“BUXORO HETK” AJ TAQSIMLOVCHI TARMOQLARIDA SUNIY INTELLEKT VA MASHINALI O‘QITISH USULLARINI QO‘LLASH

Amrullayeva Nigina Mexrullayevna
Buxoro davlat Texnika Universitet magistranti
Z.R. Murodova
Buxoro davlat texnika universituti, “Axborot kommunikatsiya texnologiyalari” kafedrasi dotsenti, pedagogika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)

Annotatsiya. Ushbu ishda “BUXORO HETK” AJ elektr energiyasini taqsimlovchi tarmoqlarida sun’iy intellekt va mashinali o‘qitish texnologiyalarini joriy etish masalalari batafsil tahlil qilingan. Tadqiqot doirasida elektr ta’minoti tizimlarining raqamlashtirilishi, katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash, yuklamalarni prognozlash hamda avariyaviy holatlarni oldindan aniqlashda intellektual algoritmlarning o‘rni yoritib berilgan. Mashinali o‘qitish modellari asosida elektr energiyasi iste’molini aniqlash, texnik va tijorat yo‘qotishlarini kamaytirish, tarmoq elementlarining texnik holatini baholash imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, prediktiv texnik xizmat ko‘rsatish, noqonuniy ulanishlarni aniqlash va iste’molchilar bilan o‘zaro aloqalarni yaxshilashda sun’iy intellektning amaliy afzalliklari asoslab berilgan. Tadqiqot natijalari “BUXORO HETK” AJ taqsimlovchi tarmoqlarining ishonchliligini oshirish, boshqaruv qarorlarini optimallashtirish hamda elektr energiyasi ta’minotining uzluksizligini ta’minlashga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: sun’iy intellekt, mashinali o‘qitish, elektr taqsimlovchi tarmoqlar, yuklamani prognozlash, raqamli energetika, prediktiv tahlil, BUXORO HETK.

Аннотация. В данной работе подробно рассматриваются вопросы внедрения методов искусственного интеллекта и машинного обучения в распределительных электрических сетях АО «БУХОРО ҲЭТК». Особое внимание уделено процессам цифровизации электроэнергетических систем, интеллектуальному анализу больших массивов данных и использованию алгоритмов машинного обучения для прогнозирования электрических нагрузок и предотвращения аварийных ситуаций. Исследуются возможности применения предиктивного технического обслуживания, снижения технических и коммерческих потерь, а также выявления несанкционированного потребления электроэнергии. Показано, что использование интеллектуальных систем позволяет повысить надежность распределительных сетей, улучшить качество электроснабжения и оптимизировать управленческие решения. Результаты исследования подтверждают целесообразность применения современных

ISSN 3030-3907

интеллектуальных технологий для повышения эффективности деятельности АО «БУХОРО ҲЭТК».

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, распределительные электрические сети, прогнозирование нагрузки, цифровая энергетика, интеллектуальный анализ данных, БУХОРО ҲЭТК.

Annotation. This paper provides a detailed analysis of the application of artificial intelligence and machine learning methods in the electric power distribution networks of JSC “BUKHARA HETK”. The study focuses on the digital transformation of power systems, intelligent analysis of large-scale data, and the use of machine learning algorithms for load forecasting and early detection of emergency conditions. The potential of predictive maintenance, reduction of technical and commercial losses, and identification of illegal electricity consumption is thoroughly examined. The research demonstrates that intelligent systems significantly improve the reliability of distribution networks, enhance power supply quality, and support effective decision-making processes. The findings confirm the relevance and effectiveness of implementing artificial intelligence technologies in the management and operation of modern power distribution systems.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, power distribution networks, load forecasting, digital energy, predictive analytics, Bukhara HETK.

