

KICHIK BIZNES SUBYEKTLARIDA QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA RESURSLARIDAN SAMARALI FOYDALANISHNI SUN'IY INTELEKT TEKNOLOGIYALARI ASOSIDA BOSHQARISH

Tursunxo'jayeva Gulnoza Jamoliddin qizi

Alfraganus universiteti

Menejment va marketing" kafedrası

Loyiha kichik ilmiy xodimi

Annotatsiya

Maqolada kichik biznes subyektlarida qayta tiklanuvchi energiya resurslaridan foydalanishni sun'iy intellekt texnologiyalari asosida boshqarishning nazariy va amaliy asoslari o'rganilgan. Energiya samaradorligi tafovuti nazariyasi, prosyumer konsepsiyasi va talab tomonini boshqarish yondashuvlarini umumlashtirib, sun'iy intellektning kichik korxonalarda axborot va boshqaruv resurslari yetishmasligini qoplashdagi rolini asoslab berildi. O'zbekistonda quyosh panellarining tarmoqlar kesimidagi tarkibi, tadbirkorlik obyektlaridagi o'rnatilgan quvvat dinamikasi va davlat tomonidan joriy etilgan rag'batlantirish mexanizmlari rasmiy manbalar asosida baholandi. Generatsiya va yuklamani prognozlash, akkumulyator rejimini optimallashtirish hamda uskunalarga prediktiv texnik xizmat ko'rsatish modullarini birlashtirgan konseptual model ishlab chiqildi. O'z iste'moli ulushi va iqtisodiy samara ko'rsatkichlari asosida baholash tartibi taklif etildi hamda kichik biznesda intellektual energiya boshqaruvini kengaytirish bo'yicha amaliy takliflar asoslab berildi. Taklif etilgan yondashuv tadbirkorlarning energiya xarajatlarini kamaytirish va milliy energetika tizimi barqarorligini mustahkamlashga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: kichik biznes, qayta tiklanuvchi energiya, sun'iy intellekt, quyosh fotoelektr stansiyasi, energiya boshqaruv tizimi, talab tomonini boshqarish, prediktiv texnik xizmat, energiya samaradorligi.

Аннотация

В статье исследованы теоретические и практические основы управления использованием возобновляемых энергетических ресурсов в субъектах малого бизнеса на основе технологий искусственного интеллекта. Автор обобщил теорию разрыва энергоэффективности, концепцию просьюмера и подходы к управлению спросом и интерпретировал искусственный интеллект как инструмент, компенсирующий нехватку информационных и управленческих ресурсов малых предприятий. На основе официальных источников оценены отраслевая структура солнечных панелей в Узбекистане, динамика установленной мощности на объектах предпринимательства и государственные механизмы стимулирования. Разработана концептуальная модель, объединяющая модули прогнозирования генерации и нагрузки, оптимизации режима аккумуляторов и предиктивного технического обслуживания оборудования. Предложен порядок оценки на основе доли собственного потребления и экономического эффекта, обоснованы практические предложения по расширению интеллектуального энергоменеджмента в малом бизнесе. Предложенный подход способствует снижению энергетических затрат

предпринимателей и укреплению устойчивости национальной энергетической системы.

Ключевые слова: малый бизнес, возобновляемая энергия, искусственный интеллект, солнечная фотоэлектрическая станция, система энергоменеджмента, управление спросом, предиктивное обслуживание, энергоэффективность.

Abstract

The article examined the theoretical and practical foundations of managing the use of renewable energy resources in small business entities on the basis of artificial intelligence technologies. The author generalised the energy efficiency gap theory, the prosumer concept and demand-side management approaches and interpreted artificial intelligence as a tool compensating for scarce information and managerial resources in small enterprises. The sectoral structure of solar installations in Uzbekistan, capacity dynamics at business facilities and state incentives were assessed using official sources. A conceptual model was developed that combines modules for generation and load forecasting, battery operation optimisation and predictive equipment maintenance. An assessment procedure based on the self-consumption ratio and the economic effect was proposed, and practical recommendations were substantiated for expanding intelligent energy management in small business. The proposed approach helps entrepreneurs reduce energy costs and strengthens the stability of the national energy system.

Keywords: small business, renewable energy, artificial intelligence, solar photovoltaic plant, energy management system, demand-side management, predictive maintenance, energy efficiency.

KIRISH

Energetika tizimlarining zamonaviy transformatsiyasi markazlashgan ishlab chiqarishdan taqsimlangan generatsiyaga o'tish bilan tavsiflanadi. Ushbu jarayonda iste'molchi elektr energiyasining passiv xaridori maqomidan chiqib, uni o'zi ishlab chiqaradigan, saqlaydigan va ortiqcha qismini tarmoqqa uzatadigan prosumerga aylanadi. Iqtisodiy nazariya nuqtai nazaridan prosumer faoliyati korxona xarajatlar tuzilmasini qayta shakllantiradi: energiya uchun o'zgaruvchan to'lovlarning bir qismi qurilmaga kiritilgan boshlang'ich kapital bilan almashinadi, samaradorlik esa endi faqat texnik parametrlarga emas, balki generatsiya, iste'mol va saqlash jarayonlarini muvofiqlashtirish sifatiga bog'liq bo'lib qoladi. Kichik biznes subyektlari uchun bu o'zgarish ikki tomonlama mazmunga ega. Bir tomondan, kichik quvvatli quyosh qurilmalari ular uchun eng qulay qayta tiklanuvchi manbadir, boshqa tomondan, ularni oqilona boshqarish muntazam monitoring, prognozlash va texnik tahlilni talab qiladi, kichik korxonalar esa bunday vazifalar uchun alohida mutaxassis saqlash imkoniyatiga odatda ega bo'lmaydi.

