

UO‘K 620.91:332.334:528.9

SHAMOL ENERGETIKASI OBYEKTлари UCHUN YER MAYDONLARINI TANLASHDA GIS TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANISHNING XORIJIY VA MAHALLIY TAJRIBASI

Q.M.Muxamadov

Buxoro davlat texnika universiteti “Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari” kafedrası o‘qituvchisi.

F.Sh.Xudoyberdiyev

Buxoro davlat texnika universiteti “Yer resurslaridan foydalanish va davlat kadastrlari” kafedrası professori.

Annotatsiya. Ushbu maqolada shamol energetikasi obyektlarini joylashtirish uchun yer maydonlarini tanlashda geoaxborot tizimlari (GIS) va ko‘p mezonli tahlil usullaridan (AHP, Fuzzy AHP, VIKOR va boshqalar) foydalanishning xorijiy tajribasi tahlil qilingan. Yevropa (Gretsiya, Turkiya, Germaniya), Osiyo (Xitoy, Sudan) va Markaziy Osiyo (Qozog‘iston) mamlakatlarida qo‘llanilayotgan uslubiy yondashuvlar qiyosiy o‘rganilgan. Shuningdek, O‘zbekistonda shamol energetikasi salohiyatini baholash bo‘yicha olib borilgan ishlar (Jahon banki ko‘magidagi shamol atlası loyihasi, Global Wind Atlas ma‘lumotlari) sharhlangan. Tahlil natijasida O‘zbekistonda, jumladan Buxoro viloyatida, yer kadastrı ma‘lumotlarini GIS-asoslangan ko‘p mezonli tahlil usullari bilan integratsiyalashgan yagona yer tanlash metodikasi hali yetarli darajada ishlab chiqilmaganligi aniqlandi.

Kalit so‘zlar: geoaxborot tizimlari (GIS), shamol energetikasi, yer kadastrı, ko‘p mezonli tahlil, Analitik ierarxiya jarayoni (AHP), yer maydonini tanlash, yer tuzish, Buxoro viloyati.

KIRISH

Dunyo miqyosida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishning kengayishi, xususan shamol energetikasining rivojlanishi, ushbu obyektlarni joylashtirish uchun yer resurslarini ilmiy asoslangan tarzda tanlash zaruratini keltirib chiqarmoqda. O‘zbekiston Respublikasida "2020–2030 yillarda O‘zbekiston Respublikasini elektr energiyasi bilan ta‘minlash konsepsiyasi"ga muvofiq 2030 yilgacha 3 GVt quvvatga ega shamol elektr stansiyalarini qurish rejalashtirilgan bo‘lib, bu yer resurslarini samarali va ilmiy asoslangan tarzda taqsimlashni talab etadi.

Shu bilan birga, yer maydonlarini tanlash jarayoni ko‘plab omillarni — *shamol salohiyati, relyef xususiyatlari, yer toifasi va egalik huquqi, infratuzilmaga yaqinlik, ekologik va ijtimoiy cheklovlarini* — bir vaqtda hisobga olishni talab qiladigan murakkab masaladir. Geoaxborot tizimlari (GAT) va ko‘p mezonli tahlil (Multi-Criteria Decision Analysis, MCDA) usullarining integratsiyasi ushbu muammoni hal etishning jahon amaliyotida keng tan olingan vositasiga aylangan.

Ushbu maqolaning maqsadi — shamol energetikasi obyektlari uchun yer maydonlarini GIS asosida tanlashning xorijiy tajribasini tahlil qilish, O‘zbekistondagi mavjud holatni sharhlash va kelgusi tadqiqotlar uchun uslubiy asosni belgilashdan iborat.

GIS va ko‘p mezonli tahlil usullarining xorijiy tajribasi - Yevropa mamlakatlarida GIS-MCDA integratsiyasiga asoslangan tadqiqotlar eng ko‘p to‘plangan yo‘nalishlardan biri

hisoblanadi. Yunonistonning mintaqaviy sharoitida o‘tkazilgan tadqiqotda GIS - asoslangan ko‘p mezonli baholash usuli qo‘llanilib, shamol elektr stansiyalari uchun mos hududlarni aniqlashning regional miqyosdagi modeli ishlab chiqilgan [1]. Shu mamlakatda keyinchalik dengiz osti (offshore) shamol elektr stansiyalari uchun ham GIS bilan ko‘p mezonli qaror qabul qilish usullarini birlashtirgan integratsiyalashgan yondashuv taklif etilgan, unda rasmiy ma’lumotlar turli formatlarda GIS qatlamlariga aylantirilib, potensial hududlar reytinglangan [5].

