DOI: 10.65322/j.srd.03172026.15

MASOFAVIY ZONDLASH VA GIS YORDAMIDA QAYTA TIKLANADIGAN ENERGIYA RESURSLARINI HUDUDIY BAHOLASH: FARG‘ONA VILOYATIDA ELEKTR INFRATUZILMASI INTEGRATSIYASI BILAN BOYITILGAN YONDASHUV.

Jalolova Malikaxon Mo‘minjon qizi,
Elektron pochta: malikaxon1997jalolova@gmail.com,
Mirzo Ulug'bek nomidagi Samarqand davlat arxitektura va qurilish universiteti

Annotatsiya. *Farg‘ona viloyatida qayta tiklanuvchi energiya manbalarini hududiy joylashtirish masalasi ko‘pincha tabiiy resurs salohiyatini aniqlash bilan cheklanib, elektr tarmog‘iga ulanish, iste’mol markazlariga yaqinlik va hududiy cheklovlar kabi amaliy omillarni yetarli darajada hisobga olmaydi. Mazkur tadqiqotda masofaviy zondlash ma’lumotlari, geografik axborot tizimlari, ko‘p mezonli qarorlar tahlili hamda analitik ierarxiya jarayoni birlashtirilgan holda Farg‘ona viloyati uchun qayta tiklanuvchi energiya moslik modelining takomillashtirilgan usuli ishlab chiqildi. Landsat 8, Sentinel-2, raqamli balandlik modeli, elektr uzatish tarmoqlari va podstansiyalar ma’lumotlari asosida quyosh radiatsiyasi, shamol rejimi, qiyalik, aspekt, yer qoplami va infratuzilmaga yaqinlik mezonlari hosil qilindi. Mezonlar standartlashtirilib, AHP asosida vaznlar belgilandi va GIS muhitida vaznli chiziqli kombinatsiya yordamida quyosh hamda shamol energiyasi uchun alohida moslik xaritalari tuzildi. Natijalar quyosh energetikasi uchun Yozyovon, Dang‘ara va Buvayda tumanlari ustuvorligini, shamol energetikasi uchun esa Qo‘qon–Yozyovon yo‘lagi kabi lokal koridorlarning nisbatan istiqbolliligini ko‘rsatadi. Infratuzilmaviy qatlamlarni integratsiya qilish yakuniy joy tanlash aniqligini oshirib, nazariy resurs salohiyati bilan amaliy joriy etish imkoniyati o‘rtasidagi tafovutni kamaytiradi. Taklif etilgan yondashuv rivojlanayotgan mintaqalarda hududiy energetik rejalashtirish, gibrid tizimlarni joylashtirish va investitsion qarorlarni ilmiy asoslash uchun kengaytiriladigan model sifatida xizmat qilishi mumkin.*

Аннотация. *Вопрос территориального размещения возобновляемых источников энергии в Ферганской области часто ограничивается определением потенциала природных ресурсов и недостаточно учитывает практические факторы, такие как подключение к электросети, близость к центрам потребления и территориальные ограничения. В данном исследовании разработан усовершенствованный метод моделирования совместимости возобновляемых источников энергии для Ферганской области путем объединения данных дистанционного зондирования, географических информационных систем, многокритериального анализа решений и аналитического иерархического процесса. На основе данных Landsat 8, Sentinel-2, цифровой модели рельефа, сети электропередачи и подстанций были созданы критерии солнечной радиации, ветрового режима, уклона местности, экспозиции склона, землепользования и близости к инфраструктуре. Критерии были стандартизированы, веса были присвоены на основе АНР, и с использованием взвешенной линейной комбинации в среде ГИС были созданы отдельные карты совместимости для солнечной и ветровой энергии. Результаты показывают приоритетность районов Йозявон, Дангара и Бувайда для солнечной энергии, а также относительные перспективы местных коридоров, таких как коридор Коканд-Йозёван, для ветровой энергии. Интеграция инфраструктурных слоев повышает точность окончательного выбора местоположения и сокращает разрыв между теоретическим ресурсным потенциалом и практической реализацией. Предложенный подход может служить масштабируемой моделью для регионального энергетического планирования, развертывания гибридных систем и научного обоснования инвестиционных решений в развивающихся регионах.*