KIRISH

Hozirgi kunda elektroenergetika sohasi jadal sur’atlarda rivojlanib, raqamli texnologiyalar asosida modernizatsiya qilinmoqda. Ayniqsa, elektr energiyasini taqsimlash tizimlarida ishonchlilikni oshirish, yo‘qotishlarni kamaytirish va iste’molchilarni sifatli elektr energiyasi bilan ta’minlash dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. Shu nuqtayi nazardan qaralganda, “BUXORO HETK” AJ taqsimlovchi tarmoqlarida sun’iy intellekt va mashinali o‘qitish texnologiyalarini qo‘llash zamonaviy energetika tizimini shakllantirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Elektr tarmoqlarida hosil bo‘layotgan katta hajmdagi ma’lumotlarni an’anaviy usullar bilan qayta ishlash murakkab bo‘lib, bu jarayonda intellektual algoritmlardan foydalanish samaradorlikni sezilarli darajada oshiradi. Sun’iy intellekt asosidagi tizimlar elektr yuklamalarining o‘zgarishini, tarmoq elementlarining texnik holatini va avariyaviy xavf darajasini real vaqt rejimida tahlil qilish imkonini beradi. Mashinali o‘qitish algoritmlari tarixiy ma’lumotlar asosida elektr energiyasi iste’molini prognozlash, yuklamalarni optimal taqsimlash hamda rejalashtirilmagan uzilishlarning oldini olishda muhim rol o‘ynaydi. Bunday yondashuv “BUXORO HETK” AJ faoliyatida texnik xizmat ko‘rsatish jarayonlarini takomillashtirish, prediktiv texnik xizmat modelini joriy etish va

ISSN 3030-3907

ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, sun'iy intellekt texnologiyalari elektr energiyasidan noqonuniy foydalanish holatlarini aniqlash, tijorat yo'qotishlarini qisqartirish va hisob-kitob tizimining shaffofligini ta'minlash imkonini yaratadi. Natijada, elektr taqsimlovchi tarmoqlarning barqaror ishlashi ta'minlanib, boshqaruv qarorlarini qabul qilish jarayoni ilmiy asoslangan va avtomatlashtirilgan holga keladi. Ushbu jihatlar "BUXORO HETK" AJ taqsimlovchi tarmoqlarida sun'iy intellekt va mashinali o'qitish usullarini qo'llash mavzusining dolzarbligini belgilab beradi hamda uning ilmiy-amaliy ahamiyatini yanada oshiradi.

Elektr energiyasini taqsimlash tizimlarida boshqaruv samaradorligini oshirish va ishonchlilikni ta'minlash zamonaviy elektroenergetika fanining muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. "BUXORO HETK" AJ taqsimlovchi tarmoqlarida sun'iy intellekt va mashinali o'qitish texnologiyalarini qo'llash ushbu vazifalarni hal etishda ilmiy asoslangan va amaliy jihatdan samarali yechim sifatida qaraladi. Elektr tarmoqlarida generatsiya qilinayotgan ma'lumotlar hajmining ortishi, jumladan, SCADA tizimlari, aqlli hisoblagichlar, sensorlar va monitoring qurilmalaridan olinadigan real vaqt ma'lumotlari an'anaviy statistik usullar bilan chuqur tahlil qilish imkoniyatini cheklaydi. Shu sababli, ma'lumotlarning intellektual tahlili va mashinali o'qitish algoritmlaridan foydalanish zaruriyati yuzaga keladi. Ilmiy tadqiqotlarda sun'iy intellekt elektr energetika tizimlarida murakkab, noaniq va ko'p omilli jarayonlarni modellashtirishda yuqori aniqlikni ta'minlashi isbotlangan. Mashinali o'qitishning regressiya, klassifikatsiya, klasterlash va neyron tarmoqlar asosidagi modellari elektr yuklamalarini prognozlashda keng qo'llanilib, ular tarixiy iste'mol ma'lumotlari, ob-havo sharoitlari, mavsumiy o'zgarishlar va ijtimoiy omillarni kompleks tarzda hisobga olish imkonini beradi. Bu esa "BUXORO HETK" AJ taqsimlovchi tarmoqlarida qisqa va uzoq muddatli rejalashtirish jarayonlarini ilmiy asosda olib borishga zamin yaratadi. Elektr tarmoqlarining texnik holatini baholashda sun'iy intellekt asosidagi prediktiv tahlil usullari alohida ahamiyatga ega bo'lib, transformatorlar, kabel va havo liniyalari, kommutatsiya qurilmalarining ishlash parametrlarini doimiy monitoring qilish orqali nosozliklarning ehtimoliy sabablari oldindan aniqlanadi. Ilmiy manbalarda ta'kidlanishicha, prediktiv texnik xizmat ko'rsatish rejalashtirilmagan uzilishlarni kamaytirib, uskunalarning xizmat muddatini uzaytiradi va ekspluatatsiya xarajatlarini sezilarli darajada qisqartiradi. Shu bilan birga, sun'iy intellekt algoritmlari yordamida elektr energiyasining texnik va tijorat yo'qotishlarini aniqlash va tahlil qilish imkoniyati mavjud bo'lib, bu yo'qotishlarning asosiy manbalari aniqlanadi va ularni bartaraf etish bo'yicha samarali choralar ishlab chiqiladi. Mashinali o'qitish modellari iste'molchilarning