G‘arbiy Turkiya misolida o‘tkazilgan tadqiqotda shamol energetikasi tizimlarini hududiy rejalashtirish nuqtai nazaridan ekologik baholash uchun GIS qo‘llanilgan [2]. Keyingi tadqiqotlarda esa Adana provinsiyasi misolida GIS va Analitik ierarxiya jarayoni (AHP) usullari birlashtirilgan holda qo‘llanilib, tekshirilgan hududning 9,94 foizi shamol elektr stansiyasi qurish uchun yuqori darajada mos, 51,66 foizi esa o‘rtacha darajada mos deb baholangan; tadqiqotda texnik, iqtisodiy va ekologik mezonlar uch xil o‘lchamda birga hisobga olingan [4].

Amerika Qo‘shma Shtatlarining G‘arbiy Virjiniya shtati misolida o‘tkazilgan tadqiqotda ekspertlar fikriga asoslangan ikki bosqichli yondashuv qo‘llanilgan: birinchi bosqichda ko‘p mezonli tahlil orqali dastlabki mos hududlar aniqlangan, ikkinchi bosqichda esa natijalar qo‘shimcha mezonlar bilan aniqlashtirilgan [3]. Xitoyning Vafandyan (Wafangdian) hududida olib borilgan tadqiqotda интервал turdagi AHP (IAHP) va stoxastik VIKOR usullari GIS vositasi bilan birlashtirilib qo‘llanilgan bo‘lib, natijada tekshirilgan hududning 30,2 foizi shamol elektr stansiyasi joylashtirish uchun qulay deb topilgan [6]. Sudan misolida milliy miqyosda o‘tkazilgan tadqiqotda GIS va loyqa (fuzzy) AHP usuli birlashtirilib, yuqori aniqlikdagi shamol elektr stansiyalari uchun moslik xaritasi tuzilgan; ushbu tadqiqotda mualliflar Germaniya, Gretsiya va Xitoyda o‘tkazilgan o‘xshash tadqiqotlarni ham qiyosiy tahlil qilgan [8].

Markaziy osiyo mintaqasidagi tajriba - O‘zbekistonga iqlim va yer resurslari jihatidan yaqin bo‘lgan Qozog‘istonda ham so‘nggi yillarda GIS-asoslangan yer moslik tahlili yo‘nalishida qator tadqiqotlar amalga oshirilgan. Qizilo‘rda viloyati misolida sug‘orish uchun yer moslik darajasini baholashda tuproq xususiyatlari, relyef, suv manbalariga yaqinlik va mavjud yer foydalanish holati kabi ko‘plab omillar QGIS dasturi va AHP usuli (Saaty shkalasi asosida juftlik taqqoslash) yordamida birlashtirilgan; shu tadqiqotda O‘zbekistonning Qoraqalpog‘iston Respublikasi Chimboy tumani misolida paxta yetishtirish uchun optimal hududlarni aniqlashga qaratilgan o‘xshash GIS-modeli ham qiyosiy tilga olingan [9]. Ulitov viloyatining Jonaqala tumani misolida esa masofaviy zondlash va GIS vositalari yordamida quruq (arid) hududlardagi yer resurslarining holatini baholash uslubiyoti ishlab chiqilgan [10]. Xitoyning qurg‘oqchil va yarim qurg‘oqchil hududlarida quyosh energetikasi obyektlari uchun yer moslik darajasini aniqlashda Bulian mantiq va Bayes Eng Yaxshi–Eng Yomon usulini birlashtirgan ko‘p bosqichli baholash tizimi qo‘llanilgan bo‘lib, bu kabi yondashuvlar shamol energetikasi uchun ham metodik jihatdan mos keladi [11].