Energiya resurslaridan foydalanish samaradorligini tushuntiruvchi klassik nazariy tushunchalardan biri energiya samaradorligi tafovutidir. A. Jaffe va R. Stavins iqtisodiy jihatdan foydali energiya tejovchi texnologiyalarning amalda kutilganidan sekinroq joriy etilishini axborot yetishmasligi, tranzaksion xarajatlar, noaniqlik va tashkiliy omillar bilan izohlab, bozor to'siqlari va bozor nuqsonlarini farqlash zarurligini asoslagan [6]. Ushbu yondashuv kichik biznes tahlili uchun muhim

metodologik xulosaga olib keladi: qayta tiklanuvchi energiya qurilmasining mavjudligi uning samarali ishlatilishini kafolatlamaydi, chunki haqiqiy natija korxona ixtiyoridagi axborot hajmi va boshqaruv qarorlarining sifati bilan belgilanadi. P. Tollander va hammualliflari Shvetsiya ishlab chiqarish korxonalari misolida kichik va o'rta korxonalarda energiya auditi hamda maslahat xizmatlari samaradorlik tadbirlarini amalga oshirish darajasini sezilarli oshirishini ko'rsatgan [8]. Demak, kichik biznesda energiya samaradorligining asosiy zaxirasi bilim va boshqaruv resurslarini tashqaridan to'ldirish mexanizmlarida yashiringan.

Sun'iy intellekt texnologiyalari aynan shu bo'shliqni to'ldirish imkoniyatiga ega umumiy maqsadli texnologiya sifatida namoyon bo'lmoqda. T. Ahmad va hammualliflari energetika sanoatida sun'iy intellekt qo'llanishini tizimli umumlashtirib, uni generatsiyani prognozlash, tarmoqni boshqarish, iste'molni optimallashtirish va nosozliklarni aniqlash kabi vazifalarni yagona intellektual qatlamda birlashtiruvchi texnologiya sifatida baholagan [1].

Maqolaning maqsadi kichik biznes subyektlarida qayta tiklanuvchi energiya resurslaridan samarali foydalanishni sun'iy intellekt texnologiyalari asosida boshqarishning nazariy-uslubiy asoslarini ishlab chiqish va ularni O'zbekiston sharoitida qo'llash yo'nalishlarini asoslashdan iborat. Maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar hal etildi: energetikada sun'iy intellekt qo'llanishiga oid xalqaro ilmiy yondashuvlarni kichik biznes xususiyatlari nuqtai nazaridan tizimlashtirish; mamlakatda tadbirkorlik obyektlarida quyosh qurilmalarini joriy etish ko'lamini va tarkibini rasmiy ma'lumotlar asosida baholash; sun'iy intellekt modullarini boshqaruv funksiyalari bilan bog'lovchi konseptual modelni ishlab chiqish hamda uning samaradorligini baholash ko'rsatkichlarini taklif etish.

ADABIYOTLAR SHARHI

Qayta tiklanuvchi energiyani boshqarishda sun'iy intellekt qo'llanishining eng ko'p o'rganilgan yo'nalishi generatsiyani prognozlashdir, chunki quyosh energiyasining o'zgaruvchanligi barcha keyingi boshqaruv qarorlarining aniqligini belgilaydi. S. Voyan va hammualliflari quyosh radiatsiyasini prognozlashda qo'llaniladigan mashinali o'qitish usullarini qiyosiy tahlil qilib, sun'iy neyron tarmoqlar, tayanch vektorlar regressiyasi, regressiya daraxtlari va ansambl usullari an'anaviy statistik modellarga nisbatan barqarorroq natija berishini, biroq eng yaxshi usul prognoz gorizonti, ma'lumotlar sifati va iqlim sharoitiga bog'liq ekanini ko'rsatgan [11]. Kichik biznes uchun bu xulosa amaliy ahamiyatga ega: murakkab modellarni mustaqil ishlab chiqish o'rniga, tayyor platformalarda sozlangan va mahalliy ob-havo ma'lumotlari bilan boyitilgan prognoz xizmatlaridan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Ikkinchi yo'nalish talab tomonini boshqarish bilan bog'liq. I. Antonopulos va hammualliflari energiya talabiga javob choralarda sun'iy intellekt va mashinali o'qitish usullarini tizimli ko'rib chiqib, ularni iste'molchi xulqini prognozlash, narx signallariga javob strategiyalarini tanlash, yuklamani vaqt bo'yicha siljitish va agregatorlar faoliyatini muvofiqlashtirish vazifalari bo'yicha tasniflagan [2]. X. Vaskes-Kanteli va Z. Nad mustahkamlab o'qitish algoritmlari talabga javob tizimlarida

oldindan aniq model talab qilmasdan, muhit bilan o'zaro ta'sir jarayonida optimal boshqaruv siyosatini shakllantira olishini ko'rsatgan [10]. Bu xususiyat kichik korxonalar uchun qimmatlidir, chunki ularning yuklama profillari bir-biridan keskin farq qiladi va har bir obyekt uchun alohida fizik model qurish iqtisodiy jihatdan o'zini oqlamaydi.

