(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

UO‘K: 620.9:004.89

10.70769/3030-3214.SRT.4.3-1.2026.19

© 2026 Authors. Licensed under CC BY 4.0
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

INTEGRATSIYALASHGAN ENERGETIKA MODELLARI UCHUN MA’LUMOTLARNI TEKSHIRISH VA UYG‘UNLASHTIRISH: NASA POWER VA ERA5 MA’LUMOTLARI MISOLIDA



Abduraximov Shohzod Abduaxad o‘g‘li
O‘qituvchi, Qarshi davlat universiteti, Qarshi, O‘zbekiston
E-mail: shaxzodbek@internet.ru
ORCID ID: 0009-0003-2444-5995
Science ID: MQD-0725-0004

Annotatsiya. *Maqolada qayta tiklanuvchi energetika tizimlarini uzoq muddatli modellashtirishda turli manbalardan olinadigan meteorologik ma’lumotlarni tekshirish, standartlashtirish va o‘zaro uyg‘unlashtirish masalalari tadqiq etilgan. Ma’lumotlarni dastlabki sifat nazoratidan o‘tkazish, o‘lchov birliklarini standartlashtirish, vaqt bo‘yicha sinxronlashtirish, fazoviy moslashtirish hamda RMSE, MAE va Bias ko‘rsatkichlari asosida statistik baholashni o‘z ichiga oluvchi metodologik ketma-ketlik taklif qilingan. Tadqiqotda 2026-yil avgust oyida Toshkent, Samarqand, Buxoro, Qarshi va Navoiy shaharlari bo‘yicha NASA POWER va ERA5 ma’lumotlarining quyosh radiatsiyasi, havo harorati va shamol tezligi ko‘rsatkichlari taqqoslangan. Quyosh radiatsiyasi bo‘yicha nisbiy o‘rtacha mutlaq farq 2,79–3,82% oralig‘ida bo‘lib, ikki manba o‘rtasida nisbatan yuqori moslik aniqlangan. Harorat bo‘yicha RMSE 1,03–3,06 °C, shamol tezligi bo‘yicha esa 0,84–1,91 m/s oralig‘ida qayd etilgan. Natijalar turli meteorologik parametrlarni yagona aniqlik darajasida qabul qilish mumkin emasligini va integratsiyalashgan energetika modellariga kiritishdan oldin har bir parametrni alohida tekshirish zarurligini ko‘rsatadi. Taklif etilgan yondashuv keyinchalik milliy kuzatuv ma’lumotlarini xalqaro ma’lumotlar bilan uyg‘unlashtirish va yagona ishonchli ma’lumotlar to‘plamini shakllantirish uchun metodologik asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.*

Kalit so‘zlar: *integratsiyalashgan energetika modeli, qayta tiklanuvchi energetika, NASA POWER, ERA5, ma’lumotlarni tekshirish, ma’lumotlarni uyg‘unlashtirish, quyosh radiatsiyasi, havo harorati, shamol tezligi, RMSE, MAE, Bias, fazoviy-vaqtinchalik ma’lumotlar.*

Received: 29.09.2026 | Accepted: 08.10.2026 | Issue publication: 10.10.2026

ВАЛИДАЦИЯ И ГАРМОНИЗАЦИЯ ДАННЫХ ДЛЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ: НА ПРИМЕРЕ ДАННЫХ NASA POWER И ERA5

Абдурахимов Шохзод Абдуахад угли
Преподаватель, Каршинский государственный университет, Карши, Узбекистан

Аннотация. *В статье исследованы вопросы проверки, стандартизации и гармонизации метеорологических данных из различных источников, используемых при долгосрочном моделировании систем возобновляемой энергетики. Предложена методологическая последовательность, включающая первичный контроль качества данных, стандартизацию единиц измерения, временную синхронизацию, пространственное согласование и статистическую оценку с использованием показателей RMSE, MAE и Bias. На примере данных NASA POWER и ERA5 за август 2026 года проведено сопоставление солнечной радиации, температуры воздуха и скорости ветра для Ташкента, Самарканда, Бухары, Карши и Навои. Относительное среднее абсолютное расхождение по солнечной радиации составило 2,79–3,82%, что свидетельствует о сравнительно высокой согласованности двух источников. Значения RMSE для температуры воздуха находились в пределах 1,03–3,06 °C, а для скорости ветра — 0,84–1,91 м/с. Полученные результаты показывают, что степень согласованности источников зависит от конкретного метеорологического параметра, поэтому перед использованием данных в интегрированных энергетических моделях необходима их отдельная проверка и статистическая оценка. Предложенный подход может служить методологической основой для последующего сопоставления и гармонизации международных данных с национальными наблюдениями.*

Ключевые слова: *интегрированные энергетические модели, возобновляемая энергетика, NASA POWER, ERA5, валидация данных, гармонизация данных, солнечная радиация, температура воздуха, скорость ветра, RMSE, MAE, Bias, пространственно-временные данные.*

DATA VALIDATION AND HARMONIZATION FOR INTEGRATED ENERGY MODELS: A CASE STUDY USING NASA POWER AND ERA5 DATA

Abduraximov Shohzod Abduaxad ugli
Lecturer, Karshi State University, Karshi, Uzbekistan

Abstract. *The article investigates the validation, standardization, and harmonization of meteorological data from different sources for long-term modeling of renewable energy systems. A methodological workflow is proposed that includes preliminary quality control, unit standardization, temporal synchronization, spatial matching, and statistical assessment using RMSE, MAE, and Bias. NASA POWER and ERA5 data for August 2026 were compared for Tashkent, Samarkand, Bukhara, Karshi, and Navoi using three key parameters: solar radiation, air temperature, and wind speed. The relative mean absolute difference for solar radiation ranged from 2.79% to 3.82%, indicating relatively close agreement between the two data sources. RMSE values ranged from 1.03 to 3.06 °C for air temperature and from 0.84 to 1.91 m/s for wind speed. The results demonstrate that agreement between data sources varies considerably by meteorological parameter and that each parameter should therefore be validated separately before being incorporated into integrated energy models. The proposed approach provides a methodological basis for the subsequent comparison and harmonization of international datasets with national observations and for the development of a consistent input dataset for renewable energy modeling.*

Keywords: *integrated energy models, renewable energy, NASA POWER, ERA5, data validation, data harmonization, solar radiation, air temperature, wind speed, RMSE, MAE, Bias, spatio-temporal data.*

Kirish. Energetika tizimlarini karbonsizlashtirish va raqamlashtirish jarayonlarining jadallashuvi qayta tiklanuvchi energiya manbalarini uzoq muddatli rejalashtirish va energetika tizimlarini rivojlantirish modellariga samarali integratsiya qilishni talab etmoqda. Bunday sharoitda energetika tizimining kelajakdagi holatini baholash, ishlab chiqarish quvvatlariga bo‘lgan ehtiyojni aniqlash va turli rivojlanish ssenariylarini shakllantirishda integratsiyalashgan energetika modellaridan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi. TIMES, LEAP kabi uzoq muddatli energetika

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

rejalashtirish modellari hamda ma’lumotlarga asoslangan zamonaviy hisoblash yondashuvlarining ishonchliligi, avvalo, ularning kirish ma’lumotlarining sifati va izchilligiga bog‘liq.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalari, xususan, quyosh energetikasini modellashtirishda meteorologik va energetik ma’lumotlarning aniqligi alohida ahamiyatga ega. Quyosh radiatsiyasi, harorat, shamol tezligi, ishlab chiqarish quvvati va boshqa ko‘rsatkichlar turli manbalardan olinishi mumkin. Biroq ushbu ma’lumotlar manbalari o‘rtasida o‘lchov birliklari, vaqt oralig‘i, fazoviy rezolyutsiya va kuzatuv sharoitlari bo‘yicha farqlar mavjud. Natijada bir xil hudud yoki vaqt oralig‘i uchun olingan qiymatlar o‘zaro mos kelmasligi mumkin.

