

SHAMOL ENERGETIKASI OBYEKTALARI UCHUN YER MAYDONLARINI TANLASHDA INFRATUZILMAVIY OMILLARNING FAZOVIIY TA'SIRINI BAHOLASH (Buxoro viloyati misolida)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.22279639>

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

Maqolada shamol energetikasi obyektlarini joylashtirish uchun yer maydonlarini tanlashda infratuzilmaviy omillarning fazoviy ta'sirini baholash masalasi ko'rib chiqilgan. Tadqiqotning amaliy asosi sifatida Buxoro viloyati G'ijduvon tumanida amalga oshirilayotgan 300 MVt quvvatli shamol elektr stansiyasi loyihasi. Shamol elektr stansiyasi uchun hudud tanlashda faqat shamol resursining yuqoriligi emas, balki avtomobil yo'llari, elektr uzatish tarmoqlari, podstansiyalar, qurilish-montaj yo'llari, servis yo'laklari va mavjud yer-kadastr holatining o'zaro bog'liqligi muhimligi asoslandi. GIS muhitida masofaviy tahlil, buferlash, asosida infratuzilmaviy qulaylik indeksini shakllantirish taklif qilindi. G'ijduvon loyihasi misolida infratuzilmaga yaqinlik shamol energetikasi obyektlarining qurilish qiymati, texnik xizmat ko'rsatish qulayligi, elektr energiyasini tarmoqqa ulash va yer resurslaridan foydalanish samaradorligiga bevosita ta'sir qilishi ko'rsatildi. Tadqiqot natijalari shamol energetikasi obyektlari uchun yer maydonlarini tanlashning kadastr-geoinformatsion modelini takomillashtirishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar

shamol energetikasi, yer maydoni, yer kadastri, infratuzilma, GIS, fazoviy tahlil, elektr uzatish liniyasi, yo'l tarmog'i, podstansiya,

Kirish Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishning kengayishi energetika tizimini diversifikatsiya qilish bilan birga, yangi energetika obyektlarini joylashtirish uchun yer resurslarini ilmiy asosda tanlash masalasini ham dolzarb qilmoqda.

Shamol elektr stansiyasi hududiy jihatdan keng maydonda joylashadigan, bir nechta texnik obyektlar - shamol turbinalari, ichki yo'llar, kabel va elektr uzatish tarmoqlari, podstansiya hamda yordamchi inshootlarni yagona hududiy tizimga birlashtiradigan murakkab infratuzilmaviy obyekt hisoblanadi. Shu sababli yer maydonini tanlashda shamol tezligi yuqori bo'lgan hududni aniqlashning o'zi yetarli emas.

O'zbekiston Respublikasining qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish sohasidagi qonunchiligi shamol energiyasidan foydalanish uchun huquqiy asos yaratadi. "Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish to'g'risida"gi O'RQ-539-son Qonunda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan energiya ishlab chiqarish, tashish va tarmoqqa ulash bilan bog'liq munosabatlar tartibga solingan. Yer uchastkasining tabiiy, xo'jalik va huquqiy holati, joylashuvi va o'lchamlari haqidagi ma'lumotlar esa davlat yer kadastrining asosiy axborot bazasini tashkil etadi.

Mazkur masala Buxoro viloyati uchun ayniqsa amaliy ahamiyatga ega. G'ijduvon tumanida ACWA Power tomonidan 300 MVt quvvatli shamol elektr stansiyasi loyihasi amalga oshirilmoqda. Loyiha qiymati 403 mln AQSh dollarini tashkil etadi, 117,49 gektar maydonda 39 ta shamol generatori o'rnatilishi va Qorako'l 500 kV liniyasiga ulanish uchun 1,5 km uzunlikdagi 500 kV havo elektr uzatish tarmog'i qurilishi ko'zda tutilgan. ACWA Power loyiha sahifasida esa 500 kV ulanishning 2 km uzunlikdagi OHTL qismi qayd etilgan. Bu farq infratuzilmaviy ma'lumotlarni fazoviy va huquqiy jihatdan aniqlashtirish zarurligini ko'rsatadi.

Tadqiqot materiallari va usullari Tadqiqotda Buxoro viloyati va G'ijduvon tumani bo'yicha hududiy ma'lumotlar, davlat yer kadastr ma'lumotlari, yo'l va elektr tarmoqlari qatlamlari, shamol energetikasi obyektlarining joylashuvi.

Amaliy tahlil ArcGIS muhitida bajarilishi mumkin bo'lgan quyidagi ketma-ketlikka asoslandi:

- ✓ ma'lumotlarni geoma'lumotlar bazasiga kiritish;
- ✓ koordinata tizimini birxillashtirish;
- ✓ yo'l, elektr uzatish liniyasi va podstansiya qatlamlarini tayyorlash;
- ✓ masofaviy rasterlarni hosil qilish; infratuzilmaviy omillarni standartlashtirish;
- ✓ yakunda esa Weighted Overlay modelini shakllantirish.

Infratuzilmaviy omillarning ta'sirini baholash uchun har bir omil bo'yicha qulaylik qiymati 0-1 oralig'ida standartlashtiriladi. Masalan, yo'lga yaqin hududlarga yuqori, yo'ldan uzoq hududlarga past qiymat beriladi. Elektr uzatish liniyasi va podstansiyaga yaqinlik ham xuddi shunday baholanadi.