Uchinchi yo'nalish energiya boshqaruv tizimlari arxitekturasiga oid tadqiqotlarni qamrab oladi. D. Mariano-Ernandes va hammualliflari binolarning energiya boshqaruv tizimlarida model asosidagi prognozli boshqaruv, talab tomonini boshqarish, optimallashtirish hamda nosozliklarni aniqlash va tashxislash strategiyalarini umumlashtirib, ularni yagona tizimda birlashtirish energiya iste'moli va foydalanuvchi qulayligi o'rtasida muvozanatni ta'minlashini qayd etgan [7]. To'rtinchi yo'nalish prediktiv texnik xizmat bilan bog'liq: T. Karvalyu va hammualliflari mashinali o'qitish usullarining bashoratli texnik xizmat ko'rsatishda qo'llanishini tizimli sharhlab, tasodifiy o'rmon, neyron tarmoqlar va tayanch vektorlar usullari uskunalar holatini baholashda eng keng tarqalganini aniqlagan [3]. Quyosh qurilmalari, invertorlar va akkumulyatorlar uchun bunday yondashuv rejalashtirilmagan to'xtab qolishlarni kamaytirish va uskunalar xizmat muddatini uzaytirish vositasi hisoblanadi.

Kichik biznesdagi energiya samaradorligi to'siqlariga oid adabiyotlar sun'iy intellekt qo'llanishining iqtisodiy tomondan to'ldiradi. A. Trianni va E. Kanyo Italiya kichik va o'rta korxonalari misolida axborot yetishmasligi, texnik ko'nikmalar cheklanganligi, kapitalga kirish imkoniyati va boshqa ustuvor investitsiyalar bilan raqobat asosiy to'siqlar ekanini empirik jihatdan tasdiqlagan [9]. Xalqaro qayta tiklanuvchi energiya agentligi ma'lumotlariga ko'ra, 2010-2023-yillarda yirik quyosh fotoelektr stansiyalarida elektr energiyasining o'rtacha tortilgan keltirilgan qiymati 90 foizga kamayib, 2023-yilda 0,044 AQSh dollari/kVt·soatni tashkil etgan, akkumulyator tizimlari loyihalarining narxi esa 89 foizga pasayib, 2 511 dollar/kVt·soatdan 273 dollar/kVt·soatgacha tushgan [5]. Shunday qilib, texnologik xarajatlar to'sig'i sezilarli darajada yumshagan, asosiy cheklov esa boshqaruv salohiyati tomon siljigan. Sharh natijalari mavjud tadqiqotlarning asosan yirik obyektlar va uy xo'jaliklariga qaratilganini, kichik biznes esa alohida boshqaruv obyekti sifatida yetarli o'rganilmaganini ko'rsatadi.

METODOLOGIYA

Tadqiqotning uslubiy asosini tizimli yondashuv, qiyosiy tahlil, tarkibiy tahlil va konseptual modellash usullari tashkil etdi. Axborot bazasi sifatida O'zbekiston Respublikasi Prezidentining qayta tiklanuvchi energiya, kichik va o'rta biznes hamda sun'iy intellekt sohalariga oid normativ-huquqiy hujjatlari, O'zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo'mitasining yalpi ichki mahsulot bo'yicha press-relizi, Energetika vazirligining quyosh panellari o'rnatilishiga oid rasmiy ma'lumotlari va Soliq qo'mitasining subsidiyalar to'loviga doir axboroti tanlandi. Tarkibiy tahlil 2025-yil 1-dekabr va 2026-yil 1-aprel holatiga ko'ra ijtimoiy soha, tadbirkorlik, xonadonlar va ko'p qavatli uylar kesimidagi quvvat hamda obyektlar soni asosida amalga oshirildi. Bir obyektga to'g'ri keladigan o'rtacha quvvat, tarmoqlarning umumiy quvvatdagi ulushi va o'sish sur'atlari muallif tomonidan rasmiy ko'rsatkichlar asosida hisoblandi.

Sun'iy intellekt modullarini tanlash va ularni boshqaruv funksiyalariga biriktirish adabiyotlar sharhida umumlashtirilgan xalqaro tadqiqotlar natijalariga tayandi.

Kichik biznes subyektida qayta tiklanuvchi energiyadan foydalanish samaradorligining asosiy texnik-iqtisodiy ko'rsatkichi sifatida o'z iste'moli ulushi tanlandi. U quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$SCR = \frac{E_{sc}}{E_{pv}} \times 100 \quad (1)$$

bu yerda SCR - ishlab chiqarilgan quyosh energiyasining korxona o'zi iste'mol qilgan ulushi, foiz; E_{sc} - ishlab chiqarilgan energiyadan bevosita korxona ehtiyojlariga sarflangan qismi, kVt·soat; E_{pv} - quyosh qurilmasida ishlab chiqarilgan energiyaning umumiy hajmi, kVt·soat. Ko'rsatkichning ma'nosi shundan iboratki, ishlab chiqarilgan har bir kilovatt-soat energiya tarmoqdan xarid qilinadigan energiyani to'g'ridan-to'g'ri almashtirgandagina eng yuqori iqtisodiy qiymatga ega bo'ladi. Sun'iy intellekt asosidagi generatsiya va yuklama prognozi E_{sc} hajmini oshirishga, ya'ni energiya talab qiluvchi jarayonlarni quyosh generatsiyasi eng yuqori bo'lgan soatlarga siljitishga xizmat qiladi. Ortiqcha energiyani tarmoqqa uzatish imkoniyati mavjud bo'lgan sharoitda ko'rsatkich optimal nisbatni izlash vositasi sifatida qo'llaniladi, chunki SCR ning pasayishi har doim ham samaradorlik kamayganini anglatmaydi.