ISSN 3030-3907

elektr energiyasidan foydalanish profillarini tahlil qilish orqali g‘ayrioddiy holatlarni aniqlaydi, bu esa noqonuniy ulanishlar va hisoblagich ko‘rsatkichlariga aralashuv holatlarini aniqlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Akademik tadqiqotlar sun’iy intellekt asosida qurilgan aniqlash tizimlari an’anaviy tekshiruv usullariga nisbatan yuqori aniqlik va tezkorlikka ega ekanligini ko‘rsatadi. Boshqaruv jarayonlarini avtomatlashtirishda ham sun’iy intellekt muhim rol o‘ynaydi, chunki intellektual qaror qabul qilish tizimlari turli ssenariylarni modellashtirib, optimal texnik va iqtisodiy qarorlarni tavsiya etadi. Bu “BUXORO HETK” AJ taqsimlovchi tarmoqlarining barqaror ishlashini ta’minlash, iste’molchilarni sifatli elektr energiyasi bilan uzluksiz ta’minlash hamda zamonaviy raqamli energetika talablariga moslashish imkonini beradi. Natijada, sun’iy intellekt va mashinali o‘qitish texnologiyalarini joriy etish nafaqat texnik samaradorlikni oshiradi, balki energetika tizimini boshqarishda ilmiy asoslangan, moslashuvchan va barqaror modelni shakllantiradi.

Sun’iy intellekt va mashinali o‘qitish texnologiyalarining elektr taqsimlovchi tarmoqlarda qo‘llanilishi xalqaro miqyosda olib borilgan ilmiy tadqiqotlar bilan asoslab berilgan bo‘lib, ularning samaradorligi energetika tizimlarining murakkabligi va dinamik xususiyatlari bilan bevosita bog‘liqdir. Elektr taqsimlovchi tarmoqlar ko‘p sonli tugunlar, o‘zgaruvchan yuklamalar va tashqi omillarga kuchli bog‘liqligi bilan ajralib turadi, bu esa an’anaviy deterministik modellarni qo‘llashni cheklaydi. Shu sababli, ehtimollik va o‘z-o‘zini o‘rganuvchi modellar asosida ishlovchi mashinali o‘qitish algoritmlari tarmoq holatini real sharoitlarga mos ravishda tavsiflash imkonini beradi. Ilmiy adabiyotlarda neyron tarmoqlar, qo‘llab-quvvatlovchi vektor mashinalari, qaror daraxtlari va chuqur o‘rganish modellari elektr yuklamalarini prognozlash, kuchlanish barqarorligini baholash hamda nosozliklarni aniqlashda yuqori aniqlik ko‘rsatkichlariga ega ekanligi qayd etilgan. Bunday yondashuv “BUXORO HETK” AJ taqsimlovchi tarmoqlarida kuchlanish pasayishi, fazalararo nomutanosiblik va yuklama ortiqligi kabi muammolarni oldindan aniqlashga xizmat qiladi. Sun’iy intellekt asosida qurilgan diagnostika tizimlari tarmoq elementlarining ishlash parametrlari o‘rtasidagi yashirin bog‘liqliklarni aniqlab, inson omiliga bog‘liq xatoliklarni kamaytiradi. Shu bilan birga, adaptiv o‘rganish xususiyatiga ega bo‘lgan algoritmlar tarmoq konfiguratsiyasi yoki iste’molchilar xulq-atvoridagi o‘zgarishlarga tez moslashib, prognoz aniqligini doimiy ravishda oshirib boradi. Energetika sohasidagi tasdiqlangan ilmiy manbalarda sun’iy intellektdan foydalanish elektr energiyasi sifatini boshqarish, reaktiv quvvatni optimallashtirish va energiya samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etishi ta’kidlangan. Bu esa taqsimlovchi tarmoqlarda energiya oqimlarini optimal

