



SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA SUV XO'JALIGI NASOS AGREGATLARINING TEXNIK HOLATINI MONITORING QILISH

Xolova Sarvinoz Oripovna

*Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligi mexanizatsiyalash muhandislari instituti Milliy
tadqiqot universiteti*

Annotatsiya

Ushbu maqolada suv xo'jaligi tizimlarida foydalaniladigan nasos agregatlarining texnik holatini sun'iy intellekt texnologiyalari asosida monitoring qilish masalalari ko'rib chiqilgan. Nasos agregatlarining uzluksiz va ishonchli ishlashi suvni o'z vaqtida yetkazib berish, energiya sarfini kamaytirish hamda sug'orish tizimlarining samaradorligini ta'minlashda muhim ahamiyatga ega. An'anaviy texnik nazorat usullarida agregatlarning holati davriy tekshirilib, nosozliklar yuzaga kelganidan keyin ta'mirlash ishlari amalga oshiriladi. Bu esa avariya holatlari, energiya sarfining ortishi va ekspluatatsion xarajatlarning ko'payishiga olib kelishi mumkin. Maqolada vibratsiya, elektr toki, kuchlanish, bosim, suv sarfi, podshipnik harorati va aylanish tezligi kabi parametrlarni real vaqt rejimida yig'ish hamda ularni mashinaviy o'qitish algoritmlari yordamida tahlil qilish imkoniyatlari yoritilgan. Nasos agregatlarining normal va nosoz holatlarini aniqlash uchun klassifikatsiya, anomaliyalarni aniqlash va prognozlash modellaridan foydalanish taklif etilgan. Sun'iy intellekt asosidagi monitoring tizimi nasos agregatlarining texnik holatini oldindan baholash, nosozliklarni erta aniqlash va texnik xizmat ko'rsatishni optimallashtirish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, nasos agregati, suv xo'jaligi, texnik holat, monitoring, mashinaviy o'qitish, vibratsiya, diagnostika, prognozlash, prediktiv texnik xizmat.

Kirish

Suv xo'jaligi infratuzilmasida nasos agregatlari suvni kerakli balandlik va masofaga uzatish, sug'orish tarmoqlarini suv bilan ta'minlash hamda meliorativ tizimlarning barqaror ishlashini ta'minlaydigan asosiy texnik vositalardan biridir. Nasos agregatining ish jarayonida yuzaga keladigan mexanik, gidravlik va elektr nosozliklar butun tizimning samaradorligiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Nasos qurilmalarining ishlash samaradorligi nasosning konstruktiv xususiyatlari, ish rejimi, suv sarfi, bosim, elektr dvigatelining yuklanishi va texnik xizmat ko'rsatish sifatiga bog'liq. Nasos agregatlarida podshipniklarning yeyilishi, valning nomutanosibligi, ishchi g'ildirakning shikastlanishi, kavitatsiya, elektr dvigatelining ortiqcha yuklanishi kabi nosozliklar ko'p uchraydi [1].

An'anaviy diagnostika usullarining asosiy kamchiligi shundaki, texnik holat ko'pincha mutaxassis tomonidan davriy ravishda baholanadi. Bunday yondashuv yashirin rivojlanayotgan nosozliklarni o'z vaqtida aniqlash imkoniyatini cheklaydi. Zamonaviy



raqamli texnologiyalar, xususan, sun'iy intellekt va mashinaviy o'qitish algoritmlaridan foydalanish orqali ushbu muammoni hal qilish mumkin.

Tadqiqotning maqsadi

Tadqiqotning asosiy maqsadi — suv xo'jaligi nasos agregatlarining texnik holatini real vaqt rejimida monitoring qilish, nosozliklarning dastlabki belgilarini aniqlash va kelajakdagi texnik holatini prognozlashga imkon beruvchi sun'iy intellekt asosidagi monitoring tizimining ilmiy-uslubiy asoslarini ishlab chiqishdan iborat.

Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

- nasos agregatining texnik holatini tavsiflovchi asosiy parametrlarni aniqlash;
- sensorlar orqali ma'lumotlarni real vaqt rejimida yig'ish;
- olingan ma'lumotlarni qayta ishlash va filtrlash;
- nasosning normal va nosoz ish rejimlarini ajratish;
- mashinaviy o'qitish algoritmlarini qo'llash;
- nosozliklarni erta aniqlash;
- agregatning texnik holatini prognozlash;
- prediktiv texnik xizmat ko'rsatish tizimini shakllantirish.

Tadqiqot usullari

Nasos agregatining texnik holatini sun'iy intellekt asosida monitoring qilishda bir nechta turdagi sensorlardan foydalanish mumkin. Jumladan, vibratsiya sensori, harorat sensori, bosim datchigi, suv sarfi o'lchagichi hamda elektr parametrlarini o'lchovchi qurilmalar asosiy axborot manbalari sifatida qaraladi.