Sun'iy intellekt asosidagi energiya boshqaruv tizimini joriy etishning yillik iqtisodiy samarasi quyidagi ifoda bilan baholanadi:

$$\Delta C = P_g \cdot (E_0 - E_1) + P_s \cdot E_x + \Delta M - C_{AI} \quad (2)$$

bu yerda ΔC - yillik sof iqtisodiy samara, so'm; P_g - tarmoqdan xarid qilinadigan elektr energiyasi tarifi, so'm/kVt·soat; E_0 va E_1 - tizim joriy etilgunga qadar va undan keyin tarmoqdan xarid qilingan energiya hajmi, kVt·soat; P_s - tarmoqqa uzatilgan ortiqcha energiya uchun to'lov narxi, so'm/kVt·soat; E_x - tarmoqqa uzatilgan ortiqcha energiya hajmi, kVt·soat; ΔM - prediktiv texnik xizmat hisobiga oldi olingan ta'mirlash xarajatlari va to'xtab qolish yo'qotishlari, so'm; C_{AI} - sun'iy intellekt platformasi, sensorlar va ularga xizmat ko'rsatishning yillik xarajati, so'm. Ifodaning tarkibi uch manbani ajratib ko'rsatadi: tarmoqdan xaridni qisqartirish, ortiqcha energiyani sotish va uskunalar ishonchligini oshirish. Bunday tuzilma kichik korxona rahbariga sun'iy intellekt xizmatiga sarflanadigan mablag'ni aniq natija manbalari bilan taqqoslash imkonini beradi.

TAHLIL VA NATIJALAR

Kichik biznesning milliy iqtisodiyotdagi o'rni energiya boshqaruvini takomillashtirish masalasining makroiqtisodiy ko'lamini belgilaydi. Milliy statistika qo'mitasi ma'lumotlariga ko'ra, 2025-yilning yanvar-sentabr oylarida kichik tadbirkorlik subyektlari tomonidan 638 221,7 mlrd so'm qo'shilgan qiymat yaratilgan, bu iqtisodiyotdagi yalpi qo'shilgan qiymatning 51,5 foizini tashkil etgan [18]. PF-50-son Farmon bilan kichik va o'rta biznesning yalpi ichki mahsulotdagi ulushini 55 foizga, sanoatdagi va eksportdagi ulushini 34 foizga, aholi bandligini ta'minlashdagi ulushini 75 foizga yetkazish vazifasi belgilangan [13]. Energetika sohasida PQ-57-son qaror bilan 2023-yilda umumiy quvvati 4 300 MVt bo'lgan qayta tiklanuvchi

manbalarni ishga tushirish, shu jumladan tadbirkorlar tomonidan 550 MVt quvvatli kichik fotoelektr stansiyalarini barpo etish mo'ljallangan, quvvati 100 kVtgacha bo'lgan qurilmalar egalari uch yil muddatga mol-mulk, yer va foyda solig'idan ozod etilib, elektr energiyasini saqlash tizimi mavjud bo'lganda imtiyoz muddati o'n yilgacha uzaytirilgan [14]. Quyosh panellari o'rnatilgan obyektlarning tarmoqlar kesimidagi tarkibi 1-jadvalda keltirilgan. Ushbu rag'batlar kichik biznes uchun quyosh qurilmalarini egallashning moliyaviy sharoitini sezilarli yaxshiladi.

1-jadval

O'zbekistonda quyosh panellari o'rnatilgan obyektlarning tarmoqlar kesimidagi tarkibi¹

Obyektlar toifasi	Quvvat, MVt (01.12.2025)	Obyektlar soni (01.12.2025)	Quvvat, MVt (01.04.2026)	Obyektlar soni (01.04.2026)	O'rtacha quvvat, kVt/obyekt (01.04.2026)	Quvvatdagi ulush, foizda (01.04.2026)
Tadbirkorlik obyektlari	1 087,5	32 589	1 155	33 208	34,8	54,6
Xonadonlar	443,2	84 964	503	88 489	5,7	23,8
Ijtimoiy soha obyektlari	412,5	21 346	425	21 643	19,6	20,1
Ko'p qavatli uylar	30,2	2 322	31	2 398	12,9	1,5
Jami	1 971	141 221	2 114	145 738	14,5	100,0

1-jadval ma'lumotlari tadbirkorlik obyektlari mamlakatdagi quyosh panellari quvvatining yarmidan ko'prog'ini, ya'ni 2026-yil 1-aprel holatiga ko'ra 54,6 foizini jamlaganini ko'rsatadi. Tadbirkorlik obyektlaridagi 1 155 MVt quvvat PQ-57-son qaror bilan 2023-yil uchun tadbirkorlar zimmasiga belgilangan 550 MVt mo'ljal bilan qiyoslanganda 2,1 barobar yuqori bo'lib, rag'batlantirish choralarining yuqori ta'sirchanligidan dalolat beradi. Bir tadbirkorlik obyektiga o'rtacha 34,8 kVt quvvat to'g'ri keladi, bu xonadonlardagi o'rtacha ko'rsatkichdan qariyb olti barobar katta. Aynan shu miqyos tadbirkorlik obyektlarini sun'iy intellekt asosidagi boshqaruv uchun eng istiqbolli segmentga aylantiradi: o'rtacha 35 kVt atrofidagi qurilmada generatsiya va iste'mol o'rtasidagi nomuvofiqlik sezilarli moliyaviy oqimlarni hosil qiladi, monitoring tizimiga kiritilgan xarajat esa katta hajmdagi energiya oqimiga taqsimlanadi. To'rt oy davomida tadbirkorlik obyektlaridagi quvvat 6,2 foizga, umumiy quvvat esa 7,3 foizga o'sgan [4]; [16] bo'lib, bu jarayonning barqaror davom etayotganini tasdiqlaydi.