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.15

Abstract. *The issue of territorial deployment of renewable energy sources in Fergana region is often limited to determining the natural resource potential, and does not sufficiently take into account practical factors such as connection to the electricity grid, proximity to consumption centers, and territorial constraints. In this study, an improved method of renewable energy compatibility modeling for Fergana region was developed by combining remote sensing data, geographic information systems, multi-criteria decision analysis, and analytical hierarchy process. Based on Landsat 8, Sentinel-2, digital elevation model, power transmission network and substation data, solar radiation, wind regime, slope, aspect, land cover, and proximity to infrastructure criteria were generated. The criteria were standardized, weights were assigned based on AHP, and separate compatibility maps for solar and wind energy were created using weighted linear combination in a GIS environment. The results show the priority of Yozyavon, Dangara and Buvayda districts for solar energy, and the relative prospects of local corridors such as the Kokand-Yozyovan corridor for wind energy. Integration of infrastructure layers increases the accuracy of the final location selection and reduces the gap between theoretical resource potential and practical implementation. The proposed approach can serve as a scalable model for regional energy planning, deployment of hybrid systems and scientific justification of investment decisions in developing regions.*

Kalit so‘zlar: *AHP, elektr infratuzilmasi, Farg‘ona viloyati, GIS, masofaviy zondlash.*

Ключевые слова: *метод аналитической иерархии (АНР), электротехническая инфраструктура, Ферганский регион, ГИС, дистанционное зондирование.*

Keywords: *AHP, electrical infrastructure, Fergana region, GIS, remote sensing.*

1. Kirish

Jahon miqyosida energiyaga bo‘lgan talabning barqaror o‘sishi, qazilma yoqilg‘ilar bilan bog‘liq ekologik bosim va uglerod chiqindilarini kamaytirish zarurati qayta tiklanuvchi energiya tizimlarini hududiy asosda puxta rejalashtirishni dolzarb masalaga aylantirdi [1,2]. Past uglerodli iqtisodiyotga o‘tish nafaqat yangi energiya quvvatlarini yaratishni, balki ular uchun fazoviy jihatdan maqbul joylarni aniqlashni ham talab qiladi. Shu ma’noda qayta tiklanuvchi energiya obyektlarini hududiy tanlash masalasi faqat tabiiy resurslarning mavjudligini baholash bilan cheklanmay, balki texnik, iqtisodiy va infratuzilmaviy shartlarning o‘zaro uyg‘unligini ham hisobga olishi lozim.

O‘zbekiston energetika tizimi uzoq vaqt davomida markazlashgan issiqlik elektr stansiyalariga tayangan holda shakllandi. Mamlakatda elektr energiyasining asosiy qismi tabiiy gazga asoslangan issiqlik stansiyalarida ishlab chiqarilishi energiya intensivligi va ekologik yuklamani oshirib kelmoqda [3, 4]. Shu bilan birga, elektr uzatish va taqsimlash tarmoqlaridagi yo‘qotishlar, hududlar bo‘yicha notekis ta’minot va yangi talab markazlarining shakllanishi qayta tiklanuvchi energiya manbalarini hududiy rejalashtirishni yanada muhimlashtiradi.

Farg‘ona viloyati aholi zichligi yuqori, sanoat va qishloq xo‘jaligi intensiv rivojlangan, energiyaga bo‘lgan talab barqaror ortib borayotgan mintaqalardan biridir. Viloyatning tabiiy-geografik sharoiti, vodiysimon landshaft tuzilishi, sug‘oriladigan yerlarning katta ulushi va elektr infratuzilmasining notekis joylashuvi sababli qayta tiklanuvchi energiya obyektlarini joylashtirish masalasi murakkab ko‘p omilli vazifa sifatida namoyon bo‘ladi. Ayniqsa, tabiiy resurs salohiyati yuqori bo‘lgan hududlar amaliy jihatdan har doim ham eng qulay joylar bo‘lavermaydi.

Masofaviy zondlash va geografik axborot tizimlari qayta tiklanuvchi energiya resurslarini hududiy tahlil qilishda samarali analitik vosita hisoblanadi [5,6]. Bunday texnologiyalar quyosh radiatsiyasi, yer qoplami, relyef, shamol tezligi va antropogen omillarni bir fazoviy platformada birlashtirish imkonini beradi. Ko‘p mezonli qarorlar tahlili, ayniqsa Analitik ierarxiya jarayoni, turli tabiatdagi mezonlarning nisbiy ahamiyatini baholab, yakuniy moslik modelini shakllantirishda keng qo‘llaniladi [7,8].

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.15

Ilgari olib borilgan tadqiqotlarning muhim qismi qayta tiklanuvchi energiya xaritalashda asosan tabiiy omillarga tayanib, elektr tarmog‘iga yaqinlik, podstansiyalar joylashuvi, yo‘l infratuzilmasi va iste’mol markazlari kabi amaliy mezonlarni yetarlicha qamrab olmagan [9–11]. Natijada ko‘plab xaritalar nazariy resurs salohiyatini yaxshi aks ettirgan bo‘lsa-da, ularning amaliy investitsion va hududiy rejalashtirish qiymati cheklangan bo‘lib qolgan.

