



**SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA GIDROENERGETIKA
MUTAXASSISLARINI TAYYORLASHNING TEXNOLOGIK
MODELI VA XALQARO TAJRIBA**

Vafojeva Aziza Toshtemir qizi¹

Qarshi Davlat Texnika Universiteti assistenti¹

Annotatsiya: Mazkur maqolada gidroenergetika sohasida mutahassislar tayyorlash jarayonida sun'iy intellektdan foydalanish bo'yicha xorijiy tajriba hamda innovatsion yondashuvlar tahlil qilinadi. Raqamli egizak texnologiyasi haqiqiy gidroelektrostansiya yoki uning tarkibiy qismlarining raqamli modeli sifatida ko'rib chiqilib, real vaqt rejimida ma'lumotlar almashinuvi orqali texnologik jarayonlar bilan integratsiyalashuvi asoslanadi.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, raqamli egizak, gidroinshoot, gidroenergetika.

Аннотация: В данной статье анализируется зарубежный опыт и инновационные подходы к использованию искусственного интеллекта в процессе подготовки специалистов в сфере гидроэнергетики. Технология цифрового двойника рассматривается как цифровая модель реальной гидроэлектростанции или её составных частей, и обосновывается её интеграция с технологическими процессами посредством обмена данными в режиме реального времени.

Ключевые слова: искусственный интеллект, цифровой двойник, гидротехническое сооружение, гидроэнергетика.

Abstract: This article analyzes international experience and innovative approaches to the use of artificial intelligence in the training of specialists in the field of hydropower engineering. Digital twin technology is considered as a digital model of a real hydropower plant or its components, and its integration with technological processes through real-time data exchange is substantiated.



Keywords: artificial intelligence, digital twin, hydraulic structure, hydropower engineering.

Kirish: Bugungi kunda global miqyosda energetika sohasida raqobatbardoshlik va barqarorlikka erishish uchun zamonaviy texnologiyalarni joriy etish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Hidroenergetika – eng yirik va samarali qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan biri bo‘lib, jahon bo‘yicha ishlab chiqariladigan elektr energiyasining qariyb 20 foizi gidroelektrostansiyalar hissasiga to‘g‘ri keladi. Shu jumladan, AQSh elektr energiyasining 10 foizini gidroenergetika orqali oladi. Rivojlanayotgan mamlakatlar ham suv-energetika resurslaridan keng foydalanishga intilmoqda. Hidroenergetika tarmog‘ining o‘shishi malakali mutaxassislariga bo‘lgan ehtiyojni oshirmoqda. Bunda nafaqat an‘anaviy bilim va ko‘nikmalarga, balki sun‘iy intellekt texnologiyalaridan xabardorlikka ega bo‘lgan yangi avlod gidroenergetik kadrlarini tayyorlash dolzarb hisoblanadi. Sun‘iy intellekt (SI) va raqamli texnologiyalar energetika sohasini tez sur‘atlar bilan o‘zgartirmoqda – ular yordamida gidroelektrostansiyalarda jarayonlarni optimallashtirish, avariylarni oldindan aniqlash, texnik xizmat ko‘rsatishni rejalashtirish va operatsion qarorlarni qabul qilish samaradorligini oshirish mumkin. Shu bois, kelajak gidroenergetiklari zamonaviy AI asosida ishlovchi tizimlar bilan ishlash kompetensiyasini rivojlantirishi zarur.

Rasmda: Gidroelektrostansiya to‘g‘onidan suv oqizilmoqda. Hidroenergetika dunyo bo‘yicha elektr energiyasining qariyb 20 foizini ishlab chiqaradigan eng yirik qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan biri sanaladi.



Energetika sohasida mutahassis tayyorlashning jahon tajribasi:

Rivojlangan mamlakatlarda energetika sohasi uchun yuqori malakali mutaxassislar tayyorlashga doimiy e'tibor qaratilgan. So'nggi yillarda sanoat 4.0 asosiy yo'nalishlari — raqamli transformatsiya, narsalar interneti (IoT) va katta hajmdagi ma'lumotlarni (Big Data) tahlil qilish — energetika mutaxassislaridan raqamli ko'nikmalarga ega bo'lish hamda sun'iy intellekt bilan ishlash layoqatini rivojlantirishni talab qilmoqda. Masalan, AQSh va Yevropa Ittifoqida energetika operatorlari va muhandislarini qayta tayyorlash dasturlarida AI va avtomatlashtirish bo'yicha maxsus modullar kiritilmoqda. Ishlab chiqarish korxonalarida esa yosh muhandislarni tajribali ustozlar yonida amaliyot o'tash bilan birga, simulyatorlarda sinab ko'rish majburiy elementga aylangan.

