarini qayd etish bilan birga, ekspluatatsiya dinamikasini monitoring qilish, foydalanish xususiyatlarini baholash hamda ehtimoliy nosozlik belgilari yuzaga kelishidan avval ularni aniqlashga imkon beradi. Bunday yondashuv texnik xizmat ko'rsatish jarayonining reaktiv modelidan prognozlashga asoslangan strategiyaga o'tishni ta'minlaydi, ya'ni uskunalarda jiddiy nosozlik kelib chiqishidan oldin profilaktik choralar amalga oshiriladi. Shu orqali ishlab chiqarish jarayonining to'xtab qolish davri qisqaradi, uskunalarning foydalanish muddati uzayadi va favqulodda ta'mirlash xarajatlari keskin kamayadi. Shuningdek, ekspluatatsion ma'lumotlarni chuqur tahlil qilish orqali resurslardan foydalanish darajasi optimallashtiriladi va uskunalar yuklamasi loyiha talablariga mos shakllantiriladi, bu esa umumiy operatsion xarajatlarning kamayishiga olib keladi.

Raqamli monitoringning muhim jihatlaridan yana biri yoqilg'i iste'moli va boshqa asosiy resurslarni boshqarishni takomillashtirish bilan bog'liq.

Raqamli tizimlar orqali yoqilg'i sarfi dinamikasini tahlil qilish natijasida operatorlar uskunaning ekspluatatsiya rejimini moslashtirishi, energiya samaradorligini oshirishi va yoqilg'i isrofini kamaytirishi mumkin. Natijada yoqilg'i xarajatlari qisqaradi, buning oqibatida moliyaviy tejamkorlikka erishiladi, shuningdek, yoqilg'i iste'molining kamayishi karbon emissiyasining pasayishiga xizmat qilgani holda ekologik barqarorlikka ijobiy ta'sir ko'rsatadi.

Umuman olganda, og'ir texnikalarni raqamli monitoring qilish tizimlarining joriy etilishi boshqaruv subyektlariga ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish, xarajatlarni kamaytirish va uzoq muddatli operatsion samaradorlikka erishish imkonini beruvchi muhim texnologik omil sifatida qaraladi.



Manba: Trinetra manbasidan.

1-rasm. IoT asosida og‘ir texnikalarni monitoring qilish konsepsiyasi

Расмнинг нима учун қўйилганлиги асосланиши керак. Инглиз тилидаги терминлар ўзбек тилида бўлиши лозим.

NAZARIY ASOSLAR (BACKGROUND)

Khan va hammualliflar (2022) tomonidan amalga oshirilgan tadqiqotlarda yirik qurilish loyihalarida muhim resurs hisoblangan og‘ir texnika samaradorligini oshirishga yo‘naltirilgan yangi texnologiyalar tahlil qilingan. Mazkur tadqiqotda “raqamli egizaklar”, kiber–fizik tizimlar, IoT, mashinaviy o‘rganish va kompyuter ko‘rish texnologiyalarining texnika unumdorligiga ko‘rsatadigan ta’siri o‘rganilgan. Mualliflar ushbu texnologiyalarni uchta funksional yo‘nalishga — monitoring va boshqaruv, kuzatuv va navigatsiya, shuningdek, unumdorlikni optimallashtirish bloklariga ajratib, har bir yo‘nalishning texnikaning ekspluatatsion samaradorligini oshirishdagi imkoniyatlarini yoritib bergan. Tadqiqotda mavjud vosita va platformalarning cheklovlari ham muhokama qilingan bo‘lib, og‘ir texnikalarni avtomatlashtirish va loyihalarda raqamli ishlash madaniyatini shakllantirish uchun qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan ilmiy-amaliy tavsiyalar taqdim etilgan.



Rivojlanayotgan mamlakatlarda, xususan, sanoat hududlari, ilmiy-texnologik parklari va universitet shaharchalaridagi texnik xizmatni rejalashtirish bilan bog‘liq murakkab jarayonlarni tahlil qilgan. Bu hududlarda obyektlarning zich joylashuvi texnik xizmat ko‘rsatishni boshqarish jarayonini murakkablashtirishi sababli, mualliflar ma‘lumotlarga asoslangan qaror qabul qilish mexanizmini taklif etadi. Ularning tadqiqotida RCM (Reliability Centered Maintenance), BIM va GIS tizimlari integratsiyasiga asoslangan texnik xizmat modeli ishlab chiqilgan bo‘lib, Monte-Karlo simulyatsiyalari hamda miqdoriy modellashtirish usullari yordamida xizmat xarajatlarini qisqartirish, ma‘lumot yig‘ishni tezlashtirish va ish kuchi sarfini kamaytirish imkoniyatlari asoslab berilgan. Tadqiqot natijalari ushbu integratsiya IoT texnologiyalari bilan uyg‘un qo‘llanilganda, texnik xizmat ko‘rsatish bo‘yicha qarorlar ishlab chiqish jarayonini yanada takomillashtirishi mumkinligini ko‘rsatadi.