ISSN 3030-3907

boshqarish va texnik yo‘qotishlarni kamaytirish imkonini beradi. Bundan tashqari, mashinali o‘qitish asosida ishlab chiqilgan qarorlarni qo‘llab-quvvatlash tizimlari dispetcherlik xizmatining samaradorligini oshirib, murakkab vaziyatlarda tezkor va ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilishga yordam beradi. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, intellektual boshqaruv tizimlari joriy etilgan elektr tarmoqlarda avariyaviy holatlar soni sezilarli darajada kamayadi va tiklash jarayonlari tezlashadi. “BUXORO HETK” AJ sharoitida bunday texnologiyalarni qo‘llash hududiy tarmoqlarning barqarorligini ta’minlash, iste’molchilar ehtiyojlariga moslashuvchan javob berish va elektr ta’minoti sifatini xalqaro standartlar darajasiga olib chiqish imkonini yaratadi. Shu tariqa, sun’iy intellekt va mashinali o‘qitish usullarining taqsimlovchi tarmoqlarda qo‘llanilishi energetika tizimini zamonaviy raqamli infratuzilma asosida rivojlantirishga xizmat qilib, uning uzoq muddatli barqarorligini ta’minlaydi.

Sun’iy intellekt va mashinali o‘qitish texnologiyalarining taqsimlovchi elektr tarmoqlarda qo‘llanilishi energetika tizimlarini boshqarishda yangi sifat bosqichini shakllantiradi, chunki ushbu yondashuvlar murakkab tizimlarning noaniqlik sharoitida samarali ishlashini ta’minlaydi. Ilmiy tadqiqotlarda elektr taqsimlovchi tarmoqlar ochiq, dinamik va o‘zgaruvchan tizim sifatida qaralib, unda doimiy ravishda yuklama darajasi, iste’molchilarning xulq-atvori va tashqi muhit omillari o‘zgarib turishi ta’kidlanadi. Shu sababli, klassik matematik modellar ko‘pincha real jarayonlarni to‘liq aks ettira olmaydi, mashinali o‘qitish algoritmlari esa tajriba va tarixiy ma’lumotlar asosida tizimni o‘z-o‘zidan o‘rganish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Akademik adabiyotlarda chuqur neyron tarmoqlar va gibrid intellektual modellar elektr yuklamalarini prognozlashda yuqori aniqlik ko‘rsatkichlariga erishganligi qayd etilgan bo‘lib, bu modellarning afzalligi murakkab nolinear bog‘liqliklarni aniqlay olishidadir. “BUXORO HETK” AJ taqsimlovchi tarmoqlarida bunday modellarni qo‘llash energiya taqsimotini optimal rejalashtirish, yuklama cho‘qqilarini kamaytirish va tarmoq elementlarining haddan tashqari yuklanishini oldini olishga xizmat qiladi. Shuningdek, sun’iy intellekt asosida amalga oshiriladigan holatlarni baholash tizimlari elektr tarmog‘ining barqarorlik darajasini aniqlash, kuchlanish sifati ko‘rsatkichlarini monitoring qilish va iste’molchilarga yetkazilayotgan energiyaning sifatini baholash imkonini beradi. Ilmiy manbalarda qayd etilishicha, intellektual monitoring tizimlari kuchlanish tebranishlari, chastota og‘ishlari va qisqa tutashuv ehtimollarini erta aniqlab, ularning salbiy oqibatlarini minimallashtirishga yordam beradi. Bundan tashqari, mashinali o‘qitish algoritmlari asosida qurilgan energiya boshqaruvi tizimlari qayta tiklanuvchi energiya manbalarini taqsimlovchi tarmoqlarga integratsiya qilish jarayonini

