RESEARCH FOCUS
xalqaro ilmiy jurnali
hamkorligida

DOI
10.66073/ReFocus-Conf/0910157

QR-kod maqolaning DOI sahifasini ochadi

SAHIFALAR
791–794

TIL
O'zbek

IQTIBOS UCHUN
Kalimbetova Rayhan Yusupovna, Erimbatova Dilnoza Nurulla qizi. Sun'iy neyron tarmoqlar yordamida elektr energiyasi iste'molini prognozlash va energiya taqsimotini matematik optimallashtirish // «O'zbekiston olima ayollarining mamlakat taraqqiyotiga qo'shayotgan hissasi» mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari (Nukus, 2026-yil 9–10-oktyabr). – Nukus, 2026. – B. 791–794. – DOI: https://doi.org/10.66073/ReFocus-Conf/0910157

SUN'IY NEYRON TARMOQLAR YORDAMIDA ELEKTR ENERGIYASI ISTE'MOLINI PROGNOZLASH VA ENERGIYA TAQSIMOTINI MATEMATIK OPTIMALLASHTIRISH

Kalimbetova Rayhan Yusupovna
Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti
Fizikaviy va kolloid kimyo kafedrasi Katta o'qituvchisi
Erimbatova Dilnoza Nurulla qizi
Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti

Annotatsiya: Mazkur tezisda elektr energiyasi iste'molini LSTM turidagi sun'iy neyron tarmoq yordamida prognozlash va energiya manbalari o'rtasidagi taqsimotni chiziqli dasturlash orqali optimallashtirish yondashuvi taklif etiladi. Soatlik talab prognozini energiya balansi, manbalarning mavjud imkoniyatlari va xarajatlar bilan bog'lovchi matematik model shakllantiriladi. Prognoz aniqligini iqtisodiy samaradorlikdan farqlash, ma'lumotlarni vaqt tartibida ajratish hamda noaniqlikni hisobga olish masalalari yoritiladi. Ish nazariy modellashtirishga asoslangan bo'lib, empirik tajriba yoki tasdiqlangan tejamkorlik ko'rsatkichlarini taqdim etmaydi. Taklif etilgan modelni real ma'lumotlar asosida tekshirish va ekologik mezonlar bilan kengaytirish tavsiya qilinadi.

Kalit so'zlar: sun'iy neyron tarmoqlar, LSTM, elektr energiyasi iste'moli, yuklama prognozi, chiziqli dasturlash, energiya taqsimoti, matematik optimallashtirish, prognoz noaniqligi.

Kirish (adabiyotlar sharhi). Elektr energiyasi iste'molining vaqt bo'yicha o'zgarishi ta'minotni rejalashtirish va mavjud quvvatlardan oqilona foydalanishni talab qiladi. Prognozdagi xatolar ortiqcha zaxira ajratilishi yoki talabni qoplashdagi qiyinchiliklarga olib kelishi mumkin. Hochreiter va Schmidhuber (1997) taklif etgan LSTM arxitekturasi ketma-ket ma'lumotlardagi bog'lanishlarni o'rganishga asos yaratgan. Kong va hammualliflar (2019) ushbu yondashuvni turar joy elektr yuklamasini qisqa muddatli prognozlashga qo'llagan. Hong va Fan (2016) esa prognoz noaniqligini hisobga olish zarurligini yoritgan. Energiya iste'molini boshqarishda Mohsenian-Rad va hammualliflar (2010) iste'mol jadvalini optimallashtirish imkoniyatlarini ko'rsatgan. Amos va Kolter (2017) neyron tarmoqlar bilan optimallashtirish masalalarini integratsiyalashning matematik yondashuvini ishlab chiqqan. Mazkur tezisda ushbu yo'nalishlar asosida talab prognozini resurs taqsimoti bilan bog'lovchi soddalashtirilgan model taklif etiladi. Asosiy maqsad LSTM prognozidan foydalanib, talab va mavjud quvvat cheklovlari doirasida energiya xarajatlarini minimallashtirish mexanizmini asoslashdir. Bunda model elektr tarmog'idagi fizik oqimlarni emas, manbalar o'rtasidagi soatlik energiya hajmlarini rejalashtiradi. Shuning uchun uning qo'llanish sohasi iqtisodiy taqsimot bilan chegaralanadi va qo'shimcha texnik tekshiruv talab etiladi.