Mazkur muammo rivojlanayotgan mamlakatlar, jumladan, O‘zbekiston energetika tizimi uchun ham dolzarbdir. Milliy energetika va meteorologik kuzatuvlar ko‘pincha muayyan stansiyalar yoki hududlar bilan chegaralangan bo‘lsa, xalqaro ochiq ma’lumotlar bazalari kengroq hududlarni qamrab oluvchi panjarali yoki qayta tahlil qilingan ma’lumotlarni taqdim etadi. Tadqiqotda ko‘rib chiqilayotgan milliy ma’lumotlar bilan IRENA, IEA va Copernicus ERA5 kabi xalqaro ma’lumotlar manbalari o‘rtasidagi farqlar ayniqsa fazoviy va vaqtinchalik o‘lchamlarda namoyon bo‘lishi mumkin.

Ma’lumotlarni bevosita birlashtirish esa energetika modellarining kirish parametrlarida qo‘shimcha noaniqliklarni yuzaga keltirishi mumkin. Masalan, xalqaro ma’lumotlarning keng fazoviy panjarada shakllantirilishi mahalliy hududlardagi mikroiqlim xususiyatlarini to‘liq aks ettirmasligi mumkin. Shu bilan birga, mahalliy kuzatuvlar qatoridagi vaqtinchalik uzilishlar yoki yetishmayotgan qiymatlar uzoq muddatli vaqt qatorlarini shakllantirishni qiyinlashtiradi. Shuning uchun turli manbalardan olingan ma’lumotlarni yagona ma’lumotlar to‘plamiga kiritishdan oldin ularni tekshirish, vaqt va fazoviy jihatdan moslashtirish hamda yagona standartga keltirish zarur.

Mavjud yondashuvlarda qayta tiklanuvchi energetika resurslarini baholashda meteorologik ma’lumotlar, sun’iy yo‘ldosh kuzatuvlari va qayta tahlil ma’lumotlaridan foydalanish keng tarqalgan. Biroq mahalliy stansiyalardan olingan real kuzatuvlar bilan xalqaro panjarali ma’lumotlar o‘rtasidagi nomuvofiqliklarni bir nechta ketma-ket bosqichlarda tekshirish va uyg‘unlashtirish masalasi, ayniqsa O‘zbekiston sharoitida, qo‘shimcha metodologik yondashuvni talab etadi. Shu jihatdan, turli manbalardagi ma’lumotlarni yagona algoritmik jarayon asosida tekshirish va moslashtirish energetika modellarining ishonchli kirish parametrlarini shakllantirishning muhim sharti hisoblanadi.

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi qayta tiklanuvchi energetika tizimlarini uzoq muddatli modellashtirishda foydalaniladigan milliy va xalqaro ma’lumotlar o‘rtasidagi nomuvofiqliklarni aniqlash, ularni miqdoriy jihatdan baholash hamda integratsiyalashgan energetika modellarida foydalanish uchun ma’lumotlarni tekshirish va uyg‘unlashtirish metodologiyasini taklif etishdan iborat.

Belgilangan maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

1. O‘zbekiston hududlaridagi qayta tiklanuvchi energetika obyektlari va meteorologik kuzatuvlarga oid milliy ma’lumotlar bilan xalqaro ochiq ma’lumotlar manbalarining asosiy xususiyatlarini taqqoslash;
2. turli ma’lumot manbalari o‘rtasidagi o‘lchov birliklari, vaqt rezolyutsiyasi, fazoviy joylashuv va ma’lumotlarning to‘liqligi bilan bog‘liq nomuvofiqliklarni aniqlash;
3. ma’lumotlarni dastlabki tekshirish, vaqt bo‘yicha sinxronlashtirish va fazoviy moslashtirishning ketma-ket bosqichlarini ishlab chiqish;
4. uyg‘unlashtirilgan ma’lumotlar to‘plamining sifatini xatolik ko‘rsatkichlari asosida baholash va uning uzoq muddatli energetika modellarining kirish parametrlarini shakllantirishdagi amaliy ahamiyatini aniqlash.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi turli manbalardan olingan milliy va xalqaro energetika ma’lumotlarini alohida qo‘llash o‘rniga, ularni ketma-ket tekshirish, vaqt bo‘yicha sinxronlashtirish va fazoviy moslashtirish orqali yagona integratsiyalashgan ma’lumotlar to‘plamiga keltirishga asoslangan metodologik yondashuvni shakllantirish bilan belgilanadi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati shundan iboratki, taklif etilayotgan yondashuv mahalliy

kuzatuv ma’lumotlaridagi yetishmayotgan yoki uzilib qolgan qiymatlarni xalqaro ma’lumotlar bilan solishtirish va to‘ldirish, turli rezolyutsiyadagi ma’lumotlarni yagona formatga keltirish hamda qayta tiklanuvchi energetika tizimlarini uzoq muddatli rejalashtirishda foydalanish mumkin bo‘lgan izchil ma’lumotlar to‘plamini shakllantirish imkonini beradi.

Shunday qilib, tadqiqotning asosiy e’tibori ma’lumotlarni oddiy birlashtirishga emas, balki ularni integratsiyalashgan energetika modellarida foydalanishdan oldin sifat jihatidan tekshirish va o‘zaro uyg‘unlashtirishga qaratilgan.

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Qayta tiklanuvchi energetika tizimlarini uzoq muddatli rejalashtirishda ma’lumotlarning ishonchliligi va o‘zaro mosligi model natijalarining aniqligini belgilovchi muhim omillardan biridir. Quyosh energetikasi resurslarini baholashda yer usti meteorologik kuzatuvlari, sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari va qayta tahlil (reanalysis) ma’lumotlaridan foydalanish keng tarqalgan. Biroq turli manbalardan olingan ma’lumotlar bir xil hudud va vaqt oralig‘ini ifodalagan taqdirda ham, ularning fazoviy va vaqt rezolyutsiyasi, o‘lchash sharoitlari hamda hisoblash usullari farq qilishi mumkin.

Urraca va boshqalar [1] ERA5 va COSMO-REA6 qayta tahlil ma’lumotlaridagi global gorizontal quyosh nurlanishi qiymatlarini yer usti va sun’iy yo‘ldosh kuzatuvlari bilan taqqoslagan. Ushbu tadqiqot qayta tahlil ma’lumotlarini amaliy energetika tadqiqotlarida qo‘llashdan oldin ularni mustaqil kuzatuvlar bilan baholash zarurligini ko‘rsatadi. Pfenninger va Staffell [3] uzoq muddatli fotovoltaik ishlab chiqarish qatorlarini shakllantirishda tekshirilgan soatlik qayta tahlil va sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlaridan foydalanish imkoniyatlarini ko‘rsatgan. Mazkur ishlar turli ma’lumot manbalarini birgalikda qo‘llash imkoniyatini tasdiqlasa-da, ularni muayyan hudud sharoitiga moslashtirish masalasi alohida metodologik yondashuvni talab qiladi.

Integratsiyalashgan energetika modellarida ma’lumotlarni standartlashtirish va yagona tizimga keltirish masalasi ham muhim hisoblanadi. Howells va boshqalar [4] tomonidan taklif etilgan OSeMOSYS ochiq kodli energetika modellashtirish tizimi turli texnologiyalar va energetika resurslarini yagona model doirasida ifodalash imkonini beradi. Bunday modellar uchun kirish ma’lumotlarining birliklari, vaqt qadamlarining mosligi va hududiy ko‘rsatkichlarning izchilligi muhim shartlardan biridir.

Shu bilan birga, mavjud tadqiqotlarning katta qismi alohida ma’lumot manbasining aniqligini baholash yoki qayta tahlil ma’lumotlarini kuzatuvlar bilan taqqoslashga qaratilgan. Turli manbalardan olingan ma’lumotlarni bir vaqtning o‘zida sifat nazorati, vaqt bo‘yicha sinxronlashtirish, fazoviy moslashtirish va yakuniy statistik baholash bosqichlaridan o‘tkazib, integratsiyalashgan energetika modeli uchun yagona ma’lumotlar to‘plamiga aylantirish masalasi esa mazkur tadqiqotning asosiy yo‘nalishini tashkil etadi.