Quyosh qurilmalaridan foydalanish natijalari ham ijobiy dinamikani namoyon etmoqda. Energetika vazirligi ma'lumotlariga ko'ra, 2026-yilning birinchi choragida quyosh panellari 411 mln kVt·soat elektr energiyasi ishlab chiqargan, bu 2025-yilning mos davridagi 252 mln kVt·soatga nisbatan 63 foiz ko'pdir, tarmoqqa uzatilgan ortiqcha energiya esa 46,2 mln kVt·soatdan 163,7 mln kVt·soatgacha, ya'ni 3,5 barobar oshgan, natijada 125 mln kub metr tabiiy gaz tejalgan [16]. Muallif hisob-

¹ Manba: Energetika vazirligi ma'lumotlari asosida Energyforum.uz [4] va Gazeta.uz [16] nashrlari; o'rtacha quvvat va ulushlar muallif tomonidan hisoblangan.

kitobiga ko'ra, tarmoqqa uzatilgan energiyaning umumiy ishlab chiqarishdagi ulushi 18,3 foizdan 39,8 foizgacha ko'tarilgan. Ushbu siljish (1) ifodadagi o'z iste'moli ulushining makrodarajada pasayganini va prosyumerlarning tarmoq bilan faol o'zaro ta'sirga kirishganini bildiradi. Soliq qo'mitasi ma'lumotlariga ko'ra, "Quyoshli xonadon" dasturi doirasida 2025-yilning yanvar-mart oylarida 12 746 nafar jismoniy shaxsga 8,14 mln kVt·soat energiya uchun jami 8,147 mlrd so'm subsidiya to'langan [17]. Tarmoq bilan ikki tomonlama energiya almashinuvining kengayishi ortiqcha energiyani qachon sotish, qachon saqlash va qachon o'zi iste'mol qilish kabi qarorlarni kundalik boshqaruv vazifasiga aylantiradi. Ushbu qarorlarni qo'llab-quvvatlovchi boshqaruv funksiyalari 2-jadvalda umumlashtirilgan. Aynan shu qarorlar sun'iy intellekt vositalari eng yuqori samara beradigan soha hisoblanadi.

2-jadval

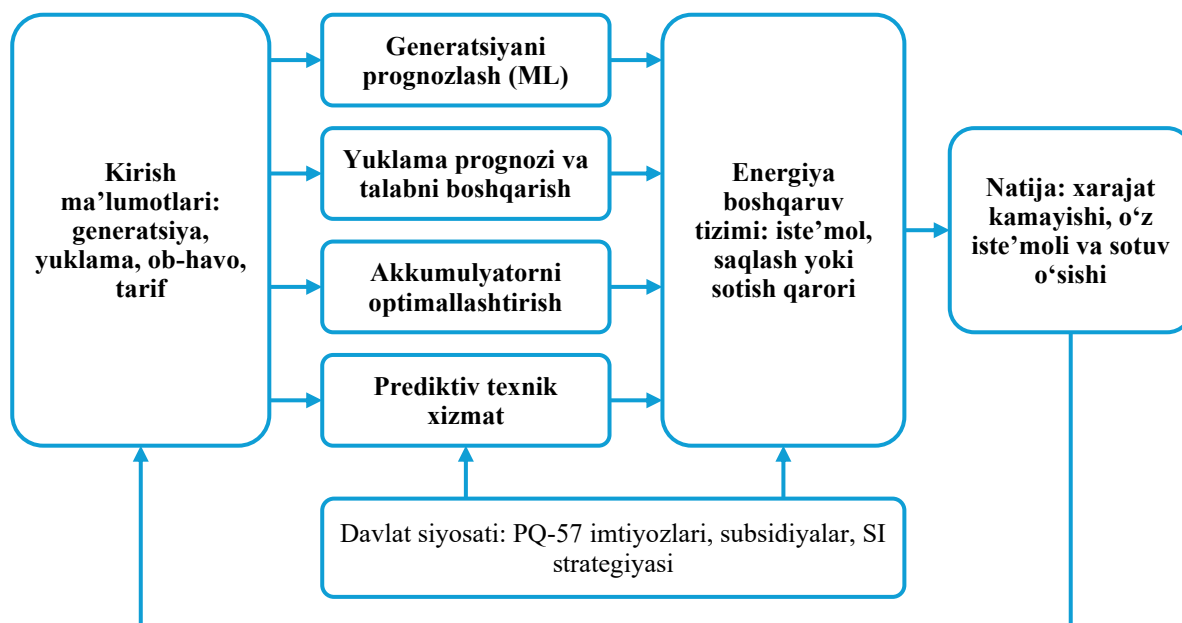
Kichik biznesda qayta tiklanuvchi energiyani boshqarish funksiyalari va sun'iy intellekt vositalari¹