Xorijiy korxonalarda AI yordamida o'qitish: Ko'plab yirik energetika kompaniyalari o'z xodimlarini o'rgatishda sun'iy intellekt bilan boyitilgan asosiy yo'nalishlari platformalaridan foydalanmoqda. Deloitte tadqiqotlariga ko'ra, sanoat korxonalarida ishchi-xodimlarning chorak qismi yaqin 5 yil ichida pensiyaga chiqishi kutilmoqda, bu esa bilimlar uzilishiga olib kelishi mumkin. Bunda AI texnologiyalari ikki xil vazifani bajaradi: 1) Bilimlarni saqlash va uzatish: tajribali mutaxassislarning yechimini topgan muammolari,

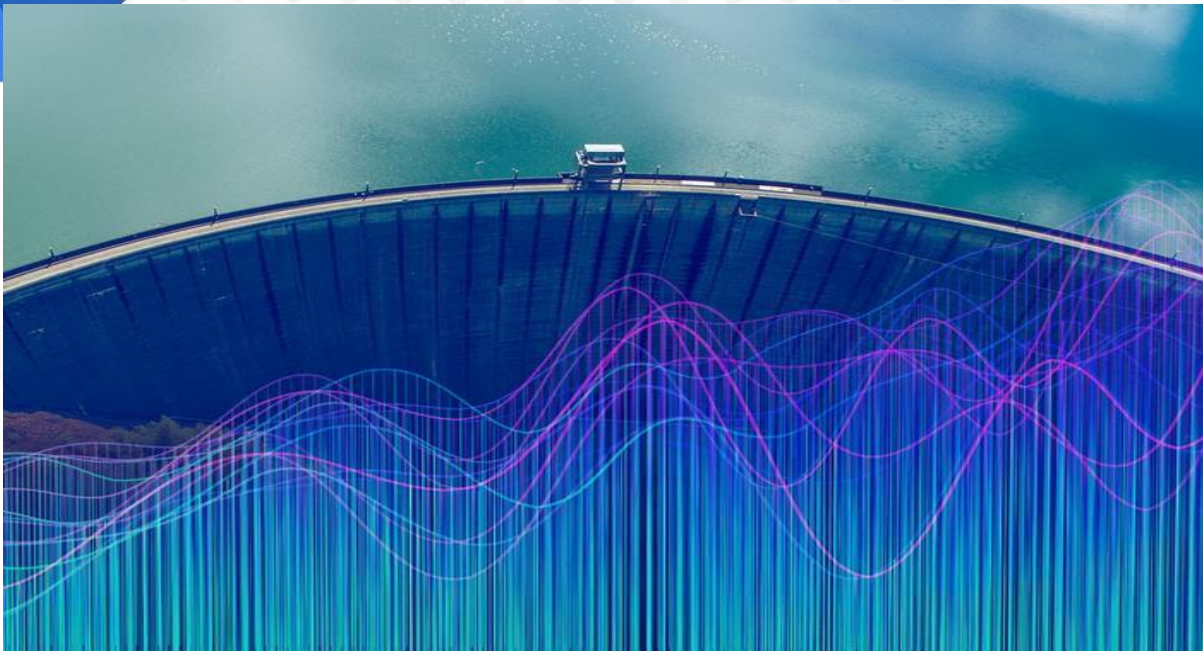


qabul qilgan qarorlari bazasi shakllantirilib, AI orqali keyinchalik tavsiyalar berish yoki o'xshash vaziyatni aniqlashda qo'llanadi; 2) Yangi xodimlarni tezkorlikda o'qitish: AI asosida tayyorlangan o'quv dasturlari yangi kelgan muhandis yoki operatorni an'anaviy usulga qaraganda tezroq o'zlashtirishga yordam beradi.

Masalan, Janubiy Koreyada AES va GES operatorlarini tayyorlash markazlarida raqamli amaliy mashg'ulotlar joriy etilgan bo'lib, ular real stansiya boshqaruv pulti interfeysini to'la takrorlaydi va sun'iy intellekt yordamida turli avariya holatlarini simulyatsiya qilib, operatorning to'g'ri harakatini baholab boradi.