Tadqiqot ma’lumotlari. Tadqiqotda qayta tiklanuvchi energetika, xususan, quyosh energetikasi obyektlariga tegishli milliy ma’lumotlar hamda xalqaro ochiq ma’lumotlardan foydalanish konsepsiyasi qabul qilindi. Milliy ma’lumotlar mahalliy kuzatuvlar va energetika obyektlarining ishlab chiqarish ko‘rsatkichlarini, xalqaro ma’lumotlar esa keng hududni qamrab oluvchi meteorologik va qayta tahlil ma’lumotlarini ifodalaydi.

Taqqoslashda quyosh radiatsiyasi, ishlab chiqarish quvvati, vaqt ko‘rsatkichi va hududiy koordinatalar asosiy parametrlar sifatida qabul qilindi. Ma’lumotlarning o‘zaro mosligini baholashda ularning o‘lchov birligi, vaqt rezolyutsiyasi, fazoviy rezolyutsiyasi va kuzatuv davri alohida tekshirildi.

Tadqiqotning hududiy qismi beshta turli iqlimiy sharoitga ega hududdagi quyosh energetikasi klasterlari misolida shakllantirildi. Hududlar bo‘yicha ma’lumotlarni bir xil metodologiya asosida qayta ishlash turli geografik sharoitlarda taklif etilayotgan yondashuvni taqqoslash imkonini beradi.

Ma’lumotlarni dastlabki tekshirish. Ma’lumotlarni integratsiyalashdan oldin dastlabki sifat nazorati amalga oshirildi. Ushbu bosqichda yetishmayotgan qiymatlar, takroriy kuzatuvlar, fizik jihatdan mumkin bo‘lmagan qiymatlar va vaqt qatoridagi uzilishlar aniqlanadi.

Har bir kuzatuv uchun ma’lumot manbasi, vaqt tamg‘asi, geografik koordinata, o‘lchov birligi va qiymatning mavjudligi tekshirildi. Anomaliyalar

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

aniqlanganda ularning manbasi alohida ko‘rib chiqildi va texnik xatolik bilan tabiiy o‘zgarish o‘rtasidagi farq saqlandi. Bu yondashuv real ekstremal qiymatlarni noto‘g‘ri ravishda ma’lumot xatosi sifatida chiqarib tashlashning oldini oladi.

O‘lchov birliklarini standartlashtirish. Turli manbalarda bir xil fizik kattalik turli birliklarda berilishi mumkinligi sababli barcha ma’lumotlar yagona o‘lchov tizimiga keltirildi. Standart-lashtirishdan keyin faqat mazmunan bir xil fizik kattaliklar o‘zaro taqqoslandi.

Ishlab chiqarish ma’lumotlari uchun quvvat va energiya tushunchalari alohida ajratildi. Quvvat vaqtning muayyan nuqtasidagi yoki intervaldagi ishlab chiqarish imkoniyatini, energiya esa ma’lum vaqt davomida ishlab chiqarilgan miqdorni ifodalashi hisobga olindi. Shu sababli birliklarni almashtirish vaqt intervali bilan birgalikda amalga oshirildi.

Vaqt bo‘yicha sinxronlashtirish. Milliy va xalqaro ma’lumotlar turli vaqt rezolyutsiyasida taqdim etilishi mumkin. Shu sababli vaqt qatorlari yagona vaqt shkalasiga keltirildi. Bunda kuzatuv-larning boshlanish va tugash vaqti, vaqt oralig‘i hamda vaqt tamg‘alarining mosligi tekshirildi.

Agar bir manbada soatlik, ikkinchisida esa kunlik yoki oylik ma’lumot mavjud bo‘lsa, yuqori chastotali ma’lumotni tegishli agregatsiya qoidalari asosida moslashtirish amalga oshirildi. Bunda fizik mazmunga qarab o‘rtacha, yig‘indi yoki boshqa mos statistik operator tanlanadi. Ma’lumotlarni vaqt bo‘yicha moslashtirishdan asosiy maqsad turli manbalardagi bir xil vaqt oralig‘iga tegishli qiymat-larni bevosita taqqoslash imkonini yaratishdan iborat.

Fazoviy moslashtirish. Milliy meteorologik kuzatuvlar odatda muayyan geografik nuqtadagi stansiya ma’lumotlarini ifodalasa, xalqaro qayta tahlil ma’lumotlari fazoviy panjara ko‘rinishida beriladi. Shu sababli ikkala manbaning geografik joylashuvi bir xil koordinata tizimida ifodalandi va xalqaro ma’lumotlar mahalliy kuzatuv nuqtalariga moslashtirildi.

Fazoviy moslashtirishning asosiy vazifasi keng hudud uchun hisoblangan xalqaro qiymatlarni mahalliy kuzatuv sharoitiga imkon qadar yaqin-lashtirishdan iborat. Bunda interpolatsiya yoki eng yaqin panjara nuqtasini tanlash kabi usullardan ma’lumotlarning fazoviy tuzilishiga mos ravishda foydalanish mumkin.

Milliy va xalqaro ma’lumotlarni o‘zaro tekshirish. Moslashtirilgan ma’lumotlar juftligi asosida milliy va xalqaro manbalar o‘rtasidagi tafovut miqdoriy baholandi. Nisbiy tafovut quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$D_i = \frac{|X_{N,i} - X_{I,i}|}{|X_{I,i}|} \times 100\% \quad (1)$$

bu yerda $(X_{N,i})$ — milliy ma’lumotning (i)-kuzatuvdagi qiymati, $(X_{I,i})$ — xalqaro ma’lumotning mos qiymati, (D_i) esa ular o‘rtasidagi nisbiy tafovutni ifodalaydi.

Ushbu ko‘rsatkich hududlar va vaqt oralig‘i bo‘yicha ma’lumotlar nomuvofiqligining dastlabki darajasini aniqlash uchun ishlatildi.

Ma’lumotlar sifatini statistik baholash. Uyg‘unlashtirish jarayonining samaradorligini baholash uchun xatolik ko‘rsatkichlaridan foydalanildi. Asosiy ko‘rsatkichlardan biri o‘rtacha kvadratik xatolik bo‘lib, u quyidagicha aniqlanadi:

$$RMSE = \sqrt{(1/n)\Sigma_{\text{i}}^{=1\text{n}}(X_{\text{i}} - \hat{X_{\text{i}}})^2} \quad (2)$$

Bu yerda (X_i) — kuzatilgan yoki tayanch qiymat, $(\widehat{X_i})$ — taqqoslanayotgan qiymat, (n) — kuzatuvlar soni.

Mazkur ko‘rsatkichlar uyg‘unlashtirishdan oldingi va keyingi ma’lumotlar holatini taqqoslash imkonini beradi. RMSE va MAE qiymatlarining kamayishi ma’lumotlar o‘rtasidagi umumiy tafovutning qisqarganligini, Bias qiymatining nolga yaqinlashishi esa sistematik og‘ishning kamayganligini ko‘rsatadi.

Uyg‘unlashtirishning yakuniy bosqichi. Yuqoridagi bosqichlardan o‘tgan ma’lumotlar yagona integratsiyalashgan ma’lumotlar to‘plamiga birlashtirildi. Bunda milliy kuzatuvlar asosiy mahalliy tayanch sifatida, xalqaro ma’lumotlar esa hududiy qamrovni kengaytirish va vaqt qatorlaridagi uzilishlarni aniqlash hamda tiklash uchun qo‘shimcha axborot manbai sifatida qaraldi.

Shunday qilib, taklif etilayotgan metodo-logiya quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi:

ma’lumotlarni yig‘ish → dastlabki sifat nazorati → o‘lchov birliklarini standartlashtirish → vaqt bo‘yicha sinxronlashtirish → fazoviy moslashtirish → o‘zaro tekshirish → statistik baholash → uyg‘unlashtirilgan ma’lumotlar to‘plamini shakllantirish.

