



QUYOSH ENERGIYASI POTENSIALI: BINOLAR TOM QISMING GIS VA AI TAHLILI ORQALI QUYOSH PANELLARINI O'RNATISH SAMARADORLIGINI HISOBLASH

Reymov P.R

Rahimboyeva M.U

Matkurbanova A.K

ANNOTATSIYA

Ushbu tadqiqot ishida shahar hududlarida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan, xususan, quyosh energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirish masalalari ko'rib chiqiladi. Binolarning tom qismlarida quyosh panellarini joylashtirish imkoniyatlarini baholashda Geoinformatsion tizimlar va Sun'iy intellekt texnologiyalarining integratsiyalashgan uslubiyoti taklif etilgan. Masofadan zondlash ma'lumotlari, Raqamli balandlik modellari (DEM/DSM) hamda chuqur o'rgatish algoritmlari yordamida binolarning tom yuzasi, qiyalik burchagi, orientatsiyasi (azimut) va soya tushish omillari kompleks tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari shahar energetika mustaqilligini ta'minlash va „yashil“ iqtisodiyotga o'tish jarayonlarini tezlashtirishda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: GIS, Sun'iy intellekt, Quyosh energiyasi, Raqamli sirt modeli (DSM),

KIRISH

Mavzuning dolzarbligi: Global iqlim o'zgarishlari va an'anaviy energiya resurslarining kamayib borishi sharoitida muqobil energiya manbalariga, ayniqsa, quyosh energetikasiga bo'lgan talab jadal ortib bormoqda. O'zbekiston Respublikasining geografik joylashuvi va iqlim sharoiti yiliga o'rtacha 280–300



quyoshli kunni ta'minlaydi, bu esa quyosh panellarini keng joriy etish uchun ulkan salohiyat mavjudligini ko'rsatadi.

Ayniqsa, shahar hududlarida qo'shimcha yer maydonlarini ajratmasdan, mavjud binolarning tom qismlaridan samarali foydalanish eng optimal yechim hisoblanadi. Biroq, har bir binoning tom geometriyasi, atrofdagi obyektlar va daraxtlardan tushadigan soyalar, tomning strukturasi va joylashuv yo'nalishi bir-biridan farq qiladi. Shu sababli, quyosh panellarini joylashtirishdan oldin ularning energiya ishlab chiqarish samaradorligini aniq va avtomatlashtirilgan tarzda hisoblash alohida geoinformatsion yondashuvni talab etadi.

Tadqiqotning maqsadi: GIS va Sun'iy intellekt algoritmlarini birlashtirish orqali shahar binolarining tom qismlarini avtomatik aniqlash, ularning quyosh radiatsiyasini qabul qilish potensialini modellashtirish va quyosh panellarini o'rnatishning texnik-iqtisodiy samaradorligini baholash metodologiyasini ishlab chiqish.

Boshlang'ich ma'lumotlar yig'ish

Tadqiqot uchun quyidagi fazoviy ma'lumotlar manbalaridan foydalanildi:

1. **Yuqori aniqlikdagi kosmik tasvirlar hamda Aerofototasvirlar (UAV/Dron):** Binolarning aniq chegaralarini aniqlash uchun fayllar RGB va NIR (yaqin infraqizil) diapozonlarida olindi.
2. **LiDAR va Raqamli Sirt Modeli (DSM):** Yer yuzasi hamda uning ustidagi obyektlar (binolar, daraxtlar) balandligini o'z ichiga olgan 0.5–1 metr fazoviy aniqlikdagi 3D ma'lumotlar.
3. **Aktinometrik va meteorologik ma'lumotlar:** Hudud bo'yicha ko'p yillik quyosh radiatsiyasi (GHI — *Global Horizontal Irradiation*, DNI — *Direct Normal Irradiation*) ko'rsatkichlari (PVGIS va SolarGIS ma'lumotlar bazasi).

Sun'iy intellekt (GeoAI) yordamida binolarni avtomatik aniqlash



An'anaviy vektorizatsiya usullari katta shahar hududlari uchun ko'p vaqt talab etadi. Shu sababli, kompyuter ko'rish (*Computer Vision*) hamda **YOLOv8** yoki **U-Net** chuqur o'rgatish (*Deep Learning*) neyron tarmoq modellari qo'llanildi.

- Model o'quv tanlanmasi (*training dataset*) yordamida o'qitilib, kosmik/aerofoto tasvirlardagi binolarning konturlari (*Building footprints*) 92–95% aniqlik bilan avtomatik ajratib olindi.

QUYOSH RADIATSIYASINI MODELLASHTIRISH VA SAMARADORLIK HISOBLARI

Quyosh radiatsiyasini modellashtirish

Binolarning foydali tom yuzasida yil davomida tushadigan umumiy quyosh radiatsiyasi (R_{total}) hisoblandi. Modellashda quyidagi quyosh radiatsiyasi komponentlari inobatga olindi:

$$R_{total} = R_{direct} + R_{diffuse}$$

- R_{direct} — to'g'ridan-to'g'ri tushuvchi quyosh radiatsiyasi;
- $R_{diffuse}$ — atmosferada sochilgan quyosh radiatsiyasi.