Gidroenergetika sohasida raqamli egizaklar stansiya yoki gidroturbinaning virtual nusxasini yaratishda turli vaqtlarni simulyatsiya qilish uchun qo'llanmoqda. Masalan, AQSh Oak Ridge va Pacific Northwest milliy laboratoriyalari hamkorligida 2023 yilda Hydropower Digital Twins platformasi ishlab chiqildi. Ushbu tizimga 2024 yilda yangilanishlar kiritilib, gidroinshoot operatorlariga turbinani tez eskirishga olib keluvchi omillarni (masalan, keskin o'zgaruvchi yuklama, suv sathi tebranishlari) oldindan "sinab ko'rish" imkoniyati berildi. Raqamli egizak modeli yordamida operatorlar xavf tug'dirmasdan turli tasodiflarni boshqarib ko'rishlari, suv oqimi yoki bosimdagi o'zgarishlarning uskuna ishiga ta'sirini baholashlari va shu orqali mos keladigan qarorlar qabul qilishlari lozim. PNNL mutaxassislarining ta'kidlashicha, digital twin platformasi nafaqat texnik optimizatsiya, balki ko'p yillik ekspluatatsiya davomidagi o'zgarishlarni ham xotirada saqlab, kelgusi avlod xodimlariga bilim sifatida yetkazish vositasi bo'lib xizmat qiladi.

"Gidroenergetika tizimlari uchun raqamli egizaklar (IMAGE) AQSh Energetika vazirligi (DOE) huzuridagi Tinch okeani shimoli-g'arbiy milliy laboratoriyasi"



Rasmda: Hidrotexnik inshootning raqamli egizagi kontseptsiyasi tasvirlangan. Raqamli egizak – bu real gidroelektrostansiya yoki uning tarkibiy qismlarining virtual modeli bo‘lib, u real vaqt rejimida ma’lumotlar almashinuvi orqali haqiqiy jarayonlarga sinxronlashtiriladi. Bunday texnologiya yordamida gidroenergetika obyektlarida yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan nosozliklar va rejim o‘zgarishlarini oldindan sinash, turli stsenariylarni o‘rganish mumkin. Natijada, operatorlar real uskuna va tizimlarga ziyon yetkazmasdan turib, favqulodda holatlar bo‘yicha mashg‘ulot olib boradi hamda bo‘lajak avlod mutaxassislariga amaliy bilim va tajriba uzluksiz yetkaziladi.

Yana bir misol – Imubit kompaniyasi jarayon operatorlarini tayyorlash bo‘yicha AI yechimlarini joriy qilmoqda. Ularning 2025 yilda e‘lon qilgan ma’lumotiga ko‘ra, AI yordamida individuallashtirilgan o‘quv dasturini qo‘llagan korxonalarda yosh operatorlarning malaka oshirish muddati 78% gacha qisqargan (an’anaviy treningga nisbatan). Bu shuni ko‘rsatadiki, sun‘iy intellekt asosida simulyator va trening platformalari orqali o‘qitish ko‘proq va tezroq samaradorlik berishi mumkin.

Masalan, Imubit taklif etayotgan yechimda avval korxonaga uchun zarur bo‘lgan kompetensiyalar aniqlanadi (Skills Gap Analysis), so‘ngra asosiy



tayanch bilimlar mustahkamlanadi, keyinchalik bosqichma-bosqich AI bilan ishlash kompetentsiyalari ustida trening o'tkaziladi. O'quv dasturi davomida raqamli dvigatel (digital tutor) o'quvchilarni kuzatib boradi: kim nimani qanchalik o'zlashtirganini tahlil qilib, kerakli paytda qo'shimcha mashqlar taklif qiladi yoki qiyinchilik darajasini moslashtiradi. Shuningdek, muayyan bosqichlarni muvaffaqiyatli yakunlagan tinglovchilarga raqamli sertifikatlar berib borish amaliyoti joriy qilinmoqda – bu ularning rag'batini oshiradi va o'quv jarayonidagi yutuqlarini ko'rsatadi.

Gidroenergetika ta'limida AKT va AI integratsiyasining xorijiy dasturlari: Ba'zi xorijiy universitetlar muhandislik ta'limiga AI bo'yicha alohida kurslarni kiritmoqda yoki mavjud kurslarga integratsiya qilmoqda. Jumladan, AQShning bir qator texnika universitetlarida “Energetika tizimlarida sun'iy intellekt” nomli ixtisoslik fanlari magistratura darajasida o'tilmoqda, bunda talabalar energetika tizimlarida mashinani o'rganish, ma'lumotlar tahlili, smart grid va avtomatlashtirish bo'yicha bilim olishadi. Xususan, NYU professori F. de Leon 2025 yildagi xalqaro anjumanda “Energetika muhandisligi ta'limida AI” mavzusida ma'ruza qilib, kelgusida quvvat tizimlari mutaxassislariga AI bilan ishlash ko'nikmasi zaruriy bo'lishini ta'kidlagan (chunki energetika tizimlari boshqaruvi tobora aqlli tizimlarga o'tmoqda).