Mazkur ketma-ketlikning asosiy afzalligi

shundan iboratki, turli manbalardan olingan ma’lumotlar bevosita aralashtirilmaydi, balki har bir integratsiya bosqichida ularning mosligi alohida tekshiriladi. Natijada uzoq muddatli energetika modellariga uzatiladigan kirish parametrlarining izchilligini oshirish uchun metodologik asos yaratiladi.

1-jadval

Milliy va xalqaro energetika ma'lumotlari xususiyatlari hamda ularni uyg'unlashtirishdagi asosiy vazifalar

Ma’lumot turi	Milliy ma’lumotlar	Xalqaro ma’lumotlar	Asosiy nomuvofiqlik	Uyg‘unlashtirish usuli
Quyosh radiatsiyasi	Mahalliy meteorologik stansiyalarning nuqtaviy kuzatuvlari	ERA5 kabi panjarali qayta tahlil ma’lumotlari	Fazoviy rezolyutsiya farqi	Fazoviy moslashtirish va interpolatsiya
Quyosh radiatsiyasi vaqti qatori	Mahalliy stansiyalarning soatlik yoki kunlik kuzatuvlari	Soatlik yoki boshqa vaqt qadamidagi qayta tahlil ma’lumotlari	Vaqt rezolyutsiyasi farqi	Vaqt bo‘yicha sinxronlashtirish
Elektr energiyasi ishlab chiqarishi	Energetika obyektlarining mahalliy ishlab chiqarish ko‘rsatkichlari	Xalqaro statistik yoki modellashtirilgan ma’lumotlar	O‘lchov birligi va agregatsiya darajasi	Birliklarni standartlashtirish va vaqt bo‘yicha agregatsiya
Hududiy iqlim ko‘rsatkichlari	Mahalliy stansiyalardagi harorat, shamol va boshqa kuzatuvlar	Keng hududni qamrab oluvchi qayta tahlil ma’lumotlari	Hududiy masshtab farqi	Fazoviy moslashtirish va masshtablash
Vaqt qatorlarining to‘liqligi	Mahalliy kuzatuvlarda vaqtinchalik uzilishlar bo‘lishi mumkin	Uzoq muddatli uzluksiz qayta tahlil qatorlari	Yetishmayotgan qiymatlar	Xalqaro ma’lumotlar bilan o‘zaro tekshirish va tiklash
Ma’lumot sifati	Real kuzatuvlarga asoslangan	Qayta tahlil yoki hisoblangan qiymatlar	O‘lchash va hisoblash xatolari	Statistik taqqoslash va sifat nazorati

Turli hududlarda joylashgan meteorologik stansiyalar ma’lumotlarini yagona integrat-siyalashgan modelga kiritishdan oldin ularning sifati dastlabki nazoratdan o‘tkazildi. Bunda anomal va nomuvofiq qiymatlar aniqlanib, keyingi bosqichda xalqaro panjarali ma’lumotlar mahalliy stansiyalarning geografik koordinatalariga moslashtirildi. Shu tariqa turli manbalardan olingan ma’lumotlarni yagona fazoviy-vaqtinchalik formatda taqqoslash imkoniyati yaratildi.

Natijalar. Tadqiqotning mazkur bosqichida O‘zbekistonning Toshkent, Samarqand, Buxoro, Qarshi va Navoiy shaharlari bo‘yicha 2026-yil avgust oyiga tegishli NASA POWER va ERA5 kunlik ma’lumotlari o‘zaro taqqoslandi. Tahlil uchun uchta asosiy meteorologik ko‘rsatkich — quyosh radiatsiyasi, 2 m balandlikdagi havo harorati va 10 m balandlikdagi shamol tezligi tanlandi. Har bir hudud bo‘yicha 31 kunlik ma’lumotlar shakllantirilib, jami 155 ta moslashtirilgan kunlik kuzatuv juftligi tahlil qilindi.

Ma’lumotlarni taqqoslashdan oldin ularning sana va hudud bo‘yicha mosligi ta’minlandi. Quyosh radiatsiyasi ko‘rsatkichlari yagona o‘lchov birligiga keltirildi. Xususan, NASA POWER ma’lumotlari ERA5 ma’lumotlari bilan bir xil formatga o‘tkazilib, MJ/m²/kun ko‘rinishida ifodalandi. Shundan so‘ng ikki ma’lumot manbasi o‘rtasidagi tafovutlar RMSE, MAE va Bias statistik ko‘rsatkichlari yordamida baholandi.

Quyosh radiatsiyasi ma’lumotlarini taqqoslash. Tahlil natijalari NASA POWER va ERA5 ma’lumotlari bo‘yicha kunlik quyosh radiatsiyasi qiymatlari barcha besh hududda bir-biriga nisbatan yaqin ekanligini ko‘rsatdi. NASA POWER bo‘yicha o‘rtacha qiymatlar 24,26–25,23 MJ/m²/kun, ERA5 bo‘yicha esa 24,71–25,74 MJ/m²/kun oralig‘ida qayd etildi.

Toshkent shahrida NASA POWER bo‘yicha o‘rtacha quyosh radiatsiyasi 24,26 MJ/m²/kun, ERA5 bo‘yicha esa 24,71 MJ/m²/kunni tashkil etdi. Ushbu hudud uchun RMSE 1,54 MJ/m²/kun, MAE 0,64 MJ/m²/kun va Bias −0,45 MJ/m²/kun bo‘ldi.

Samarqandda o‘rtacha qiymatlar mos ravishda 25,23 va 25,39 MJ/m²/kunni tashkil etdi. RMSE 0,86 MJ/m²/kun, MAE 0,72 MJ/m²/kun, Bias esa −0,17 MJ/m²/kun miqdorida aniqlandi. Besh hudud orasida ikki manba bo‘yicha o‘rtacha qiymatlar o‘rtasidagi eng kichik tafovut aynan Samarqandda kuzatildi.

Buxoro shahrida NASA POWER bo‘yicha o‘rtacha qiymat 24,57 MJ/m²/kun, ERA5 bo‘yicha esa 25,31 MJ/m²/kunni tashkil etdi. Mazkur hududda RMSE 0,79 MJ/m²/kun, MAE 0,73 MJ/m²/kun va Bias −0,73 MJ/m²/kun bo‘ldi.

Qarshi shahrida NASA POWER bo‘yicha o‘rtacha qiymat 25,08 MJ/m²/kun, ERA5 bo‘yicha esa 25,74 MJ/m²/kunni tashkil etdi. RMSE 0,74 MJ/m²/kun, MAE 0,72 MJ/m²/kun va Bias −0,66 MJ/m²/kun miqdorida qayd etildi. Besh hudud ichida quyosh radiatsiyasi bo‘yicha eng kichik RMSE qiymati Qarshi shahrida aniqlandi.

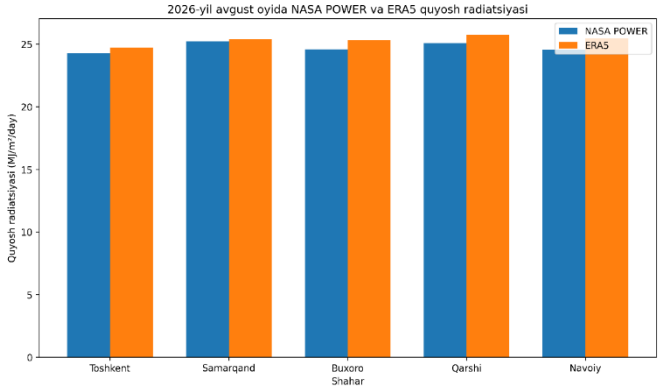
Navoiy shahrida NASA POWER bo‘yicha o‘rtacha quyosh radiatsiyasi 24,53 MJ/m²/kun, ERA5 bo‘yicha esa 25,46 MJ/m²/kunni tashkil etdi. RMSE 1,01 MJ/m²/kun, MAE 0,97 MJ/m²/kun va Bias −0,93 MJ/m²/kun bo‘ldi. Shu sababli o‘rtacha qiymatlar o‘rtasidagi eng katta tafovut Navoiy shahrida kuzatildi.

