



ENERGETIKA SOHASIDA RAQAMLI IQTISODIYOTNING SHAKLLANISHI: SMART GRID VA DIGITAL TWIN TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA TAHLIL

PhD Mahmudov Jahongir

*Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent
axborot texnologiyalari universiteti*

ORCID: 0009-0002-2626-5296

jaxongir9316@icloud.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada energetika sohasida raqamli iqtisodiyotni shakllantirishning zamonaviy tendensiyalari, xususan, Smart Grid va Digital Twin texnologiyalarining imkoniyatlari, ularning ishlab chiqarish, taqsimot, iste'mol va boshqaruv tizimlariga ta'siri ilmiy asosda tahlil qilinadi. Raqamli transformatsiyaning bosqichlari, funksional yo'nalishlari, shuningdek, Germaniya, AQSh, Xitoy va Yaponiya kabi davlatlarning ilg'or raqamli energetika modellari solishtiriladi. O'zbekiston energetika tizimida SCADA, AMR, ERP kabi tizimlarning joriy etilishi bo'yicha amaliy tajribalar o'rganilib, milliy energetikani raqamlashtirishning ustuvor yo'nalishlari va strategik takliflar ishlab chiqiladi. Tadqiqot natijalari O'zbekiston sharoitida raqamli energetika ekotizimini shakllantirishning nazariy va amaliy asoslarini yoritadi.

Kalit so'zlar: raqamli transformatsiya, energetika, Smart Grid, Digital Twin, SCADA, IoT, Big Data, AI, qayta tiklanuvchi energiya, energetik xavfsizlik, raqamli iqtisodiyot.

ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ: АНАЛИЗ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ SMART GRID И DIGITAL TWIN

PhD Махмудов Джахонгир

*Ташкентский университет информационных
технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий*

Аннотация. В данной статье анализируются современные тенденции формирования цифровой экономики в энергетической отрасли, в частности возможности технологий Smart Grid и Digital Twin, а также их влияние на процессы производства, распределения, потребления и управления. Рассматриваются этапы и функциональные направления цифровой трансформации, а также проводится сравнительный анализ передовых моделей цифровой энергетики таких стран, как Германия, США, Китай и Япония. Изучается практический опыт внедрения систем SCADA, AMR и ERP в энергетической системе Узбекистана, на основе чего разрабатываются приоритетные направления и стратегические предложения по цифровизации национальной энергетики. Результаты исследования раскрывают теоретические и практические основы формирования цифровой энергетической экосистемы в условиях Узбекистана.

Ключевые слова: цифровая трансформация, energetika, Smart Grid, Digital Twin, SCADA, IoT, Big Data, AI, возобновляемые источники энергии, энергетическая безопасность, цифровая экономика.

FORMATION OF THE DIGITAL ECONOMY IN THE ENERGY SECTOR: ANALYSIS BASED ON SMART GRID AND DIGITAL TWIN TECHNOLOGIES

PhD **Mahmudov Jahongir**

*Tashkent University of Information Technologies
named after Muhammad al-Khwarizmi*

Abstract. *This article analyzes current trends in the formation of the digital economy in the energy sector, particularly the capabilities of Smart Grid and Digital Twin technologies and their impact on production, distribution, consumption, and management systems. The stages and functional directions of digital transformation are examined, and advanced digital energy models of Germany, the USA, China, and Japan are comparatively analyzed. The practical experience of implementing SCADA, AMR, and ERP systems in the energy sector of Uzbekistan is studied, based on which priority areas and strategic recommendations for the digitalization of the national energy sector are developed. The research results highlight the theoretical and practical foundations for forming a digital energy ecosystem in Uzbekistan.*

Keywords: *digital transformation, energy sector, Smart Grid, Digital Twin, SCADA, IoT, Big Data, AI, renewable energy, energy security, digital economy.*

Kirish.