Ushbu maqolaning maqsadi Farg‘ona viloyati misolida masofaviy zondlash, GIS, MCDA va AHP asosida qayta tiklanuvchi energiyani hududiy xaritalash metodologiyasini elektr infratuzilmasi va fazoviy energiya talabi omillari bilan boyitishdan iborat. Tadqiqotning ilmiy yangiligi shundaki, unda qayta tiklanuvchi energiya mosligi tabiiy resurslar, yer foydalanishi, relyef va infratuzilmaviy ulanish imkoniyati birgalikda baholanadi. Bu yondashuv nazariy salohiyat bilan amaliy joriy etish imkoniyati o‘rtasidagi tafovutni qisqartirishga qaratilgan.

2. Materiallar va tadqiqot usullari

Ushbu maqolaning tadqiqot hududi sifatida Farg‘ona viloyati tanlandi. Viloyat O‘zbekistonning sharqiy qismida joylashgan va viloyatning iqtisodiy va demografik faolligi uni qayta tiklanuvchi energiyani hududiy rejalashtirish uchun qulay tadqiqot maydoniga aylantiradi. Hudud tekislik, sug‘orma dehqonchilik maydonlari, sanoat markazlari va transport koridorlari bilan tavsiflanadi. Bunday murakkab hududiy tarkib tabiiy resurslar bilan bir qatorda yer mojarolari va tarmoqqa ulanish muammolarini ham hisobga olish zaruratini yuzaga keltiradi.

Maqola ketma-ket bosqichlar asosida tashkil etildi: ma’lumotlarni yig‘ish va georeferenslash, mezon qatlamlarini shakllantirish, mezonlarni standartlashtirish, AHP asosida vaznlash, GIS muhitida vaznli overlay orqali moslik xaritalarini tuzish, infratuzilma bilan moslashtirilgan yakuniy qatlamni olish hamda sezgirlik tahlilini o‘tkazish. Mazkur yondashuv qayta tiklanuvchi energiya mosligini faqat resurs darajasi emas, balki joriy etish imkoniyati asosida ham talqin qilishga imkon beradi.

Olib borilgan tadqiqotda ma’lumotlar bazasi Landsat 8 OLI/TIRS, Sentinel-2 MSI, DEM, elektr uzatish tarmoqlari, podstansiyalar, avtomobil yo‘llari, aholi punktlari va cheklangan hududlar qatlamlaridan foydalanildi. Landsat 8 va Sentinel-2 tasvirlari yer qoplami va sirt xususiyatlarini ajratish uchun, DEM esa qiyalik va aspekt qatlamlarini hosil qilish uchun qo‘llanildi. Vektor ma’lumotlar elektr tarmog‘iga, podstansiyalarga va yo‘llarga masofa rasterlarini ishlab chiqish uchun ishlatildi [12,13].

Quyosh modeli uchun quyosh radiatsiyasi, qiyalik, aspekt, yer qoplami, elektr tarmog‘iga masofa, podstansiyaga masofa, yo‘lga masofa va talab markazlariga yaqinlik mezonlari tanlandi. Shamol modeli uchun shamol tezligi, qiyalik, relyef ekspozitsiyasi, yer qoplami va infratuzilmaga yaqinlik mezonlari ustuvor ahamiyat kasb etdi. Mazkur mezonlar tabiiy qulaylik va amaliy ulanishni birgalikda baholash uchun tanlandi.

Barcha raster ma’lumotlar yagona koordinata tizimiga keltirildi, resampling bajarildi va Farg‘ona viloyati chegarasi bo‘yicha kesildi. Landsat 8 va Sentinel-2 tasvirlari uchun atmosfera tuzatishlari va spektral kanallarni birlashtirish amallari bajarildi. Yer qoplami klassifikatsiyasi asosida ochiq yerlar, kam konfliktli hududlar, qishloq xo‘jaligi yerlari, urban hududlar, suv obyektlari va cheklangan zonalar ajratildi. DEM asosida qiyalik va aspekt qatlamlari hosil qilindi. Ushbu ma’lumotlar 1-jadvalda keltirilgan.

Turli birliklarda berilgan mezonlar 1 dan 5 gacha bo‘lgan umumiy moslik shkalasiga o‘tkazildi. Qiyalikning kichik qiymatlari yuqori moslik, katta qiymatlari past moslik sifatida baholandi. Elektr uzatish tarmoqlari va podstansiyalarga yaqin hududlar yuqori, uzoq hududlar past moslik balli bilan baholandi. Yer qoplami sinflari qurilish va foydalanish mojarolari ehtimoli asosida qayta guruhlashtirildi. Mezonlarni standartlashtirish sxemasi 2-jadvalda berilgan.