O‘zbekistonda shamol energetikasi va gis bo‘yicha mavjud holat-O‘zbekistonda shamol energetikasi salohiyatini baholash yo‘nalishida dastlabki jiddiy qadamlardan biri Jahon banki (Xalqaro tiklanish va taraqqiyot banki) ko‘magida amalga oshirilgan bo‘lib, Talimarjan issiqlik elektr stansiyasi loyihasi doirasida Germaniyaning Intec-GOPA va GEONET kompaniyalari bilan hamkorlikda mamlakatning interaktiv raqamli shamol atlasini ishlab chiqilgan. Dastlabki (ehtiyotkorona) baholarga ko‘ra, O‘zbekistonning shamol energiyasi

salohiyati 520 000 MVt dan ortiq o‘rnatilgan quvvat va yiliga bir milliard MVt-soatdan ortiq elektr energiyasi ishlab chiqarish imkoniyatiga ega deb baholangan; shamol atlas asosida Navoiy viloyati va Qoraqalpog‘iston janubidagi ikki istiqbolli hudud aniqlangan va ularda 85 metrlik meteorologik mastlar o‘rnatilgan [12].

Xalqaro miqyosda esa Jahon banki va Daniya Texnika universiteti (DTU) Shamol energetikasi bo‘limi hamkorligida 2017 yilda ishga tushirilgan Global Wind Atlas platformasi dunyoning istalgan nuqtasi uchun 1 km, keyinchalik 250 metrgacha aniqlikdagi bepul GIS ma‘lumotlarini taqdim etadi, bu esa siyosat ishlab chiquvchilar va investorlarga shamol energetikasi uchun istiqbolli hududlarni oldindan baholash imkonini beradi [13]. Shunga qaramay, O‘zbekiston miqyosidagi so‘nggi tadqiqotlarda ta‘kidlanishicha, shamol resurslari haqida to‘liq va aniq tasavvur hosil qilish uchun meteorologik stansiyalar, sun‘iy yo‘ldosh kuzatuvlari va raqamli modellarni integratsiyalashgan mintaqaviy darajadagi batafsil tadqiqotlar hali yetarli emas [14]. Bundan tashqari, mavjud tadqiqotlar asosan shamol salohiyatini baholashga qaratilgan bo‘lib, tanlangan hududlarning yer kadastr ma‘lumotlari (yer toifasi, huquqiy holati, kadastr qiymati) bilan tizimli bog‘lash masalasi ilmiy jihatdan deyarli o‘rganilmagan.

O‘tkazilgan tahlil shuni ko‘rsatadiki, xorijiy tajribada shamol energetikasi obyektlari uchun yer tanlashning uslubiy asosini asosan GIS va ko‘p mezonli tahlil (AHP, Fuzzy AHP, VIKOR, Boolean overlay) usullarining integratsiyasi tashkil etadi. Quyidagi jadvalda ko‘rib chiqilgan tadqiqotlarning asosiy uslubiy xususiyatlari umumlashtirilgan.

1-jadval

Shamol energetikasi obyektlari uchun yer maydonlarini tanlashda qo‘llanilgan GIS-asoslangan uslublarning xorijiy va mahalliy tajribadagi qiyosiy tahlili jadvali

Mamlakat / hudud	Qo‘llanilgan usul	Asosiy mezonlar
Gretsiya (mintaqaviy)	GIS + ko‘p mezonli baholash	Shamol salohiyati, relyef, infratuzilma
Gretsiya (offshore)	GIS + MCDM	Rasmiy ma‘lumotlar qatlamlari, dengiz chuqurligi
G‘arbiy Turkiya	GIS-ekologik baholash	Landshaft, ekologik cheklovlar
Adana, Turkiya	GIS + AHP	Texnik, iqtisodiy, ekologik mezonlar
G‘arbiy Virjiniya, AQSH	Ikki bosqichli MCDA	Ekspert baholash, hududiy cheklovlar
Vafandyan, Xitoy	GIS + IAHP + VIKOR	Noaniqlik ostida ko‘p mezonli reyting
Sudan (milliy)	GIS + Fuzzy AHP	Shamol tezligi, masofa mezonlari
Qizilo‘rda, Qozog‘iston	QGIS + AHP (Saaty)	Tuproq, relyef, suv manbai, yer foydalanish
O‘zbekiston (umumiy)	Shamol atlas (raqamli model)	Shamol tezligi, yo‘nalishi, balandlik

O‘zbekiston, jumladan Buxoro viloyati sharoitida esa yer resurslarining aksariyati sug‘oriladigan qishloq xo‘jaligi yerlari, davlat zaxira yerlari va turli huquqiy maqomdagi yerlardan iborat bo‘lganligi sababli, kadastr ma‘lumotlarini GIS-MCDA modeliga chuqur integratsiyalashgan tarzda kiritish alohida ilmiy-uslubiy ahamiyat kasb etadi.