Materiallar va uslublar

Tadqiqot nazariy modellashtirishga asoslanadi; amaliy tekshiruv uchun soatlik iste’mol, havo harorati, hafta kuni va bayram belgilaridan foydalanish taklif qilinadi. Ma’lumotlar vaqt tartibida o‘qitish, validatsiya va sinov qismlariga ajratiladi. Normallashtirish parametrlari faqat o‘qitish qismida hisoblanadi. LSTM oldingi kuzatuvlar asosida keyingi sutkaning soatlik talabini prognozlaydi. Aniqlik MAE va RMSE orqali mavsumiy sodda prognoz bilan taqqoslanadi. Taqsimot masalasida x_{it} manbaning t soatda yetkazadigan energiyasini, c_{it} birlik narxini, $\hat{d}_t$ prognoz talabini bildiradi. Maqsad funksiyasi min $\Sigma_t\Sigma_i c_{it}x_{it}$ shaklida belgilanadi. Balans $\Sigma_i x_{it}=\hat{d}_t$, chegaralar esa $0\le x_{it}\le U_{it}$ tarzida beriladi. U_{it} tegishli soatda manbadan olinadigan energiyaning yuqori chegarasidir. Model chiziqli dasturlash usuli bilan yechiladi. Hisoblash davri bir soat bo‘lgani uchun barcha hajmlar kilovatt-soatda ifodalanadi. Tarmoq yo‘qotishlari, akkumulyatorlar va uzatish liniyalari ushbu boshlang‘ich modelga kiritilmaydi. Prognoz yangilanganda taqsimot qayta hisoblanadi. Talab bo‘yicha baholashda zaxira xarajati ham inobatga olinishi lozim. Bu tartib prognozlashdagi axborot sizib chiqishini cheklash va yechimning amaliy maqbulligini tekshirishga yo‘naltiriladi.

1-jadval. Elektr energiyasi iste’molini prognozlash va taqsimotni optimallashtirish modelining tarkibiy qismlari

Tarkibiy qism	Modeldagi ifodasi yoki usuli	Vazifasi va baholash mezoni
Kirish ma’lumotlari	Soatlik iste’mol, havo harorati, hafta kuni va bayram belgilari	Talabning vaqt va tashqi omillarga bog‘liqligini hisobga olish
Ma’lumotlarni tayyorlash	Vaqt tartibida o‘qitish, validatsiya va sinov qismlariga ajratish	Kelajak ma’lumotlarining o‘qitish jarayoniga kirib qolishini oldini olish
Talabni prognozlash	LSTM neyron tarmog‘i	Keyingi sutkaning soatlik elektr energiyasi talabini aniqlash
Prognozni baholash	MAE va RMSE; mavsumiy sodda prognoz bilan taqqoslash	Prognoz xatolarini baholash va modelning taqqoslama aniqligini tekshirish
Taqsimotni optimallashtirish	min $\Sigma_t\Sigma_i c_{it}x_{it}$	Manbalardan olinadigan energiyaning umumiy xarajatini minimallashtirish
Energiya balansi	$\Sigma_i x_{it} = \hat{d}_t$	Har bir soatda ajratilgan energiyani prognoz talabiga tenglashtirish
Manba imkoniyatlari	$0 \le x_{it} \le U_{it}$	Har bir manbadan olinadigan energiyani mavjud chegaralar doirasida saqlash
Yechim mavjudligi	Har bir soatda $\Sigma_i U_{it} \ge \hat{d}_t$	Soddalashtirilgan modelda talabni qoplash imkoniyatini tekshirish
Amaliy samaradorlik	Haqiqiy talab sharoitidagi xarajat, ta’minlanmagan energiya va zaxiradan foydalanish	Prognoz aniqligidan alohida ravishda taqsimot qarorining natijasini baholash

DOI 10.66073/ReFocus-Conf/0910157

Modelni kengaytirish	Tarmoq yo‘qotishlari, energiya saqlash, emissiyalar va noaniqlik ssenariylari	Texnik va ekologik shartlarni hisobga olish; keyingi tadqiqot yo‘nalishi

Izoh: x_{it} — i manbadan t soatda olinadigan energiya; c_{it} — energiya birligi narxi; $\hat{d}_t$ — prognoz talab; U_{it} — manbaning soatlik energiya chegarasi. Jadval nazariy modelni umumlashtiradi; unda empirik samaradorlik ko‘rsatkichlari keltirilmagan.