Mezonlar nisbiy ahamiyatini aniqlash uchun Saaty shkalasiga asoslangan juft taqqoslash matritsasi tuzildi [7]. Har bir matritsa bo‘yicha normalizatsiyalangan og‘irliklar va izchillik koeffitsienti hisoblandi. Izchillik nisbati $CR \leq 0.10$ sharti bajarilganda vaznlash natijalari qabul

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.15

qilindi. Bu usul mezonlar orasidagi subyektiv munosabatni formallashtirib, modelning metodik shaffofligini oshiradi.

Yakuniy moslik indeksi quyidagicha aniqlanadi:

$$RESI = \sum_{i=1}^{n} \omega_i \cdot x_i \quad (1)$$

bu yerda: RESI — qayta tiklanuvchi energiya moslik indeksi, ω_i — i-mezonning vazni, x_i — i-mezonning standartlashtirilgan qiymati. Hisoblash natijalarida yuqori qiymatlar yuqori moslik darajasini anglatadi.

1-jadval

Tadqiqotda foydalanilgan fazoviy ma’lumotlar tarkibi

Ma’lumot qatlami	**Manba**	**Aniqlik**	**Hosil qilingan ko‘rsatkich**	**Tahlildagi vazifasi**
Landsat 8 OLI/TIRS	USGS	30 m	Yer qoplami, sirt xususiyatlari	Ekologik va hududiy skrining
Sentinel-2 MSI	Copernicus	10–20 m	Yer qoplami tafsilotlari	Klassifikatsiyani aniqlashtirish
DEM	NASA/USGS	~30 m	Qiyalik, aspekt, balandlik	Relyef mosligini baholash
Elektr tarmoqlari va podstansiyalar	Rasmiy GIS ma’lumotlari	Vektor	Masofa rasterlari	Ulanish imkoniyatini baholash

2-jadval

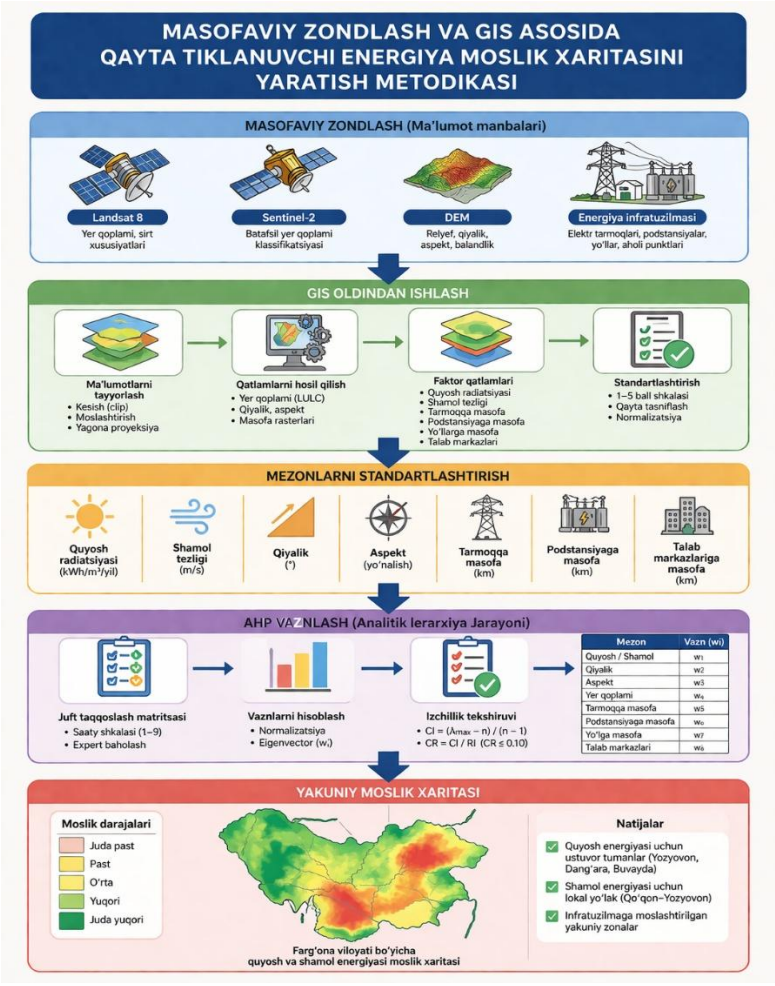
Mezonlarni standartlashtirish sxemasi

Mezon	**Asl ko‘rsatkich**	**Standartlashtirish qoidasi**	**Moslik balli**
Qiyalik	Daraja	0–3 juda yuqori; 3–7 yuqori; 7–15 o‘rta; >15 past	5–1
Aspekt	DEM asosida	Janubiy yuqori; sharq/g‘arb o‘rta; shimoliy past	5–1
Yer qoplami	Klassifikatsiya	Ochiq yer yuqori; urban, suv va cheklangan hududlar past yoki 0	5–0
Tarmoqqa masofa	m yoki km	Yaqin yuqori; o‘rta o‘rta; uzoq past	5–1