Xulosa - O‘tkazilgan tahlil natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1) Xorijiy tajribada shamol energetikasi obyektlari uchun yer tanlashda GIS va ko‘p mezonli tahlil usullarining integratsiyasi keng qo‘llaniladigan va samarali usul sifatida tan olingan;

2) Markaziy Osiyo mintaqasida, xususan Qozog‘istonda, GIS-AHP asosidagi yer moslik tahlili amaliyoti rivojlanib bormoqda, biroq bu tajriba asosan qishloq xo‘jaligi va sug‘orish sohasiga qaratilgan;

4) Shu sababli, Buxoro viloyati misolida yer kadastrı ma’lumotlari va GIS-MCDA usullarini birlashtirgan kompleks baholash uslubiyotini ishlab chiqish dolzarb ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi va bu keyingi tadqiqotlarning asosiy yo’nalishini tashkil etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO’YXATI:

1. Latinopoulos D., Kechagia K. A GIS-based multi-criteria evaluation for wind farm site selection. A regional scale application in Greece // Renewable Energy. – 2015. – Vol. 78. – P. 550–560. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.01.041>
2. Aydin N.Y., Kentel E., Duzgun S. GIS-based environmental assessment of wind energy systems for spatial planning: A case study from Western Turkey // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2010. – Vol. 14, № 1. – P. 364–373. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.023>
3. GIS-based multi-criteria decision analysis of utility-scale wind farm site suitability in West Virginia // GeoJournal. – 2021. <https://doi.org/10.1007/s10708-021-10453-y>
4. A GIS-based multi-criteria decision-making approach (GIS-MCDM) for determination of the most appropriate site selection of onshore wind farm in Adana, Turkey // Clean Technologies and Environmental Policy. – 2024. <https://doi.org/10.1007/s10098-024-02866-3>
5. Multi-Criteria GIS-based offshore wind farm site selection: Case study in Greece // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2024. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032124006889>
6. Xu Y., Li Y., Zheng L. Site selection of wind farms using GIS and multi-criteria decision making method in Wafangdian, China // Energy. – 2020. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544220313293>
7. Global Wind Atlas // World Bank, DTU Wind Energy. – 2017–2018. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Wind_Atlas
8. A High-Resolution Wind Farms Suitability Mapping Using GIS and Fuzzy AHP Approach: A National-Level Case Study in Sudan // Sustainability (MDPI). – 2022. – Vol. 14, № 1. – Art. 358. <https://doi.org/10.3390/su14010358>
9. Geospatial Technology Utilization for Evaluating Land Suitability for Irrigation (Kyzylorda region, Kazakhstan) // Sustainability (MDPI). – 2025. – Vol. 17, № 22. – Art. 10131. <https://doi.org/10.3390/su172210131>
10. Remote sensing and GIS-based land assessment in Zhanaarka region of Ulytau oblast, Kazakhstan // Frontiers in Environmental Science. – 2025. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1516460>
11. Suitability Analysis and Potential Assessment for Sustainable Photovoltaic Development in Arid and Semi-Arid Regions of China: A Spatial Framework for Land–Energy Synergy // Sustainability (MDPI). – 2025. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/18/16/8218>
12. Wind energy atlas of Uzbekistan // REVE – News of the Wind Sector. – 2015. URL: <https://evwind.aecolica.org/2015/05/01/wind-energy-atlas-of-uzbekistan/51848>
13. Mapping the World’s Wind Energy Potential // The World Bank, Press Release. – 2017, November 28. URL: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2017/11/28/mapping-the-worlds-wind-energy-potential>

5-Avgust, 2026-yil

14. O‘zbekistonda shamol energiyasining yalpi salohiyatini baholash // ResearchGate.
– 2025. URL: <https://www.researchgate.net/publication/393986084>
15. 2020–2030 yillarda O‘zbekiston Respublikasini elektr energiyasi bilan ta’minlash
konsepsiyasi. – Toshkent, 2020.