Boshqaruv funksiyasi	Sun'iy intellekt usuli	Asosiy kirish ma'lumotlari	Boshqaruv natijasi
Generatsiyani prognozlash	Neyron tarmoqlar, tayanch vektorlar regressiyasi, ansambl usullari	Quyosh radiatsiyasi, harorat, bulutlilik, tarixiy generatsiya	Keyingi kun va soatlar uchun energiya balansini rejalashtirish
Yuklamani prognozlash va talabni boshqarish	Mashinali o'qitish, mustahkamlab o'qitish	Hisoblagich ma'lumotlari, ish jadvali, tarif signallari	Energiya talab qiluvchi jarayonlarni generatsiya cho'qqisiga siljitish
Akkumulyator rejimini optimallashtirish	Prognozli boshqaruv, optimallashtirish algoritmlari	Zaryad darajasi, generatsiya va yuklama prognozi	Saqlash, iste'mol va sotish o'rtasida optimal taqsimot
Prediktiv texnik xizmat	Tasodifiy o'rmon, neyron tarmoqlar, anomaliyalarni aniqlash	Invertor parametrlari, panel harorati, ishlab chiqarish og'ishlari	Rejalashtirilmagan to'xtab qolishlarning oldini olish

2-jadval qayta tiklanuvchi energiyadan foydalanishni boshqarishning to'rtta asosiy funksiyasini ularga mos sun'iy intellekt usullari bilan bog'laydi. Jadvaldan ko'rinib turibdiki, funksiyalar o'zaro ketma-ket bog'langan: generatsiya prognozi yuklamani boshqarish va akkumulyator rejimini optimallashtirish uchun kirish axboroti bo'lib xizmat qiladi, prediktiv texnik xizmat esa butun tizimning ishonchliligini ta'minlaydi. Kichik korxona uchun funksiyalarni alohida-alohida joriy etish kutilgan natijani bermaydi, chunki aniq prognozsiz talabni boshqarish tasodifiy xarakter kasb etadi, ishonchli uskunasi esa eng aniq prognoz ham amaliy qiymatini yo'qotadi. Ushbu bog'liqlik 1-rasmda keltirilgan modelda yaxlit ko'rinishda ifodalangan. Kirish ma'lumotlarining asosiy qismi zamonaviy invertorlar va aqlli hisoblagichlar orqali avtomatik to'planishi kichik biznes uchun qo'shimcha

¹ Manba: S. Voyan va hammualliflari [11], X. Vaskes-Kanteli va Z. Nad [10], D. Mariano-Ernandes va hammualliflari [7], T. Karvalyu va hammualliflari [3] tadqiqotlari asosida muallif tomonidan tuzilgan.

xarajatlarni minimal darajada ushlab turish imkonini beradi. Usullarni tanlashda I. Antonopulos va hammualliflari qayd etganidek, ma'lumotlar hajmi va talqin qilinuvchanlik talabi o'rtasidagi muvozanatni hisobga olish lozim [2]: kichik korxona rahbari tizim tavsiyalarini tushunishi uning qarorlarga ishonchini oshiradi.



1-rasm. Kichik biznesda sun'iy intellekt asosidagi energiya boshqaruvi modeli¹

Izoh: model kirish ma'lumotlari, to'rt funksional sun'iy intellekt moduli, energiya boshqaruv tizimi va natijalar bloklarini birlashtiradi; pastki qaytuvchi strelka natijalar monitoringi ma'lumotlar bazasini to'ldirib, modellarni qayta o'qitishga xizmat qilishini bildiradi.

1-rasmda tasvirlangan model kichik biznes subyektida sun'iy intellekt asosidagi energiya boshqaruvini to'rt bosqichli jarayon sifatida ifodalaydi. Birinchi bosqichda generatsiya, yuklama, ob-havo va tarif to'g'risidagi ma'lumotlar uzluksiz yig'iladi. Ikkinchi bosqichda to'rt funksional modul ushbu ma'lumotlarni qayta ishlab, prognoz va tavsiyalar shakllantiradi. Uchinchi bosqichda energiya boshqaruv tizimi modullar natijalarini muvofiqlashtirib, energiyani iste'mol qilish, saqlash yoki tarmoqqa uzatish to'g'risida yagona qaror qabul qiladi. To'rtinchi bosqichda natijalar (1) va (2) ifodalar asosida baholanadi, monitoring ma'lumotlari esa qayta aloqa orqali modellarni qayta o'qitish uchun ishlatiladi. Modelning pastki qismida joylashgan davlat siyosati bloki soliq imtiyozlari, subsidiyalar va sun'iy intellekt strategiyasi orqali butun tizimning iqtisodiy asosini mustahkamlaydi. Sun'iy intellekt strategiyasida 2030-yilga qadar sun'iy intellekt asosidagi dasturiy mahsulotlar va xizmatlar hajmini 1,5 mlrd AQSh dollariga yetkazish maqsadi belgilangani [15] kichik biznes uchun moslashtirilgan energiya boshqaruv xizmatlari bozorining shakllanishiga qulay sharoit yaratadi.