Umuman olganda, barcha hududlarda Bias ko‘rsatkichining manfiy qiymatga ega bo‘lishi NASA POWER ma’lumotlaridagi quyosh radiatsiyasi qiymatlari ERA5 ma’lumotlariga nisbatan biroz past baholanganini ko‘rsatadi. Nisbiy

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

o‘rtacha mutlaq farq 2,79–3,82 % oralig‘ida bo‘lib, bu ikki ma’lumot manbasi o‘rtasida quyosh radiatsiyasi bo‘yicha nisbatan yuqori darajadagi moslik mavjudligini ko‘rsatadi.

1-rasmda Toshkent, Samarqand, Buxoro, Qarshi va Navoiy shaharlari bo‘yicha NASA POWER hamda ERA5 ma’lumotlarining o‘rtacha kunlik quyosh radiatsiyasi qiymatlari taqqoslangan. **5A-rasmda** esa kunlik kuzatuvlar asosida ikki ma’lumot manbasi o‘rtasidagi moslik grafik ko‘rinishda aks ettirilgan.



1-rasm. O‘zbekistonning beshta shahrida NASA POWER va ERA5 ma’lumotlari bo‘yicha o‘rtacha kunlik quyosh radiatsiyasining taqqoslanishi.

Havo harorati ma’lumotlarini taqqoslash. Havo harorati bo‘yicha NASA POWER va ERA5 ma’lumotlari o‘rtasida quyosh radiatsiyasiga nisbatan kattaroq farqlar kuzatildi. Besh hudud bo‘yicha NASA POWER ma’lumotlaridagi o‘rtacha harorat 28,89–33,82 °C, ERA5 ma’lumotlaridagi o‘rtacha harorat esa 27,15–32,34°C oralig‘ida bo‘ldi.

Toshkentda NASA POWER bo‘yicha o‘rtacha harorat 29,70 °C, ERA5 bo‘yicha 27,15°Cni tashkil etdi. RMSE 2,69 °C, MAE 2,56°C va Bias +2,56 °C bo‘ldi.

Samarqandda NASA POWER va ERA5 o‘rtacha qiymatlari mos ravishda 28,89 va 28,18 °Cni tashkil etdi. RMSE 1,03 °C, MAE 0,86 °C va Bias +0,71 °C bo‘ldi. Bu natija besh hudud ichida harorat ko‘rsatkichi bo‘yicha eng kichik tafovut Samarqandda kuzatilganini ko‘rsatadi.

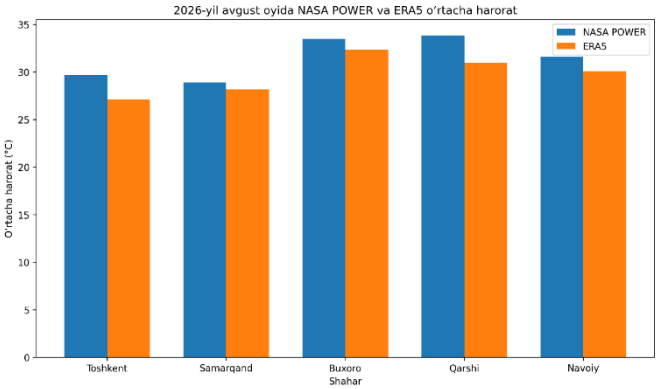
Buxoroda o‘rtacha harorat NASA POWER bo‘yicha 33,47 °C, ERA5 bo‘yicha 32,34 °C bo‘lib, RMSE 1,24 °C, MAE 1,13 °C va Bias +1,13 °Cni tashkil etdi.

Qarshida NASA POWER bo‘yicha o‘rtacha harorat 33,82 °C, ERA5 bo‘yicha 30,95 °C bo‘ldi. RMSE 3,06 °C, MAE 2,87 °C va Bias +2,87 °Cni tashkil etdi. Ushbu qiymatlar besh hudud ichida harorat bo‘yicha eng katta tafovut Qarshida yuzaga kelganini ko‘rsatadi.

Navoiyda NASA POWER bo‘yicha o‘rtacha harorat 31,60 °C, ERA5 bo‘yicha 30,09 °C bo‘lib, RMSE 1,66 °C, MAE 1,51 °C va Bias +1,51 °Cni tashkil etdi.

Barcha hududlarda Bias qiymatining musbat bo‘lishi NASA POWER ma’lumotlarida o‘rtacha harorat ERA5 ma’lumotlariga nisbatan yuqoriroq ekanligini ko‘rsatadi. Eng kichik farq Samarqandda, eng katta farq esa Qarshida kuzatildi.

2-rasmda shaharlar kesimida NASA POWER va ERA5 bo‘yicha o‘rtacha harorat qiymatlari, **5B-rasmda** esa kunlik qiymatlar o‘rtasidagi moslik ko‘rsatilgan.



2-rasm. O‘zbekistonning beshta shahrida NASA POWER va ERA5 ma’lumotlari bo‘yicha o‘rtacha havo haroratining taqqoslanishi.

Shamol tezligi ma’lumotlarini taqqoslash. 10 metr balandlikdagi shamol tezligi bo‘yicha ham ikki ma’lumot manbasi o‘rtasida hududlarga qarab turlicha tafovutlar aniqlandi. NASA POWER ma’lumotlarida o‘rtacha shamol tezligi 3,07–5,36 m/s, ERA5 ma’lumotlarida esa 1,90–4,55 m/s oralig‘ida bo‘ldi

Toshkentda NASA POWER bo‘yicha o‘rtacha shamol tezligi 3,07 m/s, ERA5 bo‘yicha 1,90 m/sni tashkil etdi. RMSE 1,23 m/s, MAE 1,18 m/s va Bias +1,18 m/s bo‘ldi.

Samarqandda o‘rtacha qiymatlar NASA POWER bo‘yicha 3,93 m/s, ERA5 bo‘yicha 3,24 m/sni tashkil etdi. RMSE 0,84 m/s, MAE 0,69 m/s va Bias +0,69 m/s bo‘ldi. Mazkur hududda shamol

tezligi bo‘yicha ikki manba o‘rtasidagi tafovut eng kichik bo‘ldi.

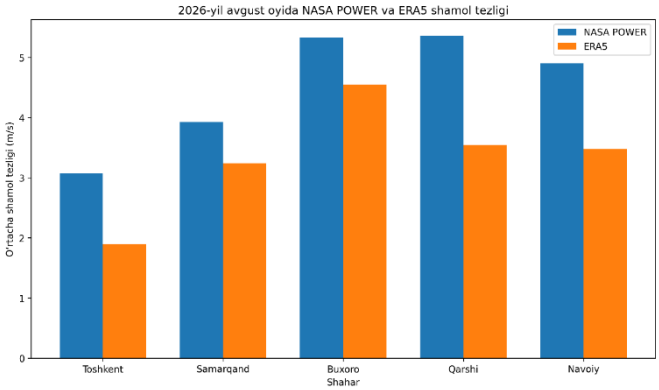
Buxoroda NASA POWER bo‘yicha o‘rtacha shamol tezligi 5,33 m/s, ERA5 bo‘yicha 4,55 m/sni tashkil etdi. RMSE 1,02 m/s, MAE 0,84 m/s va Bias +0,78 m/s bo‘ldi.

Qarshida NASA POWER bo‘yicha o‘rtacha shamol tezligi 5,36 m/s, ERA5 bo‘yicha 3,54 m/sni tashkil etdi. RMSE 1,91 m/s, MAE 1,82 m/s va Bias +1,82 m/s bo‘ldi. Bu besh hudud ichidagi eng katta tafovutdir.

Navoiyda NASA POWER bo‘yicha o‘rtacha shamol tezligi 4,90 m/s, ERA5 bo‘yicha 3,47 m/sni tashkil etdi. RMSE 1,52 m/s, MAE 1,43 m/s va Bias +1,43 m/s bo‘ldi.