Energetika sohasining raqamlashtirilishi global miqyosda iqtisodiyotning innovatsion rivojlanishiga xizmat qilayotgan asosiy yo'nalishlaridan biridir. Zamonaviy energetika tizimi nafaqat elektr energiyasini ishlab chiqarish va taqsimlashni, balki ularni nazorat qilish, prognozlash, yuklamalarni boshqarish va iste'mol bilan bog'liq jarayonlarni avtomatlashtirishni ham o'z ichiga oladi. Shuning uchun sohada raqamli texnologiyalar, xususan, Smart Grid, IoT, Big Data, Digital Twin, Machine Learning kabi yechimlar jadal joriy etilmoqda. Raqamli transformatsiya jarayoni energetika tizimining samaradorligini oshirish, texnik yo'qotishlarni kamaytirish, qayta tiklanuvchi energiya manbalarini integratsiya qilish, iste'molchilar bilan shaffof munosabatlar o'rnatish va energiya ta'minoti barqarorligini ta'minlash kabi bir qator muhim vazifalarni hal etadi. O'zbekiston energetika tizimi ham so'nggi yillarda raqamli modernizatsiya bosqichiga qadam qo'ydi. Yurtimizda SCADA, AMR, ERP kabi tizimlarning joriy etilishi va Smart Grid elementlarining tatbiq etilishi sektorning sifat jihatdan yangi bosqichga chiqishiga imkon bermoqda.

Adabiyotlar sharhi.

Jahon ilmiy adabiyotlarida raqamli energetika bo'yicha tadqiqotlar asosan quyidagi yo'nalishlarda olib borilgan: Germaniya va Yevropa Ittifoqi olimlari Smart Grid'ni "raqamli tarmoq" sifatida ko'rib, u orqali yuklamalarni avtomatik boshqarish, qayta tiklanuvchi manbalarni integratsiya qilish, tarmoqdagi favqulodda holatlarni oldindan aniqlash kabi funksiyalarni yoritgan (Lund and Connolly, n.d.) maqolasi tahlil qilingan. Shuningdek, Digital Twin texnologiyasi real obyektning raqamli modeli ekanligi, u energetik qurilmalar, podstantsiyalar, elektr stansiyalar ishini bashorat qilishda keng qo'llanilishi yoritilgan va GE, Siemens, Hitachi olimlari bu texnologiyaning avariylarini 30–40% kamaytirishi mumkinligi asoslagan. Muallif Energetikada Big Data va AI qo'llanilishini tahlil qilib, AQSh va Yaponiya tajribasida energetik yuklamalarni prognozlash, talabga mos energiya taqsimoti, iste'molchilar xatti-harakatlarini tahlil qilish bo'yicha yuzlab ilmiy ishlar mavjud ekanligini va Xitoyda "State Grid Corporation" tomonidan yaratilgan platforma bo'yicha 2020–2024 yillardagi ilmiy maqolalarda raqamli boshqaruv natijasida tarmoq yo'qotishlari 12% ga kamaygani ta'kidlangan. O'zbekiston, Qozog'iston, Turkiya va MDH davlatlari bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlarda raqamlashtirish orqali energetik tizimda shaffoflik oshgani, davlat

xarajatlari optimallashtirilgani ilmiy asoslar bilan ko'rsatilgan. Bortalevichning (2013) fikriga ko'ra, "Energetika infratuzilmasi - bu ishlab chiqarish va transport sharoitlarining normal ishlashi uchun shart-sharoitlarni yaratishga mo'ljallangan o'zaro bog'liq bo'lgan energiya ta'minoti tashkilotlari, tuzilmalari va inshootlari".

Semikolenov (1971) energetika infratuzilmasini "energetika resurslarini qazib olish, qayta ishlash, uzatish va tashish uchun zarur shart-sharoitlarni yaratadigan korxonalar va yordamchi obyektlar va majmualar majmui" sifatida taqdim etadi.

Komarov (2000) energetika infratuzilmasining ma'lum bir talqinini taklif qilib, uning tarkibiga barcha yoqilg'i sanoati va elektroenergetika sanoatini energiya resurslarini qidirish, o'zlashtirish, qayta ishlash va tashish bo'yicha faoliyatni ta'minlaydigan korxonalar va aloqalar, shuningdek, ular yordamida olingan issiqlik va elektr energiyasini ishlab chiqarish va tashishni ta'minlaydi.

Tadqiqot metodologiyasi.