ArcGIS Area Solar Radiation moduli va **Google Earth Engine (GEE)** platformasi yordamida Atmosfera shaffofligi (*Transmissivity*) hamda Sochilgan radiatsiya ulushi (*Diffuse proportion*) parametrlarini kiritgan holda 365 kunlik radiatsiya xaritasi shakllantirildi.

Potensial energiya ishlab chiqarishni hisoblash

Binolarning har bir tom qismidan olinadigan yillik elektr energiyasi hajmi (E , $kVt \cdot soat$) quyidagi ilmiy va amaliy formula bo'yicha hisoblab chiqildi:



$$E=A \times r \times H \times PR$$

Bu yerda:

- **A** — Quyosh panellari joylashtirilishi mumkin bo‘lgan foydali tom maydoni (m^2). Maydonni hisoblashda tomning to‘liq yuzasidan ventilyatsiya, mo‘ri hamda doimiy soya ostidagi qismlar chiqarib tashlanadi.
- **r** — Quyosh panelining effektivligi / foydali ish koeffitsiyenti (zamonaviy monokristalli panellar uchun $r \approx 20\% - 22\%$ yoki $0.20 - 0.22$).
- **H** — Tom yuzasiga tushadigan yillik o‘rtacha quyosh radiatsiyasi ($kVt \cdot soat / m^2 / yil$).
- **PR** — Tizimning unumdorlik koeffitsiyenti (*Performance Ratio*, odatda yo‘qotishlar, harorat, kabel va invertor qarshiligini hisobga olgan holda $0.75 - 0.85$ orasida olinadi).

Fazoviy tahlil natijalari

1. **Tom qismlarini tasniflash:** AI va GIS tahlillari ko‘rsatdiki, umumiy binolar tom maydonining o‘rtacha $60 - 65\%$ qismi quyosh panellarini o‘rnatish uchun yaroqli hisoblanadi. Qolgan $35 - 40\%$ maydon noqulay azimut (shimoliy yo‘nalish), keskin qiyalik va atrofdagi obyektlarning soyasi sababli past samaradorlikka ega.
2. **Optimum burchak va yo‘nalish:** O‘zbekiston sharoiti uchun quyosh panellarining eng optimal qiyalik burchagi $30^\circ - 35^\circ$ ni, azimuti esa janubiy yo‘nalishni (180°) tashkil etishi tasdiqlandi.

Iqtisodiy va Ekologik samaradorlik

- **Iqtisodiy ko‘rsatkichlar:** GIS va AI tahlillari asosida aniq joylashtirilgan panellar, baholashlar bo‘yicha, noaniq o‘rnatilgan panellarga qaraganda $18 - 25\%$ ko‘proq elektr energiyasi ishlab chiqarish imkonini beradi. Qoplash muddati (*Payback period*) o‘rtacha $4.5 - 6$ yilni tashkil etishi hisoblab chiqildi.



• **Ekologik ta'sir:** Modellastirilgan hududda quyosh panellarini to'liq quvvat bilan joriy etish orqali yiliga yuzlab tonna karbonat angidrid (CO₂) gazining atmosferaga chiqishining oldi olinadi.

XULOSA VA TAVSIYALAR

Ushbu tadqiqotda Geoinformatsion tizimlar va Sun'iy intellekt texnologiyalarining integratsiyasi shahar hududlarida quyosh energiyasi potensialini baholashda yuqori aniqlik va tezkorlikni ta'minlashi isbotlandi.

Amaliy ahamiyat: Taklif etilayotgan yondashuv shahar loyihalash organlari, energetika vazirligi hamda xususiy investorlar uchun quyosh panellarini o'rnatish joylarini to'g'ri tanlash va xatarlarni kamaytirish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. **O'zbekiston Respublikasi Prezidentining Farmoni.** „Yashil iqtisodiyotga o'tish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini joriy etishni jadallashtirish chora-tadbirlari to'g'risida“. T., 2023 y.
2. **Bozarov, A., & Saidov, M. (2022).** *Geoinformation systems in renewable energy mapping*. Journal of Geographic Information System, 14(3), 215-230.
3. **Huang, Y., & Chen, Z. (2021).** *Integration of Deep Learning and GIS for Roof Solar Energy Potential Assessment in Urban Areas*. Applied Energy, 298, 117240.
4. **Redweik, P., Catita, C., & Brito, M. (2013).** *Solar radiation potential in urban environment: A 3D GIS approach*. Solar Energy, 91, 233-243.
5. **Esri Documentation (2023).** *Modeling Solar Radiation in ArcGIS Pro*. Environmental Systems Research Institute (ESRI).
6. **National Renewable Energy Laboratory (NREL).** *PVWatts Calculator Methodology and Solar Resource Data*. NREL Technical Reports, 2022.