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.15



1-rasm. Farg‘ona viloyatining joylashuvi, tumanlar, asosiy yo‘llar, elektr uzatish tarmoqlari va podstansiyalar ko‘rsatiladigan yuqori aniqlikdagi xarita (300 dpi va undan yuqori)

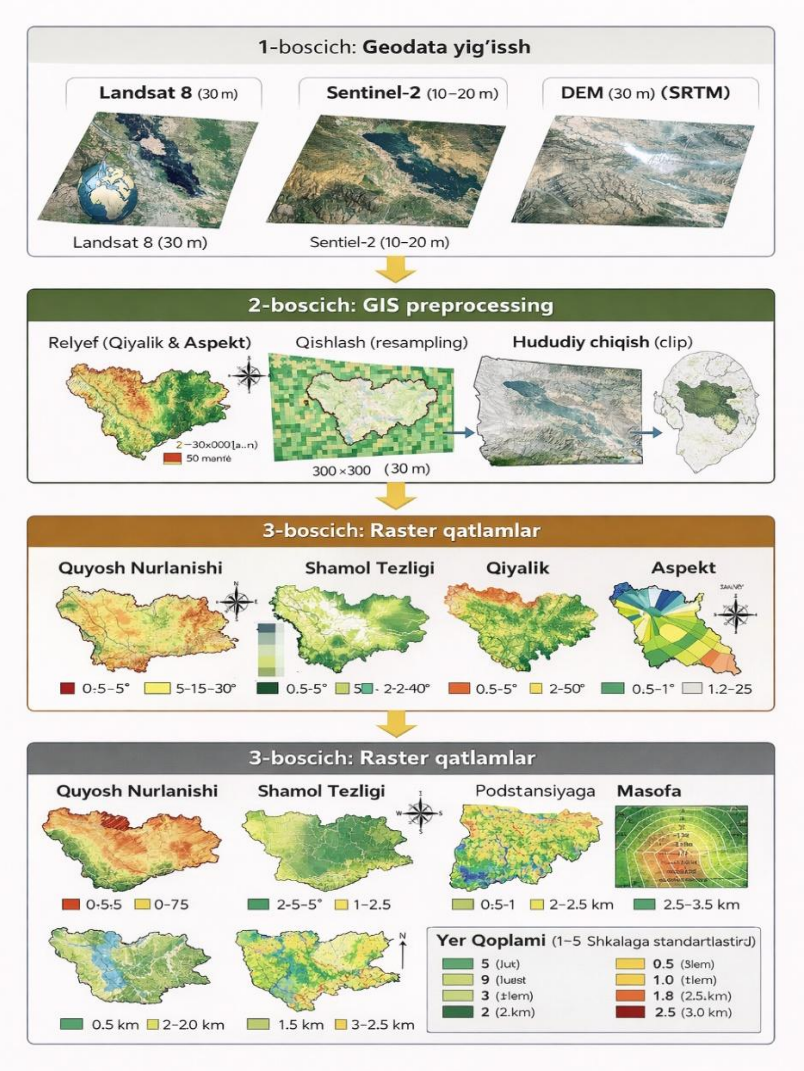


2-rasm. Masofaviy zondlash → GIS oldindan ishlash → mezonlarni standartlashtirish → AHP vaznlash → yakuniy moslik xaritasi ko‘rinishidagi metodik blok-sxema

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.15

Natijalar. Tahlil natijalari quyosh energiyasi bo‘yicha yuqori va juda yuqori moslikka ega hududlar asosan Yozyovon, Dang‘ara va Buvayda tumanlarida to‘planganini ko‘rsatdi. Ushbu tumanlarda nisbatan qulay relyef, mos yer qoplami va tarmoqqa ulanish imkoniyatining mavjudligi yakuniy moslik ballarini oshirgan. Bu holat quyosh energetikasini rivojlantirishda tabiiy nurlanish bilan bir qatorda infratuzilmaviy moslik ham hal qiluvchi rol o‘ynashini tasdiqlaydi 3- rasmda AHP vaznlarining o‘zgarishiga nisbatan sezgirlik tahlili diagrammasi yoki taqqoslovchi xaritalar ko’rsatilgan.

Shamol modeli quyosh modeliga nisbatan ancha lokal va parchalangan fazoviy ko‘rinishni namoyon etdi. Nisbatan yuqori moslik asosan Qo‘qon–Yozyovon yo‘lagi va ayrim lokal koridorlarda kuzatildi. Bu natija vodiysimon relyefda shamol resurslari hududiy jihatdan ancha tanlab joylashishini ko‘rsatadi. Shu sababli shamol energetikasi Farg‘ona viloyatida umumiy hududiy resurs emas, balki aniq joylashuvga bog‘liq imkoniyat sifatida talqin qilinishi kerak. Shamol energiyasi moslik xaritasi 3-rasmda tasvirlangan.