Mazkur tadqiqotda energetika sohasida raqamli transformatsiya jarayonlarini o'rganishda tizimli va kompleks yondashuv asosida ilmiy metodlar qo'llanildi. Tadqiqot jarayonida mantiqiy tahlil, taqqoslash, tasniflash, umumlashtirish va deduksiya usullaridan foydalanildi. Xorijiy va mahalliy ilmiy manbalar, xalqaro tashkilotlar (IEA, Yevropa Komissiyasi, AQSh Energetika vazirligi) hisobotlari, shuningdek, energetika sohasidagi yetakchi kompaniyalar (Siemens Energy, GE, State Grid Corporation of China) tomonidan e'lon qilingan rasmiy axborotlar asosiy empirik manba sifatida jalb etildi. Smart Grid va Digital Twin texnologiyalarining amaliy qo'llanilishi bo'yicha Germaniya, AQSh, Xitoy va Yaponiya tajribasi qiyosiy tahlil asosida o'rganilib, ularning texnologik, iqtisodiy va institutsional xususiyatlari aniqlashtirildi. Tadqiqotning ikkinchi bosqichida O'zbekiston energetika tizimida joriy etilgan SCADA, AMR, ERP va raqamli boshqaruv tizimlari holati tahlil qilindi. Bunda kontent-tahlil, hujjatlarni o'rganish va statistik ma'lumotlarni tahlil qilish metodlari qo'llanildi. Olingan ma'lumotlar asosida raqamli transformatsiyaning funksional modellari ishlab chiqildi hamda raqamlashtirish, raqamlashtirilgan boshqaruv va raqamli transformatsiya bosqichlari o'rtasidagi farqlar aniqlashtirildi. Shuningdek, energetika tizimining kelgusidagi rivojlanishi bo'yicha prognoz modellarini shakllantirishda ekspert xulosalari va xalqaro amaliyotlardan foydalanildi. Mazkur metodologiya tadqiqot natijalarining ilmiy asoslanganligi, ishonchliligi va amaliy ahamiyatini ta'minlashga yo'naltirilgan.

Tahlil va natijalar muhokamasi.

Energetika sohasida raqamli transformatsiya - bu raqamli texnologiyalar, avtomatlashtirilgan tizimlar va axborot platformalari orqali ishlab chiqarish, boshqaruv va xizmat ko'rsatish jarayonlarini tubdan o'zgartirish jarayonidir. Uning maqsadi - resurslardan samarali foydalanish, energiya ta'minoti sifatini oshirish, xarajatlarni kamaytirish va ekologiyaga bo'lgan salbiy ta'sirni kamaytirishdir. Raqamli transformatsiyaning mohiyati va farqi haqidagi ma'lumotlar 1-jadvalda keltirilgan. Shunday qilib, raqamli transformatsiya - bu raqamlashtirish va raqamlashtirishdan keyingi, strategik o'zgarishlarni ifoda etadi.

1-jadval

Raqamli transformatsiya kategoriya ko'rsatkichlari

Kategoriya	Ta'rif
Raqamlashtirish (digitization)	Analog ma'lumotlarni raqamli formatga o'tkazish (masalan, qog'oz hujjatni PDFga aylantirish)
Raqamlashtirish (digitalization)	Texnologiyalar yordamida mavjud jarayonlarni raqamlashtirish (masalan, hisob-kitob tizimini onlaynga o'tkazish)
Raqamli transformatsiya	Butun biznes modelni va boshqaruvni raqamli asosda qayta shakllantirish (masalan, real-time boshqaruv, intellektual qarorlar qabul qilish)

Manba: muallif ishlanmasi.

Energetikada raqamli transformatsiya jarayonining bosqichlari

1-bosqich: Asosiy raqamli yechimlarni joriy etish.

Bu bosqichda kompaniyalar SCADA, AMR, ERP, CRM kabi IT-texnologiyalarni ayrim obyektlar yoki jarayonlarda joriy etadi. Umumiy raqamli strategiya hali shakllanmagan.

“O‘zbekiston milliy elektr tarmoqlari” AJda SCADA tizimi boshlang‘ich obyektlarda joriy etilgan (2020–2022 yillar).

2-bosqich: Integratsiyalangan raqamli infratuzilmani shakllantirish.

Turli raqamli tizimlar - hisoblash, monitoring, nazorat va taqsimot - o‘zaro bog‘lanadi. ERP, GIS, SCADA kabi platformalar ma‘lumotlar bazasi orqali markazlashtiriladi.

Ushbu bosqichdan maqsad ma‘lumotlar yagona oqimi orqali qarorlar qabul qilishni avtomatlashtirishdan iborat.