Shamol tezligi bo‘yicha barcha hududlarda Bias musbat qiymatga ega bo‘lib, NASA POWER ma’lumotlarida shamol tezligi ERA5 ma’lumotlariga nisbatan yuqoriroq baholanganini ko‘rsatadi. Eng kichik tafovut Samarqandda, eng katta tafovut esa Qarshida kuzatildi.

3-rasmda besh shahar bo‘yicha o‘rtacha shamol tezligi, **5C-rasmda** esa NASA POWER va ERA5 kunlik qiymatlarining o‘zaro mosligi ko‘rsatilgan.

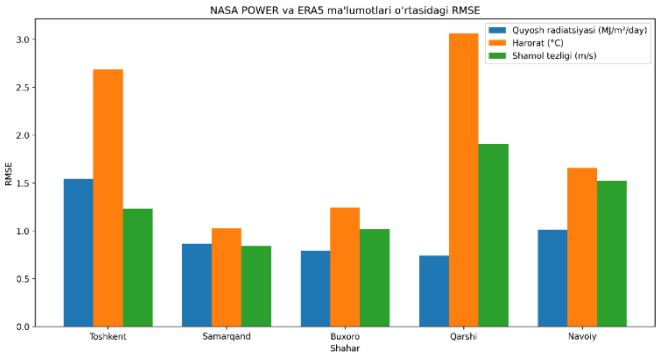


3-rasm. O‘zbekistonning beshta shahrida NASA POWER va ERA5 ma’lumotlari bo‘yicha o‘rtacha shamol tezligining taqqoslanishi.

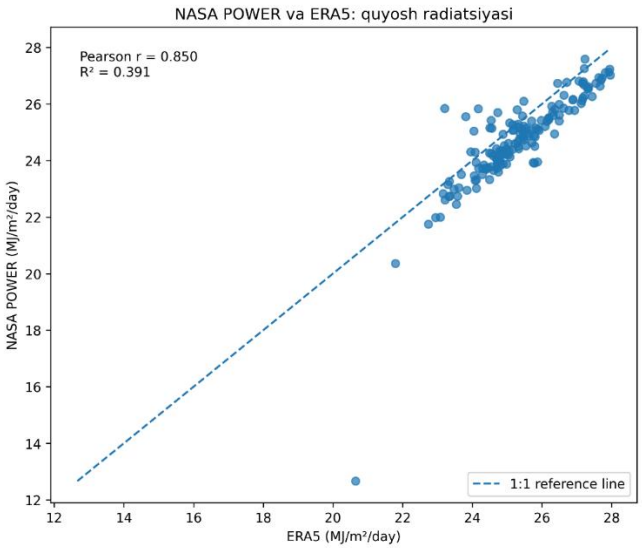
Umumiy natijalarni baholash. Olingan natijalar uchta asosiy meteorologik ko‘rsatkich bo‘yicha ma’lumot manbalari o‘rtasidagi moslik bir xil emasligini ko‘rsatdi. Quyosh radiatsiyasi bo‘yicha ikki manba o‘rtasidagi tafovut nisbatan kichik bo‘lib, barcha hududlarda nisbiy o‘rtacha mutlaq farq 4% dan past bo‘ldi. Shu sababli mazkur ko‘rsatkich integratsiyalashgan energetika model-larida boshlang‘ich ma’lumot sifatida nisbatan barqaror foydalanish imkoniyatiga ega.

Harorat bo‘yicha farqlar kattaroq bo‘lib, RMSE 1,03–3,06 °C oralig‘ida qayd etildi. Shamol tezligi bo‘yicha RMSE 0,84–1,91 m/s oralig‘ida bo‘ldi. Har ikkala ko‘rsatkichda ham NASA POWER qiymatlari ERA5 qiymatlaridan yuqoriroq bo‘lish tendensiyasi kuzatildi.

4-rasmda uchta ko‘rsatkich bo‘yicha RMSE qiymatlari shaharlar kesimida keltirilgan. Bunda turli ko‘rsatkichlarning o‘lchov birliklari turlicha ekanligi sababli RMSE qiymatlarini parametrlararo mutlaq aniqlik reytingi sifatida talqin qilish emas, balki har bir parametr bo‘yicha manbalar o‘rtasidagi tafovutni alohida baholash maqsadga muvofiq.



4-rasm. NASA POWER va ERA5 ma’lumotlari o‘rtasidagi RMSE qiymatlarining hududlar bo‘yicha taqqoslanishi.

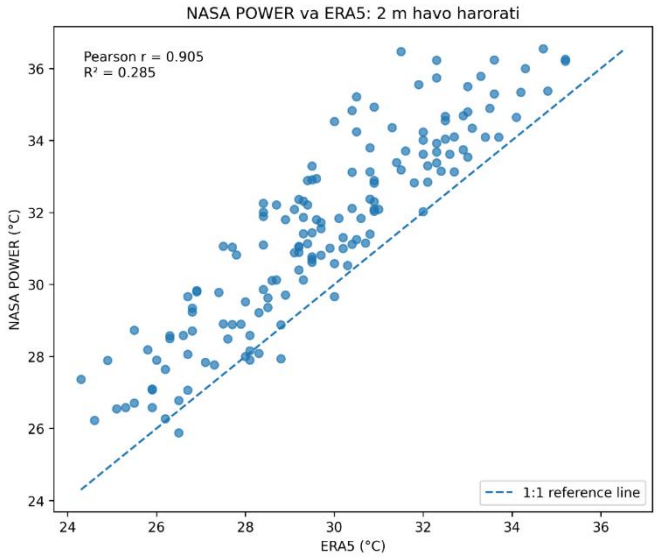


5A-rasm. Quyosh radiatsiyasi.

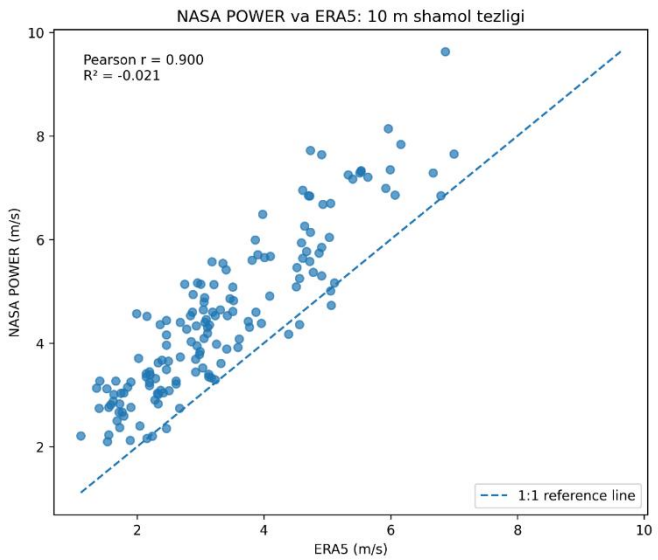
Natijalarning umumiy tahlili shuni ko‘rsatadiki, ma’lumotlarni integratsiyalashdan oldin faqat bitta xalqaro manbaga tayanish yetarli emas. Turli manbalardan olingan ma’lumotlarni

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

birlik, vaqt, hudud va statistik ko‘rsatkichlar bo‘yicha tekshirish ularning keyingi energetik modellashtirishdagi qo‘llanish ishonchliligini oshiradi. Mazkur natijalar keyingi bosqichda milliy kuzatuv ma’lumotlarini ushbu xalqaro ma’lumotlar bilan taqqoslash va uyg‘unlashtirish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.



5B-rasm. Havo harorati.



5C-rasm. Shamol tezligi.

5-rasm. NASA POWER va ERA5 ma’lumotlarining kunlik qiymatlari o‘rtasidagi bog‘liqlik: (a) quyosh radiatsiyasi; (b) havo harorati; (c) shamol tezligi.

