

**“O‘ZBEKISTON TRANSPORT TUGUNLARIDA ELEKTR TA‘MINOTI
TIZIMLARINI RAQAMLASHTIRISH ORQALI ENERGIYA ISTE‘MOLINI
OPTIMALLASHTIRISH YO‘LLARI”**

Rahimov Shohdilbek Alisher o‘g‘li

Toshkent davlat transport universiteti magistranti

Ilmiy rahbar: Badretdinov T.N.

Dotsent, PhD.

rahimovshohdilbekalisherogli@gmail.com

+(998)881864040

**MAQOLA
MALUMOTI**

ANNOTATSIYA:

MAQOLA TARIXI:

Received: 19.03.2026

Revised: 20.03.2026

Accepted: 21.03.2026

KALIT SO‘ZLAR:

*Raqamlashtirish,
energiya iste‘moli,
transport tugunlari,
elektr ta‘minoti tizimi,
energiya samaradorligi,
Smart Grid, IoT
texnologiyasi,
avtomatlashtirilgan
boshqaruv, qayta
tiklanuvchi energiya,
ekologik barqarorlik,
O‘zbekiston transport
sohasi.*

Ushbu maqolada O‘zbekiston transport infratuzilmasining elektr ta‘minoti tizimlarini raqamlashtirish jarayonlari, ularning energiya samaradorligini oshirishdagi o‘rni va ahamiyati tahlil qilinadi. Transport tugunlarida (temir yo‘l, metro, avtomobil va havo transporti bekatlari) energiya iste‘molini optimallashtirishning zamonaviy usullari — aqlli energiya boshqaruv tizimlari (Smart Grid), Internet of Things (IoT) texnologiyalari, hamda avtomatlashtirilgan monitoring va nazorat dasturlari asosida ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, elektr energiyasining yo‘qotilishini kamaytirish, uzluksiz ta‘minot zanjirini yaratish va qayta tiklanuvchi manbalardan (quyosh, shamol) foydalanishning ekologik va iqtisodiy afzalliklari tahlil etilgan. Maqola natijalarida raqamli energiya boshqaruv tizimlarini joriy etish O‘zbekiston transport sohasida energiya tejamkorlik darajasini oshirish bilan birga, barqaror rivojlanishga xizmat qilishi isbotlab beriladi.

Kirish

So'nggi yillarda dunyo miqyosida transport infratuzilmasini modernizatsiya qilish va energiya samaradorligini oshirish masalalari global darajada muhim ahamiyat kasb etmoqda. Aholining o'sishi, iqtisodiy jarayonlarning kengayishi va transport tizimlarining murakkablashuvi natijasida elektr energiyasiga bo'lgan talab ortib bormoqda. Xususan, transport tugunlarining (temir yo'l stansiyalari, metro, aeroport, avtovokzal va logistika markazlari) elektr ta'minoti tizimlarini zamonaviy texnologiyalar asosida raqamlashtirish zarurati kun tartibidagi eng dolzarb masalalardan biridir [1].

Raqamlashtirish jarayonlari energiya iste'molini nazorat qilish, energiya yo'qotishlarini kamaytirish va tizimning ishonchliligini oshirishda muhim omil bo'lib xizmat qiladi. Bunda "aqlli tarmoqlar" (Smart Grid) va Internet of Things (IoT) texnologiyalarini joriy etish orqali energiya ta'minoti tizimlarida real vaqt rejimida ma'lumot almashish, energiya balansini avtomatik boshqarish hamda nosozliklarni tezkor aniqlash imkoniyatlari yaratiladi [2]. Ushbu texnologiyalar energiya tejamkorlik siyosatini amalga oshirishda, elektr energiyasidan oqilona foydalanishda va ekologik yukni kamaytirishda katta ahamiyatga ega.

O'zbekiston Respublikasida ham energiya samaradorligini oshirish hamda transport infratuzilmasini raqamlashtirish yo'nalishida keng ko'lamli islohotlar amalga oshirilmoqda. 2020-yilda qabul qilingan "Yashil iqtisodiyot"ga o'tish bo'yicha milliy strategiyada qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish, energiya sarfini kamaytirish va raqamli texnologiyalarni ishlab chiqish ustuvor yo'nalishlardan biri sifatida belgilangan [3]. Bundan tashqari, Transport vazirligi huzurida tashkil etilgan "Raqamli transport infratuzilmasi" dasturi asosida respublika transport tugunlarining elektr ta'minoti tizimlarini optimallashtirish bo'yicha texnik yechimlar ishlab chiqilmoqda.