Yevropada Erasmus+ dasturlari doirasida bir necha universitet konsorsiumlari Industry 4.0 in Engineering Education loyihalarini olib bormoqda – bu loyihalarda raqamli ko'nikmalar, shu jumladan AI bo'yicha trening modullari ishlab chiqilib, turli texnika universitetlarida sinovdan o'tkazilmoqda. Mazkur loyihalar doirasida yaratilgan o'quv platformalariga misol: Germaniyada “Smart Grid Trainer” – energetika tizimi operatorlari uchun virtual laboratoriya; Niderlandiyada “AI Power Lab” – talabalar kichik gidroenergetika tizimi maketini AI asosida boshqarishni o'rganishlari uchun mo'ljallangan muhit; Polshada “VR Hydro Plant” – virtual haqiqat



texnologiyasi yordamida Hidroelektrstansiya ishini boshqarish bo'yicha interfaol qo'llanmalar mavjud. Bu kabi innovatsion yechimlar xorijiy ta'lim muassasalarida amaliyotga joriy qilinayotgani kuzatilmoqda.

Xulosa: Tahlillar shuni ko'rsatadiki, rivojlangan davlatlarda sun'iy intellekt va raqamli simulyatorlar yordamida xodimlarni o'qitish keng quloqch yozgan. Energetika korxonalarida katta avlod almashinuvi muammosiga duch kelar ekan, AI texnologiyalari yordamida bilimlarni saqlab qolish va yangi kadrlarni tezroq o'qitishga erishilmoqda. Raqamli egizaklar va AI-driven (AI boshqaruvidagi) trenajyorlar murakkab gidrotexnik tizimlarni xavfsiz o'rgatish imkonini bermoqda, operatorlarning malakasini oshirishda muhim vositaga aylangan. Xususan, simulyatsiya vositalari talabalarning kasbiy tayyorgarlik vaqtini sezilarli qisqartirishi va ular egallaydigan ko'nikmalar chuqurligini oshirishi aniqlandi. Xorijiy tajriba asosida aytish mumkinki, gidroenergetika ta'limida sun'iy intellektdan foydalanish dunyoda yangi tendentsiya bo'lib, u bo'yicha dastlabki ijobiy natijalar kuzatilmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Drommi J.-L. **“We fed our hydropower turbine data to an AI machine. What happened next was astonishing.”** *XFLEX HYDRO project blog*, 2023 – Sun'iy intellekt yordamida gidroturbin ishlashini bashorat qilish bo'yicha tajriba tafsilotlari berilgan.
2. **Imubit (2025).** *5 Ways AI is Transforming Plant Operator Training in Process Industries.* – Jarayon operatorlarini tayyorlashda sun'iy intellektning 5 ta asosiy yo'nalishi ko'rsatilgan. Xususan, AI yordamida o'quv dasturlarini individuallashtirish va digital twin simulyatorlari haqida ma'lumotlar keltirilgan.
3. Shin D. **“Intelligent tutoring system framework for operator training in process fault diagnosis.”** *PhD Dissertation, Purdue University*, 1998 – Kimyo sanoati operatorlari uchun POINTS intellektual trening tizimi



tavsifi. Ushbu tizim tarkibi: dinamik simulyator, ekspert operator modeli, intellektual tutor va h.k. batafsil yoritilgan.

4. **EurekAlert (2024).** *Hydropower digital twins solution helps with operator challenges.* – PNNL tomonidan gidroenergetika uchun raqamli egizak platformasi yaratilgani va uning imkoniyatlari, jumladan, operatorlarga turli stsenariylarni xavfsiz sinash va bilimlarni keyingi avlodga uzatish xususiyatlari yoritilgan.

5. Hydropower Training | PNNL

<https://www.pnnl.gov/projects/torch-training-outreach-and-recruitment-cybersecurity-hydropower/hydropower-training>

6. How AI Is Changing Plant Operator Training for Process Industries

<https://imubit.com/article/plant-operator-training/>

7. Competency-Based Education Courses in Mechanical Engineering Technology | Texas A&M University-Corpus Christi

<https://www.tamucc.edu/mcet/>