Маҳаллий олимларнинг фикрлари ҳам керак

METODOLOGIYA

Ushbu tadqiqot doirasida qo‘llanilgan metodologiya taniqli ilmiy ma‘lumotlar bazalarida amalga oshirilgan bibliografik izlanishlarga asoslandi. Xususan, Scopus, Web of Science, PubMed hamda Google Scholar kabi xalqaro ilmiy platformalardan foydalanildi. Izlanishlarning asosiy maqsadi mazkur mavzu bo‘yicha mavjud ilmiy maqolalar, monografiyalar, shuningdek, boshqa ilmiy manbalarni aniqlash va ularni tizimli tahlil qilishdan iborat bo‘ldi.

Tanlangan adabiyotlarning ilmiy qiymatini ta‘minlash maqsadida bir qator mezonlar belgilandi. Jumladan, maqolalarning ilmiy ekspertizadan (peer-reviewed) o‘tgan bo‘lishi, nashr tillarining portugal, ingliz yoki ispan tillari bilan chegaralanishi, shuningdek, so‘nggi o‘n yillikda chop etilgan bo‘lishi talabi qo‘yildi.

Olib borilgan bibliografik tahlil ushbu tadqiqot uchun zamonaviy, ilmiy jihatdan ishonchli va mustahkam nazariy asosni shakllantirishga imkon berdi. Bu



esa keyingi boblarda keltirilgan natijalarni ilmiy muhokama qilish va chuqur tahlil etish uchun zarur bo'lgan metodik platformani ta'minladi.

NATIJAR VA MUHOKAMALAR

Бу қисмда амалий маълумотлар келтириб унинг муҳлкамаси бўлиши керак. Бир объект мисолади

Mualliflar tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda qurilish sohasida foydalaniladigan og'ir texnikalarga texnik xizmat ko'rsatish jarayonida sun'iy intellekt (AI) hamda mashinaviy o'rganish (ML) texnologiyalarining qo'llanishi tahlil qilinadi. Tadqiqotda ushbu texnologiyalarni oldindan prognozlovchi texnik xizmat, nosozliklarni aniqlash va texnik holatni monitoring qilish jarayonlariga tatbiq etish orqali uskunalarning texnik holatini real vaqt rejimida kuzatish va muammoli holatlarni dastlabki bosqichda aniqlash imkoniyatlari asoslab berilgan. AI va ML asosida yaratilgan texnik xizmat tizimlarining integratsiyasi uskunar ishidan foydalanish samaradorligini oshiradi, rejalashtirilmagan to'xtashlarni kamaytiradi va ekspluatatsion jarayonni optimallashtiradi. Shunday qilib, mazkur yondashuv og'ir texnikalarni maksimal unumdorlikda ishlatish uchun iqtisodiy samarador, oldindan rejalashtirilgan va prognozli texnik xizmat ko'rsatishni ta'minlaydi.

Tadqiqotida og'ir texnikalarda real vaqt monitoringi uchun IoT tizimini qo'llash amaliy jihatdan o'rganilgan. Mualliflar GD825A-2 rusumli motor grader uskunasining ekspluatatsiya ko'rsatkichlarini baholash tizimi mavjud emasligini ta'kidlab, ushbu bo'shliqni bartaraf etish maqsadida sanoat sharoitida tajriba o'tkazgan. Uskunaga o'rnatilgan sensorlar yordamida yig'ilgan ma'lumotlar mashinaviy o'rganish metodlari orqali qayta ishlanadi va nosozlik ehtimoli aniqlanadi. Olingan natijalar onlayn panelda vizuallashtiriladi, bu esa vaqtda profilaktik chora ko'rishga imkon yaratadi va texnik xizmat xarajatlarini kamaytiradi. Tadqiqot natijalari IoT tizimining ekspluatatsion samaradorlikni



oshirish hamda texnik nosozliklardan kelib chiqadigan katta moliyaviy yo‘qotishlarning oldini olishdagi ahamiyatini ko‘rsatadi.

Konchilik sohasida aktivlarni boshqarish hamda operatsion samaradorlikni oshirishga qaratilgan telematika tizimining qo‘llanilishini o‘rganadi. Ayniqsa cheklangan mobil tarmoq mavjud bo‘lgan hududlarda ushbu tizimning qo‘llanishi muhim ahamiyat kasb etadi. Mikroprotessorlar va sensor modullaridan foydalanilgan boshqaruv tizimi uskunaning ishlatish darajasi, yoqilg‘i sarfi hamda joylashuvini kuzatadi va olingan ma‘lumotlarni veb-platformada aks ettiradi. Ushbu yondashuv konchilik operatsiyalarini arzon va ishonchli monitoring qilishga, resurslardan foydalanishni optimallashtirishga hamda sohaning barqaror rivojlanishiga xizmat qiladi.