Modelni amaliyotga joriy etish kichik biznes subyektlarining tarmoq xususiyatlariga qarab tabaqalashtirilgan yondashuvni taqozo etadi. Savdo va xizmat

¹ Manba: T. Ahmad va hammualliflari [1], D. Mariano-Ernandes va hammualliflari [7] yondashuvlari hamda 1-2-jadvallar tahlili asosida muallif ishlanmasi.

ko'rsatish korxonalarida yuklama asosan sovutish, yoritish va isitish tizimlariga to'g'ri kelib, uni generatsiya cho'qqisiga siljitish imkoniyati nisbatan yuqori bo'ladi. Kichik ishlab chiqarish korxonalarida esa texnologik jarayonlarning uzluksizligi talabi yuklamani moslashuvchan boshqarishni cheklaydi, shuning uchun bu yerda akkumulyator rejimini optimallashtirish va prediktiv texnik xizmat modullari yetakchi ahamiyat kasb etadi. A. Trianni va E. Kanyo aniqlagan axborot va ko'nikmalar bilan bog'liq to'siqlar [9] sun'iy intellekt xizmatini bulutli platforma ko'rinishida taqdim etish orqali samarali yumshatilishi mumkin: bunday holatda korxona murakkab algoritmlarni mustaqil yuritish o'rniga, tayyor tavsiyalar va avtomatik boshqaruv buyruqlarini oladi. Akkumulyator tizimlari narxining keskin pasayishi [5] saqlash moduliga ega yechimlarni kichik biznes uchun iqtisodiy jihatdan tobora qulay qilmoqda, amaldagi soliq imtiyozlari muddatining saqlash tizimi mavjud bo'lganda o'n yilgacha uzaytirilishi esa bu yo'nalishni qo'shimcha rag'batlantiradi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

O'tkazilgan tadqiqot kichik biznes subyektlarida qayta tiklanuvchi energiya resurslaridan samarali foydalanishning asosiy zaxirasi texnologiyaning o'zida emas, balki uni boshqarish sifatida ekanini nazariy jihatdan asosladi. Energiya samaradorligi tafovuti nazariyasi va kichik korxonalarga xos axborot hamda ko'nikmalar to'siqlari sun'iy intellektni boshqaruv salohiyatini to'ldiruvchi vosita sifatida talqin etish imkonini berdi. O'zbekistonda tadbirkorlik obyektlari quyosh panellari umumiy quvvatining yarmidan ko'prog'ini jamlagani, bir obyektga to'g'ri keladigan o'rtacha quvvatning xonadonlarga nisbatan bir necha barobar yuqoriligi va tarmoqqa uzatilayotgan energiya hajmining tez o'sishi intellektual energiya boshqaruvi uchun keng amaliy maydon shakllanganini ko'rsatadi. Davlat tomonidan joriy etilgan soliq imtiyozlari, subsidiyalar va sun'iy intellekt strategiyasi bu jarayonning mustahkam institutsional asosini tashkil etmoqda.

Tahlil natijalariga tayangan holda quyidagi takliflar ishlab chiqildi:

1. Kichik biznes subyektlarida quyosh qurilmalaridan foydalanish samaradorligini (1) va (2) ifodalar asosida muntazam baholash hamda ushbu ko'rsatkichlarni energiya auditi natijalariga kiritish maqsadga muvofiq.
2. Quvvati 100 kVtgacha bo'lgan qurilmalar uchun generatsiya prognozi, monitoring va prediktiv texnik xizmatni birlashtirgan bulutli sun'iy intellekt platformalarini obuna xizmati ko'rinishida rivojlantirish tavsiya etiladi.
3. Sun'iy intellekt strategiyasi doirasidagi amaliy loyihalar qatoriga kichik biznes uchun energiya boshqaruv yechimlarini kiritish va ularni tadbirkorlar bilan birgalikda sinovdan o'tkazish lozim.
4. Invertorlar va aqlli hisoblagichlardan olinadigan ma'lumotlarning yagona ochiq formatini joriy etish turli ishlab chiqaruvchilar uskunalarini yagona boshqaruv tizimiga ulash imkonini beradi.
5. Oliy ta'lim muassasalarida tadbirkorlar va energetika menejerlari uchun sun'iy intellekt asosida energiya boshqaruvi bo'yicha qisqa muddatli malaka oshirish dasturlarini tashkil etish kadrlar salohiyatini mustahkamlaydi.

Taklif etilgan choralar kichik biznesning energiya xarajatlarini kamaytirish, qayta tiklanuvchi manbalardan olinadigan iqtisodiy samarani oshirish va milliy energetika tizimi barqarorligini mustahkamlash vazifalarini uyg'unlashtiradi. Keyingi tadqiqotlarda konseptual modelni aniq kichik korxonalar ma'lumotlari asosida sinovdan o'tkazish va sun'iy intellekt modullarining o'z iste'moli ulushiga ta'sirini miqdoriy baholash rejalashtirilmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Ahmad, T., Zhang, D., Huang, C., Zhang, H., Dai, N., Song, Y., & Chen, H. (2021). Artificial intelligence in sustainable energy industry: Status Quo, challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 289, 125834. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125834>
2. Antonopoulos, I., Robu, V., Couraud, B., Kirli, D., Norbu, S., Kiprakis, A., Flynn, D., Elizondo-Gonzalez, S., & Wattam, S. (2020). Artificial intelligence and machine learning approaches to energy demand-side response: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 130, 109899. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109899>
3. Carvalho, T. P., Soares, F. A. A. M. N., Vita, R., Francisco, R. da P., Basto, J. P., & Alcalá, S. G. S. (2019). A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance. *Computers & Industrial Engineering*, 137, 106024. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106024>
4. Energyforum.uz. (2025, December 1). Almost 2 GW of solar panels have been installed in Uzbekistan at 141 thousand facilities. <https://energyforum.uz/en/news/almost-2-gw-of-solar-panels-have-been-installed-in-uzbekistan-at-141-thousand-facilities>
5. IRENA. (2024). Renewable Power Generation Costs in 2023. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency. <https://www.irena.org/Publications/2024/Sep/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2023>
6. Jaffe, A. B., & Stavins, R. N. (1994). The energy-efficiency gap: What does it mean? *Energy Policy*, 22(10), 804-810. [https://doi.org/10.1016/0301-4215\(94\)90138-4](https://doi.org/10.1016/0301-4215(94)90138-4)
7. Mariano-Hernández, D., Hernández-Callejo, L., Zorita-Lamadrid, A., Duque-Pérez, O., & Santos García, F. (2021). A review of strategies for building energy management system: Model predictive control, demand side management, optimization, and fault detect & diagnosis. *Journal of Building Engineering*, 33, 101692. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101692>
8. Thollander, P., Danestig, M., & Rohdin, P. (2007). Energy policies for increased industrial energy efficiency: Evaluation of a local energy programme for manufacturing SMEs. *Energy Policy*, 35(11), 5774-5783. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.06.013>
9. Trianni, A., & Cagno, E. (2012). Dealing with barriers to energy efficiency and SMEs: Some empirical evidences. *Energy*, 37(1), 494-504. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.11.005>