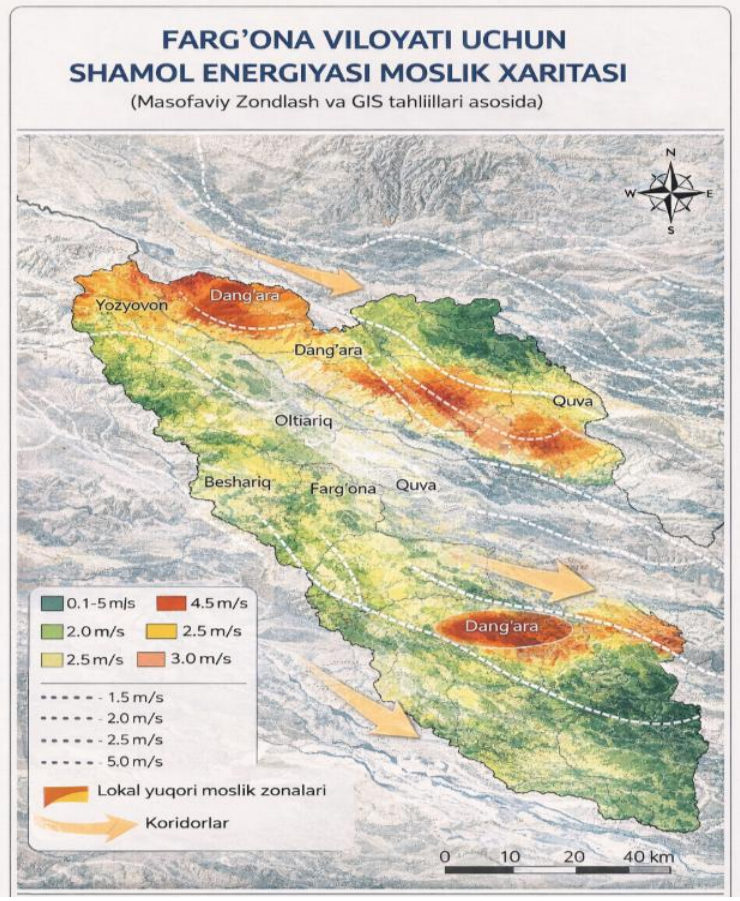


3-rasm. AHP vaznlarining o‘zgarishiga nisbatan sezgirlik tahlili diagrammasi yoki taqqoslovchi xaritalar

Tabiiy resursga asoslangan dastlabki model bilan infratuzilmaga moslashtirilgan model qiyoslanganda, ayrim ekologik jihatdan qulay hududlar elektr tarmog‘idan uzoqligi sababli ustuvor mavqeini yo‘qotgani, ayrim boshqa hududlar esa podstansiyalar va uzatish tarmoqlariga yaqinligi tufayli yuqoriroq baholanganligi aniqlandi. Demak, elektr infratuzilmasi qayta

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.15

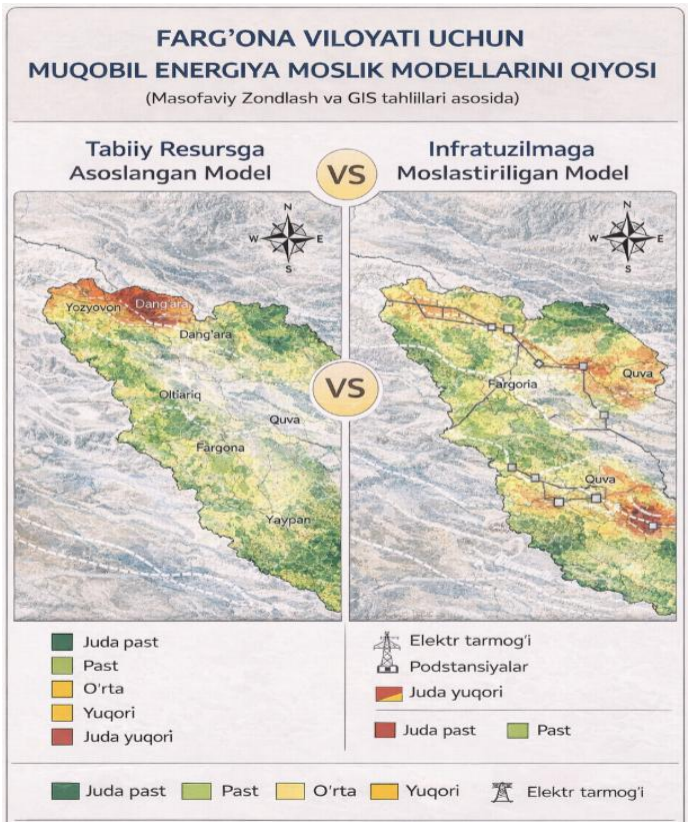
tiklanuvchi energiya xaritalashda yordamchi emas, balki strukturaviy mezon sifatida qaralishi kerak. Tabiiy resursga asoslangan model va infratuzilmaga moslashtirilgan model o‘rtasidagi farqlar 4-rasmda keltirilgan.