ISSN 3030-3907

samarali tashkil etishda muhim ahamiyat kasb etadi. Bu esa zamonaviy energetika rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, taqsimlovchi tarmoqlarning moslashuvchanligini oshiradi. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, sun’iy intellekt texnologiyalari joriy etilgan elektr taqsimlovchi tarmoqlarda energiya samaradorligi oshadi, avariyaviy uzilishlar soni kamayadi va ekspluatatsiya jarayonlari optimallashtiriladi. “BUXORO HETK” AJ sharoitida ushbu texnologiyalarni bosqichma-bosqich joriy etish hududiy elektr ta’minoti tizimini barqaror, raqamlashtirilgan va zamonaviy boshqaruv mexanizmlariga ega tizimga aylantirish imkonini beradi. Natijada, sun’iy intellekt va mashinali o‘qitish usullaridan foydalanish nafaqat texnik ko‘rsatkichlarni yaxshilaydi, balki energetika sohasida ilmiy asoslangan strategik qarorlar qabul qilish uchun mustahkam axborot bazasini shakllantiradi va elektr taqsimlovchi tarmoqlarning uzoq muddatli rivojlanishini ta’minlaydi.

Elektr energiyasini taqsimlovchi tarmoqlarda yuzaga kelayotgan asosiy muammolardan biri tarmoq elementlarining eskirishi, yuklamalarning notekis taqsimlanishi va iste’mol hajmining doimiy o‘zgarib borishi bilan bog‘liq bo‘lib, bu holatlar elektr ta’minotining ishonchliligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. “BUXORO HETK” AJ taqsimlovchi tarmoqlarida ham ushbu muammolar kuchlanish pasayishlari, texnik va tijorat yo‘qotishlarining ortishi, avariyaviy uzilishlar sonining ko‘payishi hamda xizmat ko‘rsatish xarajatlarining oshishi ko‘rinishida namoyon bo‘lmoqda. An’anaviy boshqaruv va monitoring usullari ko‘pincha reaktiv xarakterga ega bo‘lib, ya’ni muammo yuzaga kelgandan so‘nggina choralar ko‘riladi, bu esa uzilishlar davomiyligini oshiradi va iste’molchilar noroziligiga sabab bo‘ladi. Bundan tashqari, elektr energiyasidan noqonuniy foydalanish holatlarini aniqlashning murakkabligi tijorat yo‘qotishlarini kamaytirish jarayonini sekinlashtiradi, mavjud ma’lumotlarning tarqoqligi esa boshqaruv qarorlarini qabul qilishda aniqlikning pasayishiga olib keladi. Ushbu muammolarni hal etishda sun’iy intellekt va mashinali o‘qitish texnologiyalarini joriy etish ilmiy asoslangan va samarali yechim sifatida qaraladi. Mashinali o‘qitish algoritmlari yordamida elektr yuklamalarini aniq prognozlash va ularning hududlar bo‘yicha optimal taqsimotini ta’minlash orqali tarmoqdagi ortiqcha yuklanishlarning oldi olinadi. Sun’iy intellekt asosidagi prediktiv texnik xizmat ko‘rsatish tizimlari uskunalarning texnik holatini doimiy monitoring qilib, nosozlik ehtimolini oldindan aniqlash imkonini beradi, natijada rejalashtirilmagan uzilishlar kamayadi va ekspluatatsiya samaradorligi oshadi. Shuningdek, iste’molchilar elektr energiyasidan foydalanish profillarini intellektual tahlil qilish orqali g‘ayrioddiy holatlar aniqlanib, noqonuniy ulanishlar va hisoblagichlarga aralashuv holatlari tezkorlik bilan fosh etiladi. Sun’iy intellektga asoslangan qarorlarni qo‘llab-