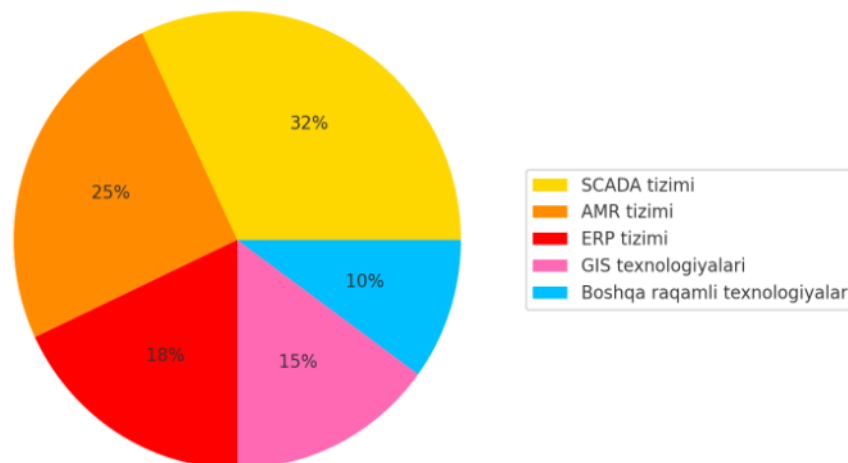
3-bosqich: Raqamli transformatsiyani strategik boshqarish.

Korxonaning strategiyasi raqamli maqsadlar bilan uyg‘unlashtiriladi. KPI va raqamli KPIlar belgilanadi. Modellash, prognozlash va real-time boshqaruv tizimlari joriy etiladi.

Ushbu bosqichda Big Data, Machine Learning, Digital Twin, Cloud-based dashboards texnologiyalar qo‘llaniladi.

4-bosqich: Innovatsion raqamli ekotizim yaratish.

Energetika kompaniyasi ekotizimga aylanib, davlat organlari, xususiy sektor, iste‘molchilar, ta‘minotchilar raqamli platformada birlashadi. Natijada shaffoflik, avtomatlashtirilgan xizmatlar, foydalanuvchiga markazlashgan xizmatlarni ko‘rsatish ta‘minlanadi.



1-rasm. Energetika sohasida raqamli tizimlarning joriy etilish tarkibi

Hozirgi kunda bunday tizimlarga misol sifatida Yevropa va Xitoyda ishlab chiqilayotgan “Virtual Power Plant (VPP)” platformalarni olish mumkin.

O‘zbekistonda energetika va raqamli iqtisodiyot integratsiyasi izchil va bosqichma-bosqich amalga oshirishda raqamli yechimlarni joriy etishdan boshlanib, integratsiyalashgan raqamli infratuzilma yaratish, strategik boshqaruv va innovatsion raqamli ekotizim shakllantirishga qadar yetib keldi. Ayniqsa, “O‘zbekiston milliy elektr tarmoqlari” AJda SCADA, AMR, ERP kabi tizimlarning joriy etilishi, ma‘lumotlarning yagona oqimi orqali qaror qabul qilishning avtomatlashtirilishi muhim qadamlar hisoblanadi. Kelgusida davlat organlari, xususiy sektor va iste‘molchilar raqamli platformalarda birlashgan innovatsion ekotizim yaratish rejalashtirilmoqda. Bu jarayon energetika tizimining samaradorligini oshirish, shaffoflikni ta‘minlash va mamlakat iqtisodiy o‘sishiga xizmat qilishi bilan ahamiyatlidir.

Energetika sohasida raqamli transformatsiya jarayoni bir nechta muhim funksional sohalarda namoyon bo‘ladi (2-jadval).

Birinchi navbatda, ishlab chiqarish yo'nalishida sensorlar va SCADA tizimlari orqali obyektlarning real vaqtda monitoring qilinishi va nazorat qilinishi samaradorlikni oshirishda muhim rol o'ynaydi. Bu orqali ishlab chiqarish jarayonidagi nosozliklar, ortiqcha sarflar va energiya yo'qotishlari vaqtida aniqlanadi va bartaraf etiladi.

Taqsimot va yetkazib berish sohasida Smart Grid va GIS texnologiyalari asosida tarmoqlarni boshqarish imkoniyati yaratiladi. Bu orqali elektr energiyasining tarmoqlar bo'ylab ravon va optimal taqsimoti ta'minlanadi, tarmoqda yuzaga keladigan yuklamalarni barqarorlashtirish imkoni paydo bo'ladi.