Natijalar. Nazariy modellashtirish natijasida talab prognozi va energiya taqsimotini ketma-ket bog‘lovchi ikki bosqichli tuzilma shakllantirildi. Birinchi bosqichning chiqishi bo‘lgan soatlik talab ikkinchi bosqichdagi balans chekloviga kiritiladi. Narxlar farqlanganda optimallashtirish mavjud chegaralar doirasida arzonroq manbalarga ustuvorlik beradi. Agar jami mavjud energiya prognoz talabidan kam bo‘lsa, berilgan cheklovlar bilan yechim mavjud bo‘lmaydi. Shu holat qo‘shimcha zaxira yoki boshqariladigan talab mexanizmini kiritish zarurligini ko‘rsatadi. Muhim jihat shundaki, prognoz xatosining kamayishi xarajatlarning aynan shuncha kamayishini anglatmaydi. Iqtisodiy natija narxlar, quvvat chegaralari va xatoning yuzaga kelish vaqtiga bog‘liq. Taklif etilgan tuzilma prognoz sifatini va taqsimot qarorini alohida baholash imkonini beradi. Biroq hech qanday foizli tejamkorlik yoki aniqlik ko‘rsatkichi hisoblanmagan. Model elektr energiyasining umumiy iste’molini avtomatik kamaytirmaydi, chunki talab tashqi parametr sifatida olinadi. Shuningdek, arzon manba har doim ekologik toza manba bo‘lavermaydi. Demak, yashil iqtisodiyot maqsadlariga mos baholash uchun emissiya koeffitsiyentlari yoki uglerod cheklovi qo‘shilishi zarur. Hozirgi natija hisoblash tajribasi emas, keyingi tekshiruv uchun tayyorlangan matematik asosdir.

Xulosa va tavsiyalar. Sun’iy neyron tarmoq yordamida talabni prognozlash va chiziqli dasturlash orqali energiyani taqsimlash o‘zaro to‘ldiruvchi vazifalar sifatida birlashtirildi. Taklif etilgan model prognozni bevosita balans chekloviga kiritib, xarajatlarni mavjud resurslar doirasida minimallashtirishga xizmat qiladi. Uning afzalligi hisoblash bosqichlari va cheklovlarning aniq ifodalanishidir. Amaliy joriy etishdan oldin ma’lumotlar sifati tekshirilishi, mavsumiy sodda model bilan taqqoslash o‘tkazilishi va vaqt bo‘yicha mustaqil sinov tashkil etilishi tavsiya qilinadi. Prognoz aniqligi bilan birga haqiqiy talab sharoitidagi xarajat, ta’minlanmagan energiya va zaxiradan foydalanish baholanishi kerak. Noaniqlik yuqori bo‘lganda ehtimollik ssenariylari asosidagi optimallashtirish maqsadga muvofiq. Keyingi bosqichlarda tarmoq yo‘qotishlari, saqlash qurilmalari va ishlab chiqarishning o‘zgarish tezligi cheklovlarini kiritish zarur. Ekologik samaradorlikni baholash uchun manbalar kesimidagi emissiyalar hisoblanishi tavsiya etiladi. Xarajatni kamaytirish, energiyani tejash va chiqindilarni qisqartirish bir xil natija sifatida talqin qilinmasligi kerak. Modelning haqiqiy foydasi faqat o‘lchangan ma’lumotlar asosidagi takrorlanuvchi tajriba orqali aniqlanadi. Shu sababli taqdim etilgan yondashuv amaliy samarasi isbotlangan tizim emas, sinovdan o‘tkazilishi lozim bo‘lgan taklifdir.

DOI 10.66073/ReFocus-Conf/0910157

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. Neural Computation, 9(8), 1735–1780.

2. Kong, W., Dong, Z. Y., Jia, Y., Hill, D. J., Xu, Y., & Zhang, Y. (2019). Short-term residential load forecasting based on LSTM recurrent neural network. IEEE Transactions on Smart Grid, 10(1), 841–851.

3. Hong, T., & Fan, S. (2016). Probabilistic electric load forecasting: A tutorial review. International Journal of Forecasting, 32(3), 914–938.

4. Mohsenian-Rad, A.-H., Wong, V. W. S., Jatskevich, J., Schober, R., & Leon-Garcia, A. (2010). Autonomous demand-side management based on game-theoretic energy consumption scheduling for the future smart grid. IEEE Transactions on Smart Grid, 1(3), 320–331.

5. Amos, B., & Kolter, J. Z. (2017). OptNet: Differentiable optimization as a layer in neural networks. Proceedings of Machine Learning Research, 70, 136–145.

DOI 10.66073/ReFocus-Conf/0910157