ISSN 3030-3907

quvvatlash tizimlari dispetcherlik boshqaruvini avtomatlashtirib, turli ssenariylarni modellashtirish orqali optimal texnik va iqtisodiy yechimlarni taklif etadi. Natijada, “BUXORO HETK” AJ taqsimlovchi tarmoqlarida mavjud muammolar tizimli ravishda bartaraf etilib, elektr ta’minoti ishonchliligi, energiya samaradorligi va boshqaruv sifatini oshirishga erishiladi. Elektr taqsimlovchi tarmoqlarda mavjud muammolarning yana bir muhim jihati axborot oqimlarining markazlashmaganligi va ma’lumotlar sifati bilan bog‘liq bo‘lib, bu holat tarmoq holatini kompleks baholashni qiyinlashtiradi. “BUXORO HETK” AJda turli texnik vositalar va axborot tizimlaridan kelib tushayotgan ma’lumotlarning yagona platformada integratsiya qilinmasligi natijasida monitoring va tahlil jarayonlarida uzilishlar yuzaga keladi. Ilmiy adabiyotlarda ta’kidlanishicha, ma’lumotlarning to‘liqligi va aniqligi intellektual tizimlarning samaradorligini belgilovchi asosiy omillardan biridir. Shu bois, ushbu muammoni hal etishda sun’iy intellektga asoslangan yagona axborot-tahlil platformalarini joriy etish muhim yechim sifatida qaraladi. Bunday platformalar SCADA, AMI va boshqa raqamli tizimlardan kelayotgan ma’lumotlarni real vaqt rejimida qayta ishlab, mashinali o‘qitish algoritmlari yordamida ularni tozalash, tasniflash va tahlil qilish imkonini beradi. Natijada, boshqaruv qarorlarini qabul qilish uchun zarur bo‘lgan ishonchli va dolzarb axborot bazasi shakllanadi. Yana bir dolzarb muammo inson omiliga yuqori darajada bog‘liqlik bo‘lib, bu dispetcherlik va ekspluatatsiya jarayonlarida subyektiv xatoliklar yuzaga kelishiga sabab bo‘ladi. Sun’iy intellekt asosidagi avtomatlashtirilgan boshqaruv va qarorlarni qo‘llab-quvvatlash tizimlari ushbu xatoliklarni minimallashtirib, tarmoqni boshqarishda barqaror va izchil yondashuvni ta’minlaydi. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, intellektual tizimlar tavsiyalariga asoslangan boshqaruv jarayonlari avariyaviy vaziyatlarga tezkor javob berish va tiklash vaqtini qisqartirish imkonini beradi. Shuningdek, kadrlar malakasining yetarli emasligi ham zamonaviy raqamli texnologiyalarni joriy etishda muhim to‘siq bo‘lib qolmoqda. Ushbu muammoni bartaraf etish uchun sun’iy intellekt texnologiyalariga asoslangan o‘quv va simulyatsion tizimlarni joriy etish, ya’ni real tarmoq jarayonlarini virtual muhitda modellashtirish orqali mutaxassislarning bilim va ko‘nikmalarini oshirish samarali yechim sifatida e’tirof etiladi. Natijada, “BUXORO HETK” AJ taqsimlovchi tarmoqlarida yuzaga kelayotgan muammolarni sun’iy intellekt va mashinali o‘qitish usullari yordamida kompleks va tizimli ravishda hal etish imkoniyati yaratiladi, bu esa elektr ta’minoti tizimining ishonchliligini oshirish, iqtisodiy samaradorlikni ta’minlash va iste’molchilarga ko‘rsatilayotgan xizmatlar sifatini yaxshilashga xizmat qiladi.

Mazkur tadqiqotni amalga oshirish jarayonida elektroenergetika tizimlarida sun’iy intellekt va mashinali o‘qitish texnologiyalarini qo‘llashga bag‘ishlangan