Monitoring tizimining umumiy tuzilishini quyidagi ketma-ketlikda ifodalash mumkin: Sensorlar → ma'lumotlarni yig'ish → dastlabki qayta ishlash → belgilarni ajratish → sun'iy intellekt modeli → texnik holatni baholash → ogohlantirish → texnik xizmat ko'rsatish.

Vibratsiya signali nasos agregatining mexanik holatini baholashda muhim ko'rsatkichlardan biridir. Podshipniklarning yeyilishi, valning disbalansi va mexanik birikmalarning bo'shashi vibratsiya signalining o'zgarishiga olib keladi. Vibratsiya signallaridan RMS, amplituda, chastota va spektral xususiyatlar kabi belgilarni ajratib olish mumkin [2].

Elektr dvigatelining toki va kuchlanishini monitoring qilish ham texnik holatni aniqlashda muhimdir. Dvigatel yuklamasining ortishi yoki mexanik qarshilikning o'zgarishi elektr toki qiymatining o'zgarishiga sabab bo'lishi mumkin.

Gidravlik parametrlar, ya'ni bosim va suv sarfi ham nasosning texnik holati to'g'risida muhim ma'lumot beradi. Nasosning ish nuqtasi o'zgarishi yoki ishchi g'ildirakning yeyilishi bosim va suv sarfining me'yoriy qiymatlardan chetlanishiga olib kelishi mumkin.

Sun'iy intellekt modelidan foydalanish

Yig'ilgan ma'lumotlarni tahlil qilish uchun mashinaviy o'qitishning nazorat ostida va nazoratsiz o'qitish usullaridan foydalanish mumkin. Agar nasosning normal, podshipnik



nosozligi, kavitatsiya yoki disbalans kabi holatlari bo'yicha yetarli miqdorda belgilangan ma'lumotlar mavjud bo'lsa, klassifikatsiya algoritmlarini qo'llash maqsadga muvofiq.

Bunda Random Forest, Support Vector Machine, Gradient Boosting va neyron tarmoqlar kabi algoritmlar texnik holatlarni tasniflash uchun qo'llanishi mumkin [3; 4].

Model kirish parametrlarini quyidagi vektor ko'rinishida qabul qilishi mumkin:
 $X = \{V, T, P, Q, I, U, n\}$

bu yerda: V — vibratsiya darajasi; T — podshipnik yoki dvigatel harorati; P — bosim; Q — suv sarfi; I — elektr toki; U — kuchlanish; n — aylanish tezligi.

Model chiqishida esa nasos agregatining texnik holati aniqlanadi:
 $Y = \{\text{normal, ogohlantirish, nosozlik}\}.$

Bunday yondashuv nasos agregatining faqat mavjud holatini emas, balki uning holatidagi o'zgarish tendensiyasini ham aniqlash imkonini beradi.

Nosozliklarni prognozlash

Sun'iy intellekt asosidagi monitoringning muhim afzalliklaridan biri — nosozlikni yuzaga kelgandan keyin aniqlash emas, balki uning rivojlanish ehtimolini oldindan baholashdir.

Masalan, podshipnik vibratsiyasining asta-sekin ortib borishi uning yeyilish jarayoni kuchayayotganligini ko'rsatishi mumkin. Agar tizim ushbu o'zgarishni aniqlasa, texnik xizmat ko'rsatish ishlarini avariya yuz berishidan oldin rejalashtirish imkoniyati paydo bo'ladi.

Vaqt qatorlari bilan ishlashda LSTM (Long Short-Term Memory) kabi neyron tarmoqlardan foydalanish mumkin. Ushbu modellar oldingi vaqt oralig'idagi ma'lumotlar asosida kelajakdagi parametr qiymatlarini prognozlashga imkon beradi [5].

Vaqt bo'yicha o'zgarishni umumiy ko'rinishda quyidagicha ifodalash mumkin:
 $V(t+\Delta t) = f[V(t), V(t-1), T(t), I(t), P(t), Q(t)]$

Bu yerda f — sun'iy intellekt modeli tomonidan aniqlanadigan bog'lanishdir. Agar prognoz qilingan qiymat belgilangan chegaradan oshishi kutilsa, operatorga oldindan ogohlantirish yuboriladi.

Monitoring tizimining amaliy samaradorligi

Sun'iy intellekt asosidagi monitoring tizimini suv xo'jaligi nasos stansiyalariga joriy etish bir qator amaliy natijalarni berishi mumkin. Birinchidan, nasos agregatining texnik holati doimiy ravishda nazorat qilinadi. Ikkinchidan, yashirin nosozliklarni erta aniqlash imkoniyati oshadi. Uchinchidan, rejasiz ta'mirlash va avariya sababli to'xtab qolishlarning oldini olish mumkin.