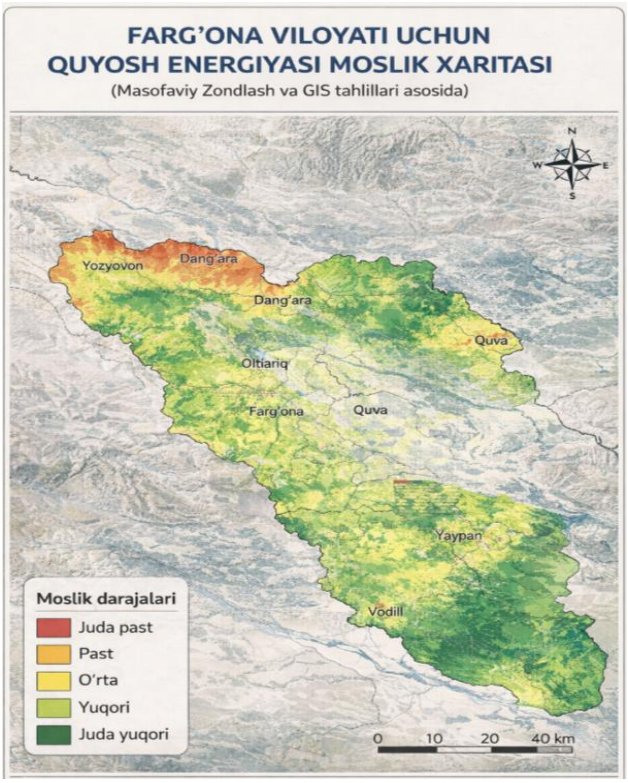
4-rasm. Shamol energiyasi moslik xaritasi: lokal yuqori moslik zonalari va koridorlar.

Quyosh va shamol natijalarini hamda mavjud tarmoq arxitekturasini birgalikda tahlil qilish Farg‘ona viloyatida differensial yondashuv maqsadga muvofiq ekanini ko‘rsatadi. Ya’ni quyosh energiyasi uchun kengroq hududiy tayanch zonalar ajratilishi, shamol energetikasi esa alohida koridorlar bo‘yicha pilot va sinov loyihalari tarzida rivojlantirilishi lozim. Bunday yondashuv gibrid energiya tizimlarini hududiy rejalashtirish uchun ham ilmiy asos yaratadi. Quyosh energiyasi moslik xaritasi 5-rasmda keltirilgan.

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.15



5-rasm. Tabiiy resursga asoslangan model va infratuzilmaga moslashtirilgan modelning qiyosiy xaritasi



6-rasm. Quyosh energiyasi moslik xaritasi: juda past, past, o‘rta, yuqori va juda yuqori sinflar

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.15

3-jadval
Ustuvor hududlar bo‘yicha umumlashtirilgan natijalar

Hudud	**Ustun resurs**	**Moslik darajasi**	**Infratuzilma holati**	**Rejalashtirish xulosasi**
Yozyovon	Quyosh	Yuqori/Juda yuqori	Qulay	Bosqichma-bosqich quyosh loyihalari uchun ustuvor
Dang‘ara	Quyosh	Yuqori/Juda yuqori	Qulay	Katta quvvatli PV loyihalari uchun nomzod
Buvayda	Quyosh	Yuqori	O‘rtacha–qulay	Ikkinchi ustuvor hudud
Qo‘qon–Yozyovon yo‘lagi	Shamol	O‘rta/Yuqori	Tarmoqqa bog‘liq	Pilot shamol loyihalari uchun potensial zona

Muhokama. Olingan natijalar qayta tiklanuvchi energiya joy tanlashda infratuzilmaviy omillarni e’tiborga olish model natijalarini sezilarli darajada o‘zgartirishini ko‘rsatdi. Oldingi ko‘plab ishlarda quyosh yoki shamol salohiyati yetarli aniqlikda tasvirlangan bo‘lsa-da, amaliy joriy etish xarajatlari va tarmoqqa integratsiya masalalari ikkinchi darajali ko‘rilgan [9–11]. Mazkur maqolada esa tabiiy resurslar va elektr infratuzilmasi yagona modelga birlashtirildi.