ISSN 3030-3907

fundamental va amaliy ilmiy manbalardan foydalanildi, jumladan Glover J.D., Sarma M.S., Overbye T.J. tomonidan yozilgan “Power System Analysis and Design” asari elektr energetika tizimlarini tahlil qilish va modellashtirishning nazariy asoslarini yoritib beradi, Kundur P.ning “Power System Stability and Control” nomli fundamental monografiyasi elektr tarmoqlarining barqarorligi va boshqaruv masalalarini chuqur ilmiy asosda bayon etadi, Mohammadi M. va hamkorlarining IEEE Transactions on Smart Grid jurnalida chop etilgan ilmiy ishlari sun’iy intellekt va mashinali o‘qitish algoritmlarining aqlli elektr tarmoqlarda qo‘llanish samaradorligini isbotlaydi, Bishop C.M.ning “Pattern Recognition and Machine Learning” asari mashinali o‘qitishning matematik va algoritmik asoslarini tushuntiruvchi yetakchi manba hisoblanadi, Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. tomonidan yozilgan “Deep Learning” kitobi chuqur o‘rganish modellarining nazariy va amaliy jihatlarini yoritadi, Zhou Z.H.ning “Machine Learning” darsligi intellektual ma’lumotlar tahlili usullarini tizimli tarzda bayon qiladi, shuningdek, IEEE Power & Energy Society tomonidan e’lon qilingan texnik hisobotlar va standartlar elektr taqsimlovchi tarmoqlarda raqamli va intellektual texnologiyalarni joriy etish bo‘yicha xalqaro tajribani aks ettiradi, Xalqaro energetika agentligi (IEA) va CIGRE tashkilotlari materiallari esa raqamli energetika va aqlli tarmoqlar rivojlanishining strategik yo‘nalishlarini belgilab beradi, bundan tashqari O‘zbekiston Respublikasi energetika sohasini rivojlantirishga oid me’yoriy-huquqiy hujjatlar va davlat dasturlari mazkur tadqiqotning amaliy asosini mustahkamlaydi hamda “BUXORO HETK” AJ taqsimlovchi tarmoqlarida sun’iy intellekt va mashinali o‘qitish usullarini joriy etishning dolzarbligini tasdiqlaydi.

Mazkur tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, “BUXORO HETK” AJ taqsimlovchi tarmoqlarida sun’iy intellekt va mashinali o‘qitish usullarini joriy etish elektroenergetika tizimini zamonaviy talablar asosida rivojlantirishning muhim omili hisoblanadi. Tadqiqot davomida elektr taqsimlovchi tarmoqlarning murakkab va dinamik xususiyatga ega ekanligi, mavjud an’anaviy boshqaruv usullari esa bunday tizimlarning barcha jihatlarini to‘liq qamrab ololmasligi ilmiy jihatdan asoslab berildi. Sun’iy intellekt asosidagi algoritmlar katta hajmdagi ma’lumotlarni real vaqt rejimida tahlil qilish, yuklamalarni aniq prognozlash, tarmoq elementlarining texnik holatini baholash va avariyaviy holatlarni oldindan aniqlash imkonini beradi. Mashinali o‘qitish texnologiyalaridan foydalanish prediktiv texnik xizmat ko‘rsatish tizimlarini joriy etishga zamin yaratib, rejalashtirilmagan uzilishlar sonini kamaytiradi va ekspluatatsiya xarajatlarini optimallashtiradi. Shuningdek, iste’molchilar elektr energiyasidan foydalanish profillarini intellektual tahlil qilish orqali tijorat yo‘qotishlarini kamaytirish,

ISSN 3030-3907

noqonuniy ulanishlarni aniqlash va hisob-kitob tizimining shaffofligini ta’minlash mumkinligi aniqlandi. Tadqiqot natijalari “BUXORO HETK” AJ taqsimlovchi tarmoqlarida sun’iy intellekt va mashinali o‘qitish texnologiyalarini bosqichma-bosqich joriy etish elektr ta’minoti ishonchliligini oshirish, energiya samaradorligini ta’minlash va boshqaruv qarorlarini ilmiy asosda qabul qilish imkonini berishini ko‘rsatadi. Natijada, mazkur yondashuv energetika tizimining barqaror rivojlanishini ta’minlash, iste’molchilarga ko‘rsatilayotgan xizmatlar sifatini oshirish hamda raqamli energetika konsepsiyasini amaliyotga tatbiq etishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOT

1. Kundur p., power system stability and control, mc graw-hill, 1994
2. Glover j.d., sarma m.s., overbye t.j., power system analysis and design, cengage learning, 2016
3. Bishop c.m., pattern recognition and machine learning, springer, 2006
4. Goodfellow i., bengio y., courville a., deep learning, mit press, 2016
5. Mohammadi m., hamkorlari, application of machine learning in smart grids, ieee transactions on smart grid, vol. 9, no. 4, 2018
6. Ieee power & energy society, smart grid and intelligent energy systems reports, ieee, 2020
7. Cigre, international electricity distribution and smart grid standards, 2019
8. International energy agency (iea), digitalization and smart grids, 2021
9. O‘zbekiston respublikasi energetika sohasini rivojlantirish davlat dasturlari va me’yoriy-huquqiy hujjatlari, toshkent, 2020–2025

ISSN 3030-3907