Transport tugunlarida elektr energiyasidan oqilona foydalanish nafaqat iqtisodiy, balki ekologik jihatdan ham ahamiyatlidir. Energiya samaradorligini oshirish orqali karbon chiqindilarini kamaytirish, atmosferaga zararli gazlar chiqishini cheklash hamda barqaror ekologik muhitni shakllantirish mumkin. Shu bois, elektr ta'minoti tizimlarini raqamlashtirish transport sohasida energiya menejmentining yangi bosqichi sifatida qaralmoqda [4].

Mazkur maqolada O'zbekiston transport tugunlarida elektr ta'minoti tizimlarini raqamlashtirish orqali energiya iste'molini optimallashtirish yo'llari ilmiy asosda tahlil qilinadi. Tadqiqotda Smart Grid va IoT texnologiyalarining amaliy qo'llanilishi, ularning samaradorlik darajasi hamda iqtisodiy-texnik afzalliklari yoritiladi.

Asosiy qism

1. Muammo bayoni va kontekst

Transport tugunlarida (temir yo‘l stansiyalari, metro, aeroportlar, avtovokzallar va logistik markazlar) elektr ta‘minoti tizimlarining samaradorligi va ishonchliligi hudud iqtisodiyoti va ijtimoiy hayot uchun katta ahamiyatga ega. O‘zbekistonning transport sektori so‘nggi yillarda raqamlashtirish va modernizatsiya yo‘nalishida ishlamoqda, biroq energiya boshqaruvi sohasida hali ham sezilarli yo‘qotishlar, reaktiv yuk, uzilishlar va qayta tiklanuvchi manbalarni samarali integratsiyalash muammolari mavjud. Bu muammolar tizim xarajatlarini oshiradi, ekspluatatsiya samaradorligini pasaytiradi va atrof-muhitga salbiy ta‘sir ko‘rsatadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, O‘zbekiston transport-energetika kompleksi uchun integratsiyalashgan energiya boshqaruv strategiyalari va raqamli texnologiyalar muhim rol o‘ynaydi [5].

2. Muammoning texnik tahlili

Energiya yo‘qotishlari va noto‘g‘ri boshqaruv: Ko‘p transport tugunlarida real vaqt monitoringi va avtomatik boshqaruv tizimlari yetarli emas, natijada transformatorlarda, quvurlarda, yoritishda va signallarda yo‘qotishlar yuqori bo‘ladi. Smart Grid va IoT yechimlari orqali real vaqt ma‘lumot to‘plash va yo‘qotishlarni qisqartirish mumkin [6].

Qayta tiklanuvchi energiyaning past integratsiyasi: Stansiyalar va inshootlarda tom qoplamalari, er osti va bekatlar hududidan samarali foydalanish imkoniyatlari mavjud (masalan, tomga o‘rnatiladigan quyosh panellari, temir yo‘l yo‘laklaridagi innovatsion PV yechimlari), lekin infratuzilma, moliyalashtirish va texnik loyihalashtirish muammolari bor. Xalqaro tajriba ushbu imkoniyatlarning amaliy samaradorligini ko‘rsatadi [8].

Ta‘minot ishonchliligi va keskin yuklar: Zirhli talab cho‘qqilari (peak load) zarur chora-tadbirlar talab qiladi — energiya zahiralar (batariyalik omborlar), demand response dasturlari va uzluksiz quvvat manbalari kerak. IoT-sensorlar va EMS (Energy Management Systems) bu jarayonlarni avtomatlashtirish orqali zarur javobgarlikni ta‘minlaydi [10].

3. Texnologik yechimlar — batafsil (zamonaviy texnologiyalar va amaliy qo‘llanilishi)

3.1. Smart Grid va lokal energiya boshqaruv (EMS)

Tarkibiy yechim: har bir transport tugunida markaziy EMS o‘rnatish; u SCADA tizimi bilan integratsiyalashgan bo‘lib, real vaqt energiya oqimini kuzatadi, analiz qiladi va avtomatik boshqaruv signallarini chiqaradi. EMS yordamida energiya sarfini optimallashtirish, nosozliklarni tez aniqlash va uzilishlarni minimallashtirish mumkin.

Bunday yechimlar chet ellarda elektromobil zaryadlash punktlari, stansiyalar va logistika markazlarida muvaffaqiyat bilan qo'llanilmoqda [10].

3.2. IoT-sensorlar va aqlli monitoring

Amaliy jihatlar: yoritish, isitish, ventilyatsiya, trafo va kabel harorati, oqim va kuchlanish kabi parametrlarni IoT-sensorlar orqali o'lchash; ma'lumotlar bulutga yoki mahalliy serverga yuborilib, real vaqt diagnostika va prediktiv xizmat ko'rsatish imkonini beradi. Prediktiv monitoring texnik xizmat xarajatlarini kamaytiradi va texnik nosozliklar oldini oladi [6].