Muhokama. Tadqiqot natijalari qayta tiklanuvchi energetika tizimlarini modellashtirishda turli ma’lumot manbalaridan foydalanish imkoniyati mavjudligini, biroq ularni bevosita birlashtirish har doim ham to‘g‘ri natija bermasligini ko‘rsatdi. NASA POWER va ERA5 ma’lumotlarini beshta hudud bo‘yicha taqqoslash natijasida uchta asosiy ko‘rsatkich — quyosh radiatsiyasi, havo harorati va shamol tezligi — bo‘yicha ma’lumotlar o‘rtasida ma’lum tafovutlar mavjudligi aniqlandi. Shu sababli integrat-siyalashgan energetika modelini shakllantirishdan oldin ma’lumotlarni tekshirish va uyg‘unlashtirish alohida bosqich sifatida qaralishi kerak.

Ma’lumotlar manbalari o‘rtasidagi tafovutlarning sabablari. Quyosh radiatsiyasi bo‘yicha NASA POWER va ERA5 natijalari bir-biriga nisbatan yaqin bo‘ldi. Besh hududda nisbiy o‘rtacha mutlaq farq 2,79–3,82% oralig‘ida shakllandi. Bu natija quyosh radiatsiyasi bo‘yicha ikki manbadan foydalanishda ma’lumotlarni bir xil o‘lchov birligiga keltirish va vaqt bo‘yicha moslashtirish muhim ekanligini ko‘rsatadi.

Biroq harorat va shamol tezligi bo‘yicha tafovutlar kattaroq bo‘ldi. Masalan, harorat bo‘yicha RMSE Samarqandda 1,03 °C bo‘lgan bo‘lsa, Qarshida 3,06 °Cni tashkil etdi. Shamol tezligi bo‘yicha esa RMSE Samarqandda 0,84 m/s, Qarshida 1,91 m/s bo‘ldi. Ushbu hududiy farqlarni ma’lumot manbalarining fazoviy va vaqt bo‘yicha xususiyatlari bilan bog‘liq holda ko‘rib chiqish mumkin.

NASA POWER va ERA5 ma’lumotlari bir xil turdagi manba emas. Biri ma’lum parametrlarni global ma’lumotlar va modellashtirish asosida taqdim etsa, ERA5 qayta tahlil (reanalysis) ma’lumotlar tizimiga asoslanadi. Shuning uchun ularning qiymatlari bir xil bo‘lishi shart emas. Bundan tashqari, alohida meteorologik ko‘rsatkichlarning hududiy o‘zgaruvchanligi, relyef va mahalliy sharoitlar ham ikki manba o‘rtasidagi tafovutga ta’sir qilishi mumkin.

Integratsiyalashgan model uchun asosiy ma’lumot muammolari. Tadqiqot davomida ma’lumotlarni integratsiyalashda bir nechta muhim muammolar ajratildi.

Birinchi muammo — o‘lchov birliklarining farqlanishi. Bir xil nomdagi ko‘rsatkich turli manbalarda turli birliklarda berilishi mumkin. Quyosh radiatsiyasi bo‘yicha ushbu masala amaliy hisoblash jarayonida ham kuzatildi. Shu sababli

ma’lumotlarni birlashtirishdan oldin barcha parametrlarning fizik mazmuni va o‘lchov birligi tekshirilishi kerak.

Ikkinchi muammo — vaqt oralig‘ining mos kelmasligi. Mahalliy kuzatuvlar soatlik yoki kunlik shaklda, xalqaro ma’lumotlar esa boshqa vaqt oralig‘ida taqdim etilishi mumkin. Agar vaqt oralig‘i bir xil qilinmasa, o‘rtacha qiymatlarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri taqqoslash noto‘g‘ri xulosaga olib kelishi mumkin. Shu sababli vaqt belgilarini yagona formatga keltirish va zarur hollarda ma’lumotlarni bir xil davrga agregatsiya qilish talab etiladi.

Uchinchi muammo — fazoviy moslik. Mahalliy meteorologik kuzatuv odatda ma’lum bir nuqtada amalga oshiriladi, xalqaro qayta tahlil ma’lumotlari esa fazoviy panjara asosida shakllantiriladi. Shuning uchun bunday ma’lumotlarni birlashtirishda koordinatalarni tekshirish va tegishli hududga mos keluvchi panjara nuqtasini tanlash zarur.

To‘rtinchi muammo — ma’lumotlarning to‘liqligi va sifati. Mahalliy ma’lumotlar qatorida ayrim kunlar yoki vaqt oralig‘lari bo‘yicha qiymatlar yetishmasligi mumkin. Xalqaro ma’lumotlar esa uzluksizroq vaqt qatorini taqdim etishi mumkin. Bunday holatda yetishmayotgan qiymatlarni avtomatik ravishda almashtirishdan oldin ularning sababi aniqlanishi va muqobil manba bilan tekshirilishi kerak.

Beshinchi muammo — turli manbalarning o‘ziga xos metodologiyasi. Ma’lumotlar manbasi o‘zgarganda, qiymatlarning hosil qilinish usuli ham o‘zgarishi mumkin. Shu sababli faqat raqamlarning o‘zini emas, balki ularning kelib chiqish manbasi, hisoblash yoki kuzatish usuli va vaqt oralig‘ini ham qayd etish zarur.

Aniqlangan muammolarni bartaraf etish yondashuvi. Yuqoridagi muammolarni hisobga olgan holda tadqiqotda ma’lumotlarni uyg‘unlashtirishning ketma-ketligi taklif qilindi. Dastlab ma’lumot manbasi, sana, koordinata, o‘lchov birligi va parametr nomi tekshiriladi. Keyingi bosqichda ma’lumotlar yagona birlik va vaqt formatiga keltiriladi. Shundan so‘ng fazoviy moslashtirish amalga oshiriladi.

Moslashtirilgan ma’lumotlar keyingi bosqichda o‘zaro statistik jihatdan taqqoslanadi. Bunda RMSE va MAE qiymatlarining kamayishi ma’lumotlar o‘rtasidagi farqning kichrayishini, Bias qiymatining nolga yaqinlashishi esa tizimli og‘ishning kamayishini ko‘rsatadi. Ushbu yondashuv ma’lumotlarni faqat vizual taqqoslash bilan cheklanmasdan, ularning mosligini son jihatdan baholash imkonini beradi.

Muhim jihati shundaki, bir manbani ikkinchisiga avtomatik ravishda almashtirish emas, balki ularning o‘zaro farqini aniqlash va model uchun qaysi ma’lumotdan qanday sharoitda foydalanish mumkinligini belgilash maqsadga muvofiqdir. Masalan, quyosh radiatsiyasi bo‘yicha mazkur tadqiqotda ikki manba o‘rtasidagi tafovut nisbatan kichik bo‘lgan bo‘lsa, harorat va shamol tezligida hududlar bo‘yicha kattaroq tafovutlar kuzatildi. Demak, barcha parametrlar uchun yagona “tuzatish” usulidan foydalanish o‘rniga parametrga mos yondashuv talab etiladi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati. Olingan natijalar qayta tiklanuvchi energetika tizimlarini rejalashtirish va modellashtirishda ma’lumotlarni oldindan tekshirish zarurligini ko‘rsatadi. Ayniqsa, quyosh va shamol energetikasining ishlab chiqarish salohiyatini baholashda meteorologik ma’lumotlarning sifati yakuniy model natijalariga ta’sir qilishi mumkin.

Taklif etilgan yondashuv milliy kuzatuv ma’lumotlari yetarli bo‘lmagan holatlarda xalqaro ma’lumotlardan foydalanish imkoniyatini saqlab qoladi. Bunda xalqaro ma’lumotlarni bevosita milliy ma’lumotlarning o‘rniga qo‘yish emas, balki ularni milliy kuzatuvlar bilan tekshirish, moslashtirish va zarur hollarda tuzatish muhim hisoblanadi.