Muallif tomonidan o‘tkazilgan tadqiqotda esa sanoatning ko‘p yetkazib beruvchili va ko‘p komponentli tizimlarida IoT asosidagi monitoring texnologiyalarining shartnomaviy munosabatlarga ko‘rsatadigan ta‘siri tahlil qilingan. Mualliflarning ta‘kidlashicha, monitoring texnologiyalari mahsulot ishlashi bo‘yicha shartnomalarni soddalashtirishi mumkin bo‘lsa-da, tizim tomonidan yaratiladigan batafsil texnik ma‘lumotlar ba‘zan yangi kelishmovchiliklarga sabab bo‘ladi. Bunga kutilmagan nosozliklar yuzaga kelishi yoki mavjud baholash mezonlarining yetarli emasligi kabilar misol bo‘lishi mumkin. Bunday natijalar IoT texnologiyalarining murakkab shartnomaviy nizolarni hal etish imkoniyatlari cheklanganligini ko‘rsatadi hamda kelajakdagi kelishuvlarni loyihalash jarayonida ehtiyotkorlikni talab etadi.

XULOSA

Umuman olganda, og‘ir texnikalarni raqamli texnologiyalar asosida monitoring qilish qurilish, konchilik va infratuzilma kabi strategik sohalarda xarajatlarni optimallashtirish hamda operatsion samaradorlikni oshirishning muhim yo‘nalishiga aylandi. Ilg‘or sensorlar, Internet of Things (IoT), Big Data va sun‘iy intellekt (AI) kabi texnologiyalarni joriy etish uskunalarini boshqarishda proaktiv



yondashuvni shakllantirib, real vaqt monitoringi, nosozliklarni erta aniqlash va bashoratli texnik xizmat ko'rsatishni ta'minlamoqda. Natijada ishlab chiqarish jarayonining to'xtash holatlari kamayadi, uskunalarning xizmat muddati uzayadi hamda favqulodda ta'mirlash xarajatlari minimallashtiriladi.

Shuningdek, Khan va boshqa tadqiqotchilari AI, ML, BIM va GIS kabi yangi texnologiyalarning texnik xizmat strategiyalarini tubdan o'zgartirayotganini ko'rsatadi. Mazkur innovatsiyalar nafaqat uskunar unumdorligini oshiradi, balki ekspluatatsion boshqaruvni raqamli ma'lumotlarga asoslangan holda olib borish imkonini yaratadi. Buning natijasida jarayonlar yanada samarali tashkil etilib, turli sohalarda avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini keng qo'llash imkoniyati yuzaga keladi.

Biroq, Dagsa, Shekari va Ray tadqiqotlari monitoring texnologiyalarini joriy etishda bir qator muammolar ham mavjudligini ko'rsatadi. Xususan, monitoring tizimlarining cheklanishi, ortiqcha ma'lumot oqimi va shartnomaviy munosabatlardagi kelishmovchiliklar ushbu jarayonni murakkablashtirishi mumkin. Shuning uchun raqamli monitoringning afzalliklaridan samarali foydalanish uchun menejerlar ushbu murakkabliklarni boshqarishga tayyor bo'lishlari, risklarni kamaytiruvchi yondashuvlarni ishlab chiqishlari zarur.

Xulosa qilib aytganda, og'ir texnikalarni monitoring qilishda raqamli texnologiyalardan foydalanish operatsion jarayonlarni yuksaltirish, raqobatbardoshlikni oshirish va uzoq muddatli barqarorlikka erishishning eng istiqbolli yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Bu jarayon korxonalar uchun iqtisodiy jihatdan ham, texnologik jihatdan ham yangi imkoniyatlar ochadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23.



2. Khaleel, L. M., Al-Ani, A., & Mohammed, A. (2022). IoT-Based Monitoring Systems for Mining Machinery: A Review. *International Journal of Mining Science and Technology*, 32(5), 845–858.
3. Xu, L. D., He, W., & Li, S. (2014). Internet of Things in Industries: A Survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(4), 2233–2243.
4. Carvalho, T., Soares, F., Vita, R., Francisco, R., et al. (2019). Predictive Maintenance System for Heavy Machinery using Machine Learning Techniques. *Journal of Industrial Information Integration*, 13, 10–19.
5. Mobley, R. K. (2002). *An Introduction to Predictive Maintenance*. Elsevier.
6. Monostori, L. (2014). Cyber-physical Production Systems: Roots, Expectations and R&D Challenges. *Procedia CIRP*, 17, 9–13.
7. Kusiak, A. (2018). Smart Manufacturing: Trends, Systems, and Technology. *International Journal of Production Research*, 56(1–2), 508–517.
8. ISO 13379-1:2012. Condition monitoring and diagnostics of machines – General guidelines for data interpretation and diagnostics techniques. International Organization for Standardization.
9. O’Donovan, P., Leahy, K., Bruton, K., & O’Sullivan, D. (2015). An Industrial Big Data Pipeline for Data-Driven Analytics Maintenance Applications. *IEEE Big Data Conference*, 2015.
10. McKinsey Global Institute (2021). *The Future of Construction: How IoT and Advanced Analytics will Transform Heavy-Equipment Productivity*. McKinsey & Company.