2-jadval

Energetikada raqamli transformatsiyaning funksional sohalari

Yo'nalish	Qisqacha mazmun
Ishlab chiqarish	Sensorlar va SCADA orqali real vaqtda monitoring va nazorat
Taqsimot va yetkazib berish	Smart Grid va GIS asosida optimal tarmoq boshqaruvi
Iste'molchi bilan aloqa	Onlayn xizmatlar, intellektual hisoblagichlar, mobil ilovalar
Ishlab chiqarishni prognozlash	AI va Big Data yordamida energetik talabni bashorat qilish
Ekologik nazorat	Emissiyalarni kuzatish va energiya tejash choralari

Manba: muallif ishlanmasi.

Iste'molchi bilan aloqa yo'nalishida intellektual hisoblagichlar, mobil ilovalar va onlayn xizmatlar joriy etilishi orqali xizmatlar shaffoflashadi, iste'molchilar elektr energiyasidan foydalanish miqdori, narxlari va to'lovlarni real vaqtda kuzatish imkoniyatiga ega bo'ladilar. Bu esa foydalanuvchilarning elektr energiyasiga nisbatan mas'uliyati va nazoratini oshiradi.

Ishlab chiqarishni prognozlash bo'yicha AI va Big Data texnologiyalari yordamida energetik talabni aniq bashorat qilish imkoniyati yaratiladi. Bu korxonalarga resurslarni to'g'ri rejalashtirish va energetik muvozanatni ta'minlashda yordam beradi.

Ekologik nazorat sohasida esa raqamli texnologiyalar orqali atmosferaga chiqarilayotgan zararli moddalar miqdori kuzatiladi va energiya tejash chora-tadbirlari ishlab chiqiladi. Bu nafaqat ekologik barqarorlikni ta'minlaydi, balki korxonalarning ijtimoiy mas'uliyatini ham oshiradi.

Umuman olganda, ushbu funksional sohalarning o'zaro bog'liqligi va integratsiyasi raqamli transformatsiya jarayonida energetika sohasining samaradorligi, shaffofligi va barqaror rivojlanishini ta'minlashda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

3-jadval

Energetika sohasida raqamli texnologiyalarning joriy etilish darajasi (model asosida, %)

Texnologiya turi	Joriy etilish darajasi (%)	Amaliy qo'llanish sohasi
SCADA tizimi	32 %	Dispetcherlik, monitoring, real vaqt nazorati
AMR tizimi	25 %	Hisob-kitob, hisoblagichlarni avtomatlashtirish
ERP tizimi	18 %	Resurslar va moliyaviy boshqaruv
GIS texnologiyasi	15 %	Tarmoq xaritalari, hududiy boshqaruv
AI, IoT, Digital Twin	10 %	Prognostik tahlil, raqamli modellashtirish

O'zbekiston energetika tizimi hududiy jihatdan uzoq masofalarga cho'zilgan, katta hajmda ishlab chiqaruvchi infratuzilmaga ega bo'lgan tizim hisoblanadi. Bunday sharoitda raqamli transformatsiya joriy etilishi nafaqat texnologik, balki ijtimoiy-iqtisodiy jihatdan ham muhim ahamiyat kasb etadi. Avvalo, raqamli yechimlar orqali texnik yo'qotishlar sezilarli darajada kamayadi va elektr energiyasining samarali taqsimoti ta'minlanadi. Shu bilan birga, qora bozor va noqonuniy ulanishlarni aniqlash va ularga qarshi kurashish imkoniyatlari kengayadi.

Raqamli texnologiyalar iste'molchilar bilan shaffof hisob-kitob tizimini shakllantirishga xizmat qilib, foydalanuvchilar va energetika kompaniyalari o'rtasida ishonchni mustahkamlaydi. Shuningdek, energetika sohasidagi operatsiyalarni raqamlashtirish orqali davlat budjeti xarajatlarini optimallashtirish va samarali yo'naltirish imkoniyati yaratiladi. Eng muhimi, raqamli infratuzilma qayta tiklanuvchi energiya manbalarining integratsiyasini yengillashtiradi va mamlakatda barqaror energetika tizimini yaratishga zamin hozirlaydi. Bularning barchasi O'zbekistonda energetika sohasining barqaror va samarali rivojlanishiga xizmat qiladi.

Energetikada raqamlashtirish modellari va tendensiyalari-xalqaro tajriba.