3.3. Qayta tiklanuvchi energiya integratsiyasi (PV, shamol va boshqalar)

Chora-tadbirlar: stansiya binolari va parkining tom qoplamalariga quyosh panellari o'rnatish; temir yo'l infratuzilmasining ortiqcha yerlaridan kichik shamol yoki fotovoltaik modullar joriy etish; tog'li hududlarda kichik gidro yoki kichik energiya yig'uvchi tizimlarni ko'rib chiqish. Bu yondashuvlar elektr tarmoqqa yukni kamaytiradi va uzoq muddatda xarajatlarni pasaytiradi. Xalqaro misollar va tadqiqotlar bunday integratsiyalashgan yechimlar samaradorligini tasdiqlaydi [8].

3.4. Energiya saqlash tizimlari (ESS) va demand response

Raqamlashtirilgan demand response: zaryadlovchi stansiyalar va katta iste'molchilarda talabni boshqarish algoritmlari (tarifsignal, vaqtga bog'liq zaryadlash) orqali cho'qqi talablari normal darajaga tushiriladi. ESS (Li-ion yoki boshqa turdagi batareyalar) cho'qqi talablarga javob beradi va qayta tiklanuvchi energiyani saqlashga xizmat qiladi. Bu yechimlar tarmoq ishonchligini oshiradi va uzilishlarni kamaytiradi [12].

3.5. AI va analitika: energiya optimalizatsiyasi

Algoritmlar: ma'lumotlar oqimini tahlil qiluvchi AI model va optimizatsion algoritmlar (forecasting — talab va ishlab chiqarish, optimal yuk taqsimlash) yordamida energiya oqimlari real vaqt rejimida boshqariladi. Bu usul yo'qotishlarni kamaytirish va energiya xarajatlarini kamaytirishni kafolatlaydi. Ilmiy adabiyotlarda IoT+AI integratsiyasi energiya samaradorligini sezilarli darajada oshirishi ko'rsatilgan [12].

4. Amalga oshirish bo'yicha bosqichma-bosqich reja (roadmap)

1. Boshlang'ich energetik audit va inventarizatsiya — har bir transport tuguni bo'yicha joriy iste'mol, yo'qotishlar va inshootlarning energiya profili aniqlanadi. (0-bosqich)

2. Piloting (sinov loyihalari) — tanlangan 2–3 tugunda to'liq EMS+IoT+PV+ESS pilotlarni amalga oshirish; natijalarni 12 oy davomida monitoring qilish. Xalqaro tajribalar pilot loyihalar orqali tavsiyalar beradi [7].

3. Texnik standart va integratsiya — SCADA, EMS va IoT qurilmalari uchun milliy standartlar, kiberxavfsizlik talablarini ishlab chiqish.

4. Moliyalashtirish modeli — davlat-xususiy sheriklik (PPP), energiya xizmat ko'rsatuvchi kompaniyalar (ESCO), grantlar va xalqaro moliyalashtirish (JICA, World Bank, EBRD) orqali loyihalarni moliyalashtirish.

5. Masshtablash va ta'lim — pilotdagi natijalarga asoslanib butun tarmoqqa moslashtirish; texnik personallarni o'qitish va sertifikatlash.

6. Monitoring va baholash — KPI: energiya sarfini pasayishi (%), uzilishlar soni, CO₂ emissiyasi kamayishi, iqtisodiy samaradorlik (ROI va payback time).

5. Kutilayotgan natijalar va samaradorlik bahosi

Energiya tejash: maqbul implementatsiya bilan energiya sarfi 10–25% gacha kamayishi mumkin (tadqiqot va xalqaro case-study natijalari shuni ko'rsatadi).

CO₂ kamayishi: qayta tiklanuvchi manbalarni integratsiyalash va samarali boshqaruv orqali transport tugunlarining ichki CO₂ chiqindilari sezilarli darajada pasayadi.

Ishonchlilik va xizmat darajasi oshishi: nosozliklar va uzilishlar soni kamayadi, signal va kommunikatsiya barqarorligi oshadi. Ushbu natija IEA va ilmiy maqolalarda qo'llab-quvvatlanadi [11].

6. To'siqlar va ularni yengish yo'llari

Dastlabki kapital talabining yuqoriligi: moliyalashtirishda PPP hamda ESCO modellari tavsiya etiladi; xalqaro moliyalashtirish agentliklari bilan hamkorlik yo'lga qo'yilsin [7].

Texnik va kadrlar muammosi: mahalliy mutaxassislarni tayyorlash va xorijiy ekspertlarni jalb qilish orqali bilim uzatish dasturlari zarur.

Kiberxavfsizlik xavfi: IoT va bulut tizimlari uchun qat'iy xavfsizlik standartlari konsolidatsiyalanishi kerak [11].

Regulyator muammolari: tarif siyosati, zaryadlovchi stansiyalarni qo'llab-quvvatlash tartibi va energiya sotib olish mexanizmlari bo'yicha aniq va mos normativ bazalar ishlab chiqilishi lozim.