Bundan tashqari, nasos agregatining optimal ish rejimini aniqlash orqali elektr energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirish mumkin. Energiya samaradorligi masalasi suv xo'jaligida ayniqsa muhim bo'lib, nasos stansiyalarining energiya sarfi katta bo'lishi mumkin [6].



Sun'iy intellekt tizimi operator uchun qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlovchi vosita sifatida ishlashi mumkin. Tizim normal holat, ogohlantirish, kritik holat va texnik xizmat zarurligi kabi xulosalarni shakllantirishi mumkin.

Natijalar va muhokama

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, nasos agregatlarining texnik holatini baholashda faqat bitta parametrga tayanish yetarli emas. Vibratsiya, harorat, bosim, suv sarfi va elektr parametrlarini kompleks tahlil qilish diagnostikaning ishonchligini oshiradi.

Sun'iy intellektning afzalligi aynan turli parametrlar o'rtasidagi murakkab bog'lanishlarni aniqlash imkoniyatida namoyon bo'ladi. Masalan, vibratsiyaning ortishi har doim ham mexanik nosozlikni anglatmasligi mumkin. Agar vibratsiya bilan bir vaqtda podshipnik harorati ham oshsa va elektr toki o'zgarsa, model nosozlik ehtimolini ancha aniqroq baholashi mumkin.

Shu sababli taklif etilayotgan monitoring tizimida ko'p parametrlar diagnostika prinsipidan foydalanish maqsadga muvofiq.

Tizimni bosqichma-bosqich joriy qilish quyidagicha amalga oshirilishi mumkin:

1. Nasos agregatlariga sensorlarni o'rnatish.
2. Real vaqt ma'lumotlarini yig'ish.
3. Ma'lumotlar bazasini shakllantirish.
4. Normal va nosoz holatlar bo'yicha ma'lumotlarni belgilash.
5. Sun'iy intellekt modelini o'qitish.
6. Modelning aniqligini tekshirish.
7. Monitoring tizimini real obyektga joriy etish.
8. Modelni yangi ma'lumotlar bilan muntazam takomillashtirish.

Xulosa

Suv xo'jaligi nasos agregatlarining texnik holatini sun'iy intellekt asosida monitoring qilish zamonaviy raqamli texnologiyalardan foydalanishning istiqbolli yo'nalishlaridan biridir. Vibratsiya, harorat, bosim, suv sarfi, elektr toki va kuchlanish kabi parametrlarni birgalikda tahlil qilish nasos agregatining texnik holatini kompleks baholash imkonini beradi.

Mashinaviy o'qitish algoritmlari yordamida normal va nosoz ish rejimlarini avtomatik ajratish, anomaliyalarni aniqlash va nosozliklarning rivojlanishini prognozlash mumkin. Ayniqsa, vaqt qatorlari asosida ishlovchi neyron tarmoqlardan foydalanish nasos agregatining kelajakdagi holatini baholash imkoniyatini kengaytiradi.

Taklif etilayotgan yondashuvning amaliy ahamiyati shundaki, texnik xizmat ko'rsatish ishlari avariya yuz bergandan keyin emas, balki nosozlikning dastlabki belgilari aniqlanganda rejalashtirilishi mumkin. Natijada nasos agregatlarining ishonchligini oshirish, ishlamay qolish vaqtini kamaytirish, ta'mirlash xarajatlarini optimallashtirish va elektr energiyasidan samarali foydalanishga erishish mumkin.





Kelgusidagi tadqiqotlarda real nasos stansiyalaridan ma'lumotlar to'plash, katta hajmdagi vaqt qatorlari bazasini shakllantirish hamda Random Forest, XGBoost, LSTM va boshqa algoritmlarning diagnostik aniqligini o'zaro taqqoslash maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Hydraulic Institute. Pump Application Guidelines. Hydraulic Institute, 2021.
2. Randall R.B. Vibration-based Condition Monitoring: Industrial, Aerospace and Automotive Applications. Wiley, 2021.
3. Bishop C.M. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer, 2006.
4. Breiman L. Random Forests. Machine Learning. 2001. Vol. 45. P. 5–32.
5. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory. Neural Computation. 1997. Vol. 9(8). P. 1735–1780.
6. Hydraulic Institute. Energy Efficiency for Pump Systems. Hydraulic Institute, 2009.
7. Jardine A.K.S., Lin D., Banjevic D. A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. Mechanical Systems and Signal Processing. 2006. Vol. 20(7). P. 1483–1510.
8. Mobley R.K. An Introduction to Predictive Maintenance. 2nd ed. Butterworth-Heinemann, 2002.
9. ISO 20816-1:2016. Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts. International Organization for Standardization, 2016.
10. ISO 13374-1:2003. Condition monitoring and diagnostics of machines — Data processing, communication and presentation. International Organization for Standardization, 2003.