Global energetika bozori raqamli transformatsiyaning turli modellari va yo'nalishlarini sinab ko'rgan ilg'or tajribalarga boy. Bu modellar davlat siyosati, texnologik infratuzilma, inson kapitali va bozor sharoitiga bog'liq holda shakllangan. Ayrim mamlakatlar "aqlli tarmoqlar" (Smart Grid), boshqalari esa "energetik ekotizimlar"ga (Energy Ecosystems) asoslangan raqamli yondashuvlarni rivojlantirmoqda.

1. Yevropa Ittifoqining strategik yondashuv va Smart Grid modellari.

Yevropa mamlakatlari, xususan Germaniya, Fransiya, Niderlandiya, raqamli energetika sohasida "Smart Energy Europe" strategiyasini amalga oshirmoqda. Ushbu strategiyaning asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:

Intellectual hisoblagichlar (Smart meters) orqali energiya iste'molini real vaqt rejimida kuzatish;

Smart Grid orqali elektr ta'minotini avtomatlashtirish va yuklamani prognozlash;

Distributed Generation — markazlashmagan energiya manbalarini tarmoqqa integratsiya qilish;

Green Digitalization — raqamli transformatsiyani ekologik samaradorlik bilan uyg'unlashtirish.

Germaniyada "E-Energy" pilot loyihalarida mahalliy elektr tarmoqlari SCADA va IoT platformalari bilan birlashtirilgan. Raqamli boshqaruv markazlari (Digital control centers) elektr oqimini real-time rejimda boshqarmoqda.

Yevropa Ittifoqi mamlakatlari tomonidan qabul qilingan "Smart Energy Europe" strategiyasi raqamli energetika sohasida integratsiyalashgan va ekologik jihatdan barqaror yondashuvni namoyon etmoqda. Intellectual hisoblagichlar orqali iste'molni real vaqtda kuzatish, Smart Grid tizimlari orqali elektr ta'minotini avtomatlashtirish hamda markazlashmagan energiya manbalarini integratsiya qilish kabi choralar orqali nafaqat energetik samaradorlik, balki ekologik barqarorlik ham ta'minlanmoqda. Germaniyaning "E-Energy" loyihalarida misolida esa raqamli boshqaruv markazlari orqali elektr tarmoqlari real vaqt rejimida boshqarilayotgani raqamli transformatsiyaning amaliy samarasini yaqqol namoyon qiladi.

2. AQShda energetika sohasini raqamlashtirish.

AQShda energetika sohasi raqamlashuvda xususiy kompaniyalar faol rol o'ynaydi. EnerNOC, General Electric, Pacific Gas & Electric kabi korporatsiyalar intellektual tizimlar orqali elektr ta'minotini avtomatlashtirmoqda. Bunda energetika tizimi boshqaruvi quyidagi bosqichlarda amalga oshiriladi:

Grid Modernization Initiative (GMI) — AQSh Energetika vazirligi tomonidan amalga oshirilayotgan islohotlar kompleksi;

Demand Response Systems — sun'iy intellekt va Big Data yordamida talab asosida energiya taqsimoti;

Digital Twins — energetik uskunalarning raqamli modellarini yaratish va texnogen xatarlarni prognozlash.

Bunday innovatsion boshqaruv natijasida energetik avariylar soni 25 foizga kamaygan, ta'minotdagi uzilishlar vaqtini 40 foizga qisqartirgan.

3. Xitoyda energetika sohasini raqamlashtirish.

Xitoy raqamli energetikada "State Grid Corporation" orqali markazlashgan, yirik miqyosli platforma yaratgan:

Big Data markazlari har bir transformator va hisoblagichdan ma'lumot yig'adi;

AI algoritmlar yordamida talabni bashorat qiladi va energiya zaxiralarini boshqaradi;

Blockchain asosida qayta tiklanuvchi energiya almashinuvi va sertifikatlash tizimi;

SuperGrid va Ultra High Voltage (UHV) tarmoqlarida raqamli boshqaruv.

Bu model Xitoyga 2023-yilga kelib 12 foizga kam energiya yo'qotish va iste'molchilarga faol hisob-kitob platformalarini yaratish imkonini bergan.