Metodologik nuqtai nazardan, GIS–MCDA–AHP kombinatsiyasi fazoviy qaror qabul qilish muammolari uchun mos va asoslangan yondashuv hisoblanadi [6,8]. Biroq mazkur usulning kuchi to‘g‘ri tanlangan mezonlar va ularning o‘zaro nisbatlarini mantiqan asoslab berishda namoyon bo‘ladi. Agar mezonlar puxta tanlanmasa yoki vaznlash subyektiv ravishda bajarilsa, yakuniy moslik xaritasi chiroyli ko‘rinsa-da, amaliy qiymati past bo‘lishi mumkin. Shu sababli ushbu tadqiqotda izchillik koeffitsienti va sezgirlik tahliliga alohida e’tibor qaratildi.

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, Farg‘ona viloyati sharoitida quyosh energiyasi ustun resurs bo‘lib, shamol energiyasi esa lokal qo‘shimcha manba sifatida ko‘rilishi kerak. Bu xulosa hududning landshaft va infratuzilma xususiyatlari bilan mos keladi. Shuningdek, yuqori moslikka ega bo‘lgan barcha hududlar bir xil investitsion jozibadorlikka ega emasligi ham aniq bo‘ldi. Chunki yer qoplamining huquqiy maqomi, qishloq xo‘jaligi yerlari bilan raqobat, qurilish kirish yo‘llari va ulanish xarajatlari oxirgi qarorga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi.

Shu bilan birga, tadqiqotning ayrim cheklovlari mavjud. Birinchidan, mintaqaviy darajadagi moslik tahlili maydon darajasidagi geotexnik va iqtisodiy asoslashni to‘liq almashtirmaydi. Ikkinchidan, shamol rejimi bo‘yicha yuqori aniqlikdagi meteorologik kuzatuvlar mavjud bo‘lsa, model yanada aniqlashadi. Uchinchidan, energiya saqlash tizimlari, yuklama profillari va iqtisodiy optimallashtirish qo‘shilsa, tadqiqotning amaliy qiymati yanada ortadi.

Xulosa. Farg‘ona viloyati misolida masofaviy zondlash, GIS, MCDA va AHP asosida ishlab chiqilgan ushbu metodologiya qayta tiklanuvchi energiyani hududiy xaritalashda tabiiy va infratuzilmaviy omillarni birlashtirish zarurligini isbotlaydi. Natijalar quyosh energetikasi uchun Yozyovon, Dang‘ara va Buvayda tumanlari ustuvorligini, shamol energetikasi uchun esa Qo‘qon–Yozyovon yo‘lagi kabi lokal hududlarning nisbatan istiqbolliligini ko‘rsatdi.

Infratuzilmaviy qatlamlar integratsiyasi natijalarni amaliy rejalashtirishga yaqinlashtirdi va faqat tabiiy salohiyatga asoslangan yondashuvning cheklanganligini namoyon etdi. Taklif etilgan yondashuv rivojlanayotgan hududlarda qayta tiklanuvchi energiya loyihalarini dastlabki saralash,

DOI: 10.65322/j.srd.03172026.15

hududiy energetik rejalashtirish va gibrid energiya tizimlarini shakllantirish uchun qo‘llanishi mumkin.

Ushbu natijalar qayta tiklanuvchi energiya loyihalarini joylashtirishda faqat tabiiy resurs emas, balki infratuzilmaviy moslik ham hal qiluvchi omil ekanini tasdiqlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. IEA. (2021). World Energy Outlook 2021. International Energy Agency.
2. IRENA. (2022). Renewable Energy Statistics 2022. International Renewable Energy Agency.
3. World Bank. (2020). Energy sector background materials for Uzbekistan. World Bank.
4. IEA. (2022). Uzbekistan 2022: Energy Policy Review. International Energy Agency.
5. Weng Q. (2010). Remote Sensing and GIS Integration: Theories, Methods, and Applications. New York: McGraw-Hill.
6. Malczewski J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature. International Journal of Geographical Information Science, Vol. 20(7), 703-726.
7. Saaty T. L. (1980). The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill.
8. Saaty T. L. (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. Mathematical Modelling, Vol. 9(3–5), 161-176.
9. Janke J. R. (2010). Multicriteria GIS modeling of wind and solar farms in Colorado. Renewable Energy, Vol. 35(10), 2228-2234.
10. Noorollahi E., Fadai D., Akbarpour Shirazi M., va Ghodsipour S. H. (2016). Land suitability analysis for solar farms exploitation using GIS and fuzzy analytic hierarchy process (FAHP): A case study of Iran. Energies, Vol. 9(8), 643.
11. Al Garni H. Z. va Awasthi A. (2017). Solar PV power plant site selection using a GIS-AHP based approach with application in Saudi Arabia. Applied Energy, Vol. 206, 1225-1240.
12. USGS. (2024). Landsat 8 mission characteristics and data specifications. United States Geological Survey.
13. Farr T. G., Rosen P. A., Caro E., va boshq. (2007). The Shuttle Radar Topography Mission. Reviews of Geophysics, Vol. 45(2), RG2004.