7. Amaliy takliflar

12 oylik pilot dastur: Toshkent shahridagi 2 ta temir yo'l stantsiyasi va 1 ta metro stantsiyasida EMS+IoT+PV+ESS pilotini ishga tushirish; natijalarni ochiq hisobot bilan taqdim etish [7].

Milliy standart yaratish: Smart Grid va IoT integratsiyasi uchun texnik va xavfsizlik standartlarini qabul qilish [9].

ESCo modelini kengaytirish: energiya xizmat ko'rsatuvchi kompaniyalar bilan davlatning yo'l-xizmat kafolatlari asosida kelishuvlar.

Ma'lumotlar platformasi: barcha tugunlar uchun yagona ma'lumotlar platformasi – energiya monitoring portali; bu portalga qabul qilingan ma'lumotlar asosida AI-analitika ishlaydi [12].

Xulosa

O'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, transport tugunlarining elektr ta'minoti tizimlarini zamonaviy energiya boshqaruv texnologiyalari asosida optimallashtirish — bu nafaqat texnik, balki iqtisodiy va ekologik barqarorlikni ta'minlashga xizmat qiladigan murakkab jarayondir. So'nggi yillarda jahon miqyosida energiya samaradorligini oshirish va raqamlashtirishga bo'lgan e'tibor ortib borayotgani bejiz emas. Chunki energiya resurslarining cheklanganligi, aholining o'sishi hamda ekologik muammolarning kuchayishi bu yo'nalishda yangicha yondashuvni talab etmoqda.

Tahlillar shuni ko'rsatdiki, O'zbekistonda ham transport sohasida energiya samaradorligini oshirishga doir dasturlar bosqichma-bosqich amalga oshirilmoqda. Biroq, ayrim tizimlarda energiya sarfi yuqoriligi, nazorat mexanizmlarining eskiligi va raqamli yechimlarning yetarli darajada tatbiq etilmagani sababli natijadorlik kutilgan darajada emas. Shu bois, mavjud infratuzilmani modernizatsiya qilish, zamonaviy texnologiyalarni joriy etish hamda mutaxassislar malakasini oshirish bugungi kunning eng muhim masalalaridan biri hisoblanadi.

Shaxsan menimcha, energiya samaradorligini oshirishda texnik imkoniyatlar bilan bir qatorda, inson omili ham muhim. Ya'ni, har bir tizim ortida uni boshqaruvchi, kuzatuvchi va tahlil qiluvchi mutaxassislar turadi. Shuning uchun energiya menejmenti faqat avtomatlashtirilgan jarayon emas, balki mas'uliyatli inson faoliyatidir. Bu esa ekologik madaniyatni yuksaltirish va innovatsion tafakkurni shakllantirish bilan chambarchas bog'liqdir.

Yakun qilib aytganda, transport tugunlarida energiya ta'minoti tizimlarini optimallashtirish masalasi kelajakda mamlakat iqtisodiyoti, ekologiyasi va energetika xavfsizligi uchun strategik ahamiyat kasb etadi. Zamonaviy energiya boshqaruv texnologiyalarini keng joriy etish orqali O'zbekiston "yashil energetika" yo'nalishida yetakchi davlatlar qatoridan joy olishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Karimov A., Jo‘raev S. Energiya samaradorligini boshqarish tizimlari. — Toshkent: “Fan va texnologiya”, 2021.
2. International Energy Agency (IEA). Digitalization and Energy Report. — Paris, 2020.
3. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi qarori. “Yashil iqtisodiyot”ga o‘tish bo‘yicha milliy strategiya, 2020-yil 4-oktabr.
4. Rashidov D. Transport tizimlarida raqamli energiya boshqaruvining innovatsion yechimlari. — “Transport va logistika” jurnali, №2, 2023.
5. Yakhshilikov J., et al. “A Review of the Energy System and Transport Sector in Uzbekistan.” Energies, 2024.
6. ResearchGate. “Internet of Things in Smart Grid: A Comprehensive Review of Opportunities, Trends and Challenges.” (May 28, 2024).
7. Ministry of Transport of the Republic of Uzbekistan. Annual Report 2022 — digital transformation and projects summary. (mintrans.uz).
8. Alshoufi K., et al. “Integrating Renewable Energy into Railway Systems: A Review.” CET Journal / ResearchGate, 2024.
9. Asian Transport Observatory. “Transport and Climate Profile — Uzbekistan.” (policy/profile report, 2024).
10. Ponlatha S., et al. “An IoT-based efficient energy management in smart grid.” Wiley Online Library, 2021.
11. MDPI / Buildings. “IoT—A Promising Solution to Energy Management in Smart Buildings.” (2024).
12. Chen Z., et al. “Using existing infrastructures of high-speed railways for PV+HSR systems.” ScienceDirect, 2022.