4. Yaponiyada energetika sohasini raqamlashtirish.

Yaponiya "Society 5.0" konsepsiyasi asosida raqamli energetika modelini qurmoqda:

TEPCO kompaniyasi elektr tarmoqlarida intellektual hisoblagichlar, amalda real vaqt rejimida ishlovchi billing tizimini joriy etgan;

Smart Energy Communities — mahalliy aholi va biznes uchun integratsiyalangan energiya menejmenti;

Seysmik xavfli hududlarda raqamli himoya tizimlari – sun'iy intellekt orqali xavfni oldindan aniqlash.

Yaponiyaning bu tajribasi raqamli energetika modelini nafaqat iqtisodiy samaradorlik, balki xavfsizlik va jamiyat manfaatlari bilan uyg'unlashtirishda ham muhim ahamiyat kasb etayotganini ko'rsatadi.

Quyida Germaniya, AQSh, Xitoy va Yaponiyaning energetika sohasidagi raqamli transformatsiya modellari bo'yicha solishtirma jadvali keltirilgan (4-jadval).

4-jadval

Rivojlangan davlatlarning energetika sohasidagi raqamli transformatsiya modellari bo'yicha solishtirma tahlili

Mamlakat	Asosiy texnologiyalar	Model turi	Afzalliklari
Germaniya	Smart Grid, IoT	Tarmoq asosidagi raqamlashtirish	Barqarorlik, "yashil energetika"
AQSh	Big Data, AI, CRM	Xususiyl sektor yetakchiligidagi transformatsiya	Talabga mos energiya taqsimoti
Xitoy	Big Data, Blockchain	Markazlashgan platforma	Qamrov kengligi, yuklamani bashorat qilish
Yaponiya	AI, Digital Communities	Jamoaviy raqamlashtirish	Iste'molchi-markazlashgan xavfsizlik

Manba: muallif ishlanmasi.

Yuqoridagi jadval ma'lumotlarini tahlil qiladigan bo'lsak, Germaniya modelining afzalligi energiya ta'minotida avtomatlashtirish va ekologik samaradorligi, AQSh modelida

energiya xavfsizligi, samaradorlik va xatarlarni prognozlash imkoniyatining mavjudligi, Xitoy modelida milliy energetik xavfsizlik

va sanoatni raqamlashtirish hamda Yaponiya modelida mahalliy energiya menejmentining yuqori darajada tashkil etilishini ko'rish mumkin.

O'zbekiston uchun energetika sohasida raqamli transformatsiyani tashkil etish.

Dunyo tajribasi tahlili va O'zbekistonda amalga oshirilayotgan islohotlar natijalari energetika sohasida raqamli transformatsiyani yanada samarali tashkil etish uchun bir qator ustuvor yo'nalishlarni belgilaydi. Mazkur tavsiyalar sohada raqamli iqtisodiyotni shakllantirishda muhim poydevor vazifasini o'taydi:

1. Kompleks integratsiyalashgan yondashuv — SCADA, ERP, GIS, CRM kabi raqamli tizimlarni o'zaro bog'liq holda yagona ma'lumotlar bazasida birlashtirish orqali boshqaruvning shaffofligi va tezkorligini ta'minlash. Bu yechim ma'lumotlarni avtomatik qayta ishlash va strategik qarorlar qabul qilish imkonini yaratadi;

2. Iste'molchi-markazlashgan xizmatlar — mobil ilovalar, veb-platformalar va interaktiv interfeyslar orqali iste'molchilar bilan to'g'ridan-to'g'ri va real vaqtda aloqa qilishni kuchaytirish. Bu orqali shaffof hisob-kitob tizimlari yo'lga qo'yiladi va xizmat sifati oshadi;

3. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini raqamli integratsiya qilish — energiya manbalarining raqamli monitoringini tashkil etish orqali qayta tiklanuvchi manbalarni milliy energetika tizimiga samarali va izchil integratsiya qilish;

4. Ma'lumotlarga asoslangan boshqaruv (Data-driven Management) — Big Data platformalarini shakllantirish, avtomatlashtirilgan KPI va raqamli KPI tizimlari orqali ishlab chiqarish, ta'minot va iste'mol jarayonlarini tahlil qilish hamda samaradorligini oshirish;

5. Sun'iy intellekt va prognostik tahlillar — AI, Machine Learning va prognozlash usullari orqali energetika sohasida ehtiyojlarni oldindan aniqlash, yuklamalarni optimal taqsimlash, xavf-xatarlarni kamaytirish va ta'minot barqarorligini ta'minlash.