10. Vázquez-Canteli, J. R., & Nagy, Z. (2019). Reinforcement learning for demand response: A review of algorithms and modeling techniques. *Applied Energy*, 235, 1072-1089. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.11.002>
11. Voyant, C., Notton, G., Kalogirou, S., Nivet, M.-L., Paoli, C., Motte, F., & Fouilloy, A. (2017). Machine learning methods for solar radiation forecasting: A review. *Renewable Energy*, 105, 569-582. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.12.095>
12. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 16-fevral 2026-yil PF-21-son "Mamlakat taraqqiyotining 2030-yilgacha mo'ljallangan ustuvor yo'nalishlari doirasida islohotlarni izchil davom ettirish va yangi bosqichga olib chiqishning qo'shimcha chora-tadbirlari to'g'risida"gi Farmoni <https://lex.uz/ru/docs/-8050769>
13. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 19-mart PF-50-son "Kichik va o'rta biznesning iqtisodiyotdagi o'rnini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Farmoni. <https://lex.uz/uz/docs/-7444738>
14. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 16-fevral PQ-57-son "2023-yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini va energiya tejoyvchi texnologiyalarni joriy etishni jadallashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Qarori. <https://lex.uz/uz/docs/-6385716>
15. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024-yil 14-oktabr PQ-358-son "Sun'iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilga qadar rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi Qarori. <https://lex.uz/docs/-7158604>
16. Gazeta.uz. (2026, 22-aprel). O'zbekistonda 145 mingdan ortiq obyektga umumiy quvvati 2114 MVt bo'lgan quyosh panellari o'rnatilgan. <https://www.gazeta.uz/oz/2026/04/22/solar-panel/>
17. Spot.uz. (2025, 1-may). Uch oyda fuqarolar quyosh panellari orqali 8 mlrd so'mdan ortiq elektr energiyasi sotdi. <https://www.spot.uz/oz/2025/05/01/solar-energy-subsidies>
18. O'zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo'mitasi. (2025, 28-oktabr). O'zbekiston Respublikasining yalpi ichki mahsuloti (2025-yil yanvar-sentabr): press-reliz. https://stat.uz/img/press-relizlar/analitika-vvp_zb-lotin_p95454.pdf



Marketing

ilmiy, amaliy va ommabop jurnali

Muharrir:
Ingliz tili muharriri:
Rus tili muharriri:
Musahhih:
Sahifalovchi va dizaynerlar:

Turobova Hulkar Rustamovna
Oripov Mahmud Ashurovich
Xidirova Gavxar Rustamovna
Qudratov Aziz Dehqonboyevich
Sadikov Shoxrux Shuxratovich
Abidjonov Nodirbek Odijon o'g'li

2026-YIL, 24-25-SENTABR, MAXSUS-SON, V-VI-SEKSIYALAR

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Marketing" ilmiy, amaliy va ommabop jurnali manba sifatida ko'rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar mas'ul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelavermasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

Mazkur jurnalda maqolalar chop etish uchun quyidagi havolalarga murojaat qilish mumkin. Ilmiy maqola, ommabop maqola, reklama, hikoya va boshqa ilmiy-ijodiy materiallar yuborishingiz mumkin.

Materiallar va reklamalar pullik asosda chop etiladi.

Elektron pochta: info@marketingjournal.uz
Bot: [@marketinjournalbot](https://t.me/@marketinjournalbot)
Tel.: +99890 5125464, +998939266610

Jurnalning rasmiy sayti: <https://marketingjournal.uz>

Marketing jurnali O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi **Oliy attestatsiya komissiyasi** rayosatining 2024-yil 04-oktabrdagi 362/5 sonli qarori bilan milliy ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan



"Marketing" ilmiy, amaliy va ommabop jurnali 2024-yil 15-martdan O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan **C-5669517** reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan. **Litsenziya raqami: №240874**



"Marketing" ilmiy, amaliy va ommabop jurnalining xalqaro darajasi: **9710**. GOCT 7.56-2002 "Seriya nashrlarning xalqaro standart raqamlanishi" davlatlaro standartlari talablari. **Berilgan ISSN tartib raqami: 3060-4621**