Shuningdek, ma’lumotlarni uyg‘unlashtirish jarayonining bosqichma-bosqich tashkil etilishi keyinchalik energetika ishlab chiqarishi, elektr energiyasi iste’moli, o‘rnatilgan quvvat va iqtisodiy ko‘rsatkichlar kabi boshqa ma’lumotlarni ham yagona integratsiyalashgan modelga kiritish imkonini beradi. Shu jihatdan, tadqiqotda ishlab chiqilgan yondashuv faqat meteorologik ma’lumotlar bilan cheklanmay, turli xil milliy va xalqaro ma’lumotlarni birlashtirish uchun umumiy metodik asos sifatida qo‘llanishi mumkin.

Tadqiqot cheklovlari. Mazkur tadqiqotda NASA POWER va ERA5 ma’lumotlari 2026-yil avgust oyining 31 kunlik davri bo‘yicha taqqoslandi. Shuning uchun olingan natijalarni uzoq muddatli iqlimiy xulosalar yoki butun yil uchun

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 4, № 3-1
2026

umumlashtirish ehtiyotkorlik bilan amalga oshirilishi kerak.

Bundan tashqari, hozirgi bosqichda milliy meteorologik kuzatuv ma'lumotlari xalqaro ma'lumotlar bilan to'liq birlashtirilmagan. Shu sababli ushbu natijalar hozircha xalqaro ma'lumot manbalarining o'zaro mosligini baholash bosqichini ifodalaydi. Keyingi tadqiqot bosqichida milliy kuzatuv ma'lumotlarini qo'shish orqali NASA POWER va ERA5 ma'lumotlarining real kuzatuvlarga nisbatan mosligi ham baholanishi lozim.

Shunday qilib, tadqiqot natijalari integratsiyalashgan energetika modellarining ishonchliligi faqat model algoritmiga emas, balki modelga kiritiladigan ma'lumotlarning sifati, mosligi va kelib chiqish manbasiga ham bog'liqligini ko'rsatadi.

Xulosa. O'tkazilgan tadqiqot integratsiyalashgan energetika modellarini shakllantirishda turli manbalardan olinadigan ma'lumotlarni oldindan tekshirish va o'zaro uyg'unlashtirish zarurligini ko'rsatdi. Qayta tiklanuvchi energetika tizimlari uchun ma'lumotlarning miqdori bilan bir qatorda, ularning fizik mazmuni, o'lchov birligi, vaqt oralig'i, hududiy mosligi va kelib chiqish manbasini hisobga olish muhim hisoblanadi.

2026-yil avgust oyi uchun Toshkent, Samarqand, Buxoro, Qarshi va Navoiy shaharlari bo'yicha NASA POWER hamda ERA5 ma'lumotlarining taqqoslanishi uchta asosiy ko'rsatkich — quyosh radiatsiyasi, havo harorati va shamol tezligi — bo'yicha manbalar o'rtasidagi farqlar mavjudligini ko'rsatdi. Quyosh radiatsiyasi bo'yicha nisbiy o'rtacha mutlaq farq 2,79–3,82% oralig'ida bo'lib, ikki ma'lumot manbasi o'rtasida nisbatan yuqori darajadagi yaqinlik kuzatildi. Eng past RMSE Qarshi shahrida 0,74 MJ/m²/kun, eng yuqori RMSE esa Toshkentda 1,54 MJ/m²/kunni tashkil etdi.

Harorat bo'yicha RMSE qiymatlari 1,03–3,06°C oralig'ida bo'ldi. Samarqandda eng kichik, Qarshida esa eng katta tafovut qayd etildi. Shamol tezligi bo'yicha RMSE 0,84–1,91 m/s oralig'ida shakllanib, yana Samarqandda eng kichik, Qarshida esa eng katta tafovut kuzatildi. Mazkur natijalar turli meteorologik parametrlarni bir xil darajada ishonchli deb qabul qilish mumkin emasligini va har bir parametr bo'yicha alohida tekshiruv zarurligini ko'rsatadi.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, ma'lumotlarni integratsiyalash jarayonida quyidagi ketma-ketlikdan foydalanish maqsadga muvofiq: ma'lumotlarni yig'ish, dastlabki sifat nazorati, o'lchov birliklarini standartlashtirish, vaqt bo'yicha moslashtirish, fazoviy moslashtirish, manbalararo taqqoslash va statistik baholash. Bunday yondashuv turli manbalardan olingan ma'lumotlarni shunchaki birlashtirish o'rniga, ularning o'zaro mosligini oldindan aniqlash imkonini beradi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati shundan iboratki, taklif etilgan yondashuv qayta tiklanuvchi energetika obyektlarini rejalashtirish va baholashda xalqaro ma'lumotlardan foydalanish bilan birga, ularni mahalliy ma'lumotlar bilan tekshirish imkonini beradi. Bu, ayniqsa, milliy kuzatuv ma'lumotlari vaqt yoki hudud bo'yicha yetarli bo'lmagan holatlarda muhimdir.

Shu bilan birga, mazkur tadqiqotning hozirgi bosqichi xalqaro ma'lumotlarning o'zaro taqqoslanishi bilan chegaralangan. Keyingi bosqichda O'zbekiston hududlaridagi milliy meteorologik kuzatuvlar va energetika ko'rsatkichlarini NASA POWER hamda ERA5 ma'lumotlari bilan birgalikda tahlil qilish rejalashtiriladi. Bunda manbalararo farqlarni aniqlash bilan bir qatorda, milliy ma'lumotlarning ishonchliligini baholash, zarur hollarda tuzatish koeffitsiyentlarini ishlab chiqish va integratsiyalashgan energetika modeli uchun yagona moslashtirilgan ma'lumotlar to'plamini shakllantirish masalalari ko'rib chiqiladi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari qayta tiklanuvchi energetika tizimlarini modellashtirishda ma'lumotlarni tekshirish va uyg'unlashtirish yordamchi texnik jarayon emas, balki modelning ishonchliligini belgilovchi muhim metodologik bosqich ekanligini ko'rsatadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

[1] Urraca, J., Huld, T., Gracia-Amillo, A. M., Martinez-Rubio, A., Valanzasca, P., & Dunlop, E. D. (2018). Evaluation of global horizontal irradiance estimates from ERA5 and COSMO-REA6 reanalyses using ground and satellite-based data. Solar Energy, 164, 339–354. https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.02.059

[2] Khodayar, M., & Wang, J. (2018). Spatio-temporal graph routing for solar power forecasting. IEEE Transactions on Sustainable Energy, 10(2), 714–724. https://doi.org/10.1109/TSTE.2018.2844102

[3] Pfenninger, S., & Staffell, I. (2016). Long-term patterns of European photovoltaic output using 30 years of validated hourly reanalysis and satellite data. Energy, 114, 1251–1265. https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.08.060

[4] Howells, M., Rogner, H., Strachan, N., Heaps, C., Huntington, H., Kypreos, S., Hughes, A., Silveira, S., DeCarolis, J., Bazilian, M., & Roehrl, R. A. (2011). OSeMOSYS: The open source energy modeling system: An introduction to its ethos, structure and development. Energy Policy, 39(10), 5850–5870. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.06.033

[5] Karatayev, M., & Clarke, M. L. (2016). A review of current energy systems and green energy potential in Kazakhstan. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 52, 110–125. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.087

[6] Staffell, I., Pfenninger, S. (2016). Using bias-corrected reanalysis to simulate current and future wind power output. Energy, 114, 1224–1239. https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.08.068

[7] Pfenninger, S. (2017). Dealing with multiple decades of hourly wind and PV time series in energy models: A comparison of methods to reduce time resolution and the planning implications of inter-annual variability. Applied Energy, 197, 1–13. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.03.051

Maqolaga iqtibos keltirish | Как цитировать статью | How to cite this article

Abduraximov, S. A. o‘g‘li. (2026). Integratsiyalashgan energetika modellari uchun ma’lumotlarni tekshirish va uyg‘unlashtirish: NASA POWER va ERA5 ma’lumotlari misolida. Sanoatda raqamli texnologiyalar, 4(3-1). https://doi.org/10.70769/3030-3214.SRT.4.3-1.2026.19