Ushbu tavsiyalarni izchil va strategik asosda amalga oshirish O'zbekistonda energetika sohasining raqamli transformatsiyasini xalqaro andozalarga mos ravishda rivojlantirish, investitsion jozibadorlikni oshirish hamda energetika xizmatlarining barqarorligi va shaffofligini ta'minlashga xizmat qiladi. Aynan shu yo'nalishdagi harakatlar mamlakatning iqtisodiy o'sishi, "yashil energetika" sektori rivoji va aholi uchun energetik xavfsizlikni ta'minlashda muhim omil bo'ladi.

O'zbekistonda raqamli transformatsiya jarayoni SCADA, AMR, ERP kabi tizimlarning tatbiqi, ayniqsa, magistral tarmoqlarda real vaqt rejimida monitoring, markazlashtirilgan dispatcherlik va avtomatlashtirilgan hisob-kitob tizimlari sohaning sifat darajasini ko'tarishda muhim omil bo'ladi.

Bundan tashqari, raqamli texnologiyalar iste'molchilar bilan munosabatlarda shaffoflikni oshirish, qayta tiklanuvchi energiya manbalarini integratsiya qilish, davlat budjeti xarajatlarini optimallashtirish va umumiy boshqaruv tizimini raqamli KPilar asosida samarali tashkil etish imkonini bermoqda.

Energetika sohasida raqamli transformatsiya bu alohida yechimlarni joriy etishdan tortib, milliy raqamli energetika ekotizimini yaratishgacha bo'lgan tub strategik jarayondir. O'zbekistonda amalga oshirilayotgan chora-tadbirlar va xalqaro tajribalarning qiyosiy tahlili shuni ko'rsatadiki, raqamli transformatsiya nafaqat iqtisodiy samaradorlikni, balki energetik xavfsizlikni, shaffoflikni va ekologik barqarorlikni ta'minlashda hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. Raqamli infratuzilmani yanada chuqurroq integratsiya qilish, inson kapitali salohiyatini kuchaytirish va normativ-huquqiy asoslarni takomillashtirish sohadagi kelgusi rivojning strategik tamal toshlari hisoblanadi.

Xulosa va takliflar.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, raqamli transformatsiya energetika sohasida samaradorlikni oshirish, texnik yo'qotishlarni kamaytirish, qayta tiklanuvchi energiya manbalarini integratsiya qilish, iste'molchi bilan shaffof munosabatlarni shakllantirish va energetik xavfsizlikni mustahkamlashda hal qiluvchi omil hisoblanadi.

Smart Grid va Digital Twin kabi texnologiyalar energetika tizimini yangi bosqichga olib chiqadi. Germaniya, AQSh, Xitoy va Yaponiya tajribasi shuni tasdiqlaydiki, raqamli energetika modeli mamlakatning iqtisodiy o'sishida hal qiluvchi ahamiyatga ega.

O'zbekiston energetika tizimida raqamli infratuzilmani rivojlantirish, ma'lumotlarga asoslangan boshqaruvni kuchaytirish, AI texnologiyalarini keng joriy etish milliy energetika ekotizimini 2030-yilgacha sifat jihatdan yangi darajaga ko'taradi.

Adabiyotlar/Jumepamypa/References:

Bortalevich, S.I. (2013) Upravlenie jenergeticheskoy bezopasnost'ju razvitija regiona s vysokoj stoimost'ju jenergoresursov. Doctoral dissertation (Doctor of Economic Sciences). Krasnojarsk, 368 p.

Elsevier Journal (2023) Big Data in Energy Systems.

European Commission (2020) Smart Energy Europe Framework.

GE Digital (2023) Digital Twin Technology Report.

International Energy Agency (IEA) (2022) Digitalization & Energy Report.

Komarov, M.P. (2000) Infrastruktura regionov mira. Uchebnik. Saint Petersburg: Izd-vo Mihajlova V.A., 347 p.

Lund, H. and Connolly, D. (n.d.) Smart Energy Systems and the Energy Transition.

Semenkova, T.G. (1971) 'Infrastruktura i sfera uslug', Mirovaja jekonomika i mezhdunarodnye otnoshenija, 3, pp. 116–117.

Siemens Energy (2021) Digital Grid Study.

State Grid Corporation of China (2023) Annual Digital Report.

Tokyo Electric Power Company (TEPCO) (2022) Smart Energy Communities Report.

US Department of Energy (n.d.) Grid Modernization Initiative.