Umumiy infratuzilmaviy qulaylik indeksi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$I_i = W_1R_i + W_2E_i + W_3S_i + W_4L_i$$

bu yerda

I_i – i-hududning infratuzilmaviy qulaylik indeksi;

R_i – yo'l tarmog'iga yaqinlik ko'rsatkichi;

E_i – elektr uzatish liniyasiga yaqinlik;

S_i – podstantsiyaga yaqinlik;

L_i – yer-kadastr sharoitining mosligi;

W_1 – W_4 – mezonlarning vazn koeffitsiyentlari.

Vaznlar ekspert baholashi, AHP yoki boshqa ko'p mezonli qaror qabul qilish usuli bilan aniqlanishi mumkin. Shamol energetikasi uchun yakuniy yer yaroqliligi faqat infratuzilma bilan emas, shamol resursi, relyef, yer toifasi, ekologik va ijtimoiy cheklovlar bilan birgalikda baholanishi kerak. Shuning uchun maqolada infratuzilmaviy indeks yakuniy modelning alohida komponenti sifatida qaraladi.

1-jadval.

Shamol energetikasi obyektlari uchun infratuzilmaviy mezonlar

Mezon	Fazoviy ko'rsatkich	Kutiladigan ta'sir	GIS usuli
Avtomobil yo'llari	Yo'lga masofa	Qurilish va servis qulayligi	Euclidean Distance
500 kV elektr tarmog'i	Liniyaga masofa	Tarmoqqa ulanish xarajati	Distance + Buffer
Podstansiya	Podstansiya ga masofa	Elektr uzatish samaradorligi	Euclidean Distance
Ichki servis yo'llari	Obyektga kirish yo'li	Montaj va texnik xizmat	Network/Proximity
Kadastr holati	Yer toifasi va huquqiy rejim	Joylashtirish imkoniyati	Overlay



1-rasm. G'ijduvon tumanida shamol energetikasi obyektlarining joylashuvi va ichki yo'l infratuzilmasi.



Tadqiqot natijalari G'ijduvon tumanidagi real loyiha infratuzilmaning shamol energetikasi obyektlari uchun yer tanlashdagi rolini amaliy ko'rsatish imkonini beradi. Rasmiy ma'lumotlarga ko'ra, 300 MVt quvvatli loyiha 117,49 gektar maydonda 39 ta shamol generatorini joylashtirishni nazarda tutadi. Bundan tashqari, Qorako'l 500 kV liniyasiga ulanish uchun alohida havo elektr uzatish tarmog'i qurilmoqda. Demak, yer maydonining samaradorligi faqat turbinalar o'rnatiladigan maydon bilan emas, balki ularga xizmat ko'rsatuvchi yo'llar va elektr tarmoqlarining hududiy joylashuvi bilan belgilanadi. 1-rasmda turbinalar qatorlari orasidagi va ularga olib boruvchi tuproq yo'llari ko'rinadi. Bu yo'llar og'ir texnika, montaj uskunalari va keyingi ekspluatatsiya davrida servis transportining harakatlanishini ta'minlaydi. 2-rasmda shamol turbinalari ochiq va nisbatan tekis

hududda joylashgani ko'rinadi. Bunday hududiy sharoitda yo'l tarmog'i va elektr ulanishining to'g'ri rejalashtirilishi bir birlik elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun zarur yer va infratuzilma xarajatlarini kamaytirishga yordam beradi.

3-rasmda turbinalar qatorining yo'l bo'ylab joylashishi va qurilish yo'lining obyektlar bilan bog'lanishi yaqqol ko'rinadi.

Ushbu holat GIS modelida "yo'lga masofa" mezonini oddiy geometrik masofa emas, balki amaliy transport kirish imkoniyati bilan izohlash zarurligini ko'rsatadi. Ya'ni eng yaqin yo'lining mavjudligi avtomatik ravishda yuqori qulaylikni anglatmaydi; yo'lining turi, o'tkazuvchanligi, og'ir texnikaga mosligi va loyiha hududiga kirish imkoniyati ham hisobga olinishi lozim.

G'ijduvon loyihasida yana bir muhim jihat – elektr tarmog'iga ulanishdir. ACWA Power loyiha ma'lumotida 300 MVt quvvatli shamol elektr stansiyasi va 500 kV tarmoqqa ulanish infratuzilmasi qayd etilgan. Bunday yuqori quvvatli obyekt uchun elektr tarmog'igacha masofa va ulanish nuqtasining texnik imkoniyati yer tanlashning iqtisodiy va texnik samaradorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. 2-rasm. G'ijduvon tumanidagi shamol turbinalarining hududiy joylashuvi

2-jadval.

Infratuzilmaviy omillarni GIS asosida baholashning taklif etilayotgan shkalasi

Omil	Yuqori qulaylik	O'rta qulaylik	Past qulaylik
Yo'lga masofa	Yaqin va og'ir texnikaga mos	Qo'shimcha yo'l talab etadi	Uzoq yoki kirish qiyin
Elektr uzatish liniyasi	Ulanish nuqtasiga qulay	Qo'shimcha liniya talab etadi	Uzoq ulanish
Podstansiya	Yaqin	O'rtacha masofa	Uzoq
Yer-kadastr holati	Huquqiy va texnik jihatdan mos	Qo'shimcha kelishuvlar talab etadi	Cheklangan/yar oqsiz

O'tkazilgan tahlil shuni ko'rsatadiki, shamol energetikasi obyektlari uchun yer maydonini tanlashda infratuzilma mezonlarini alohida ko'rib chiqish metodik jihatdan yetarli emas. Ular shamol energetik potentsiali va yer-kadastr holati bilan birgalikda baholanishi kerak. Xorijiy tadqiqotlarda ham yo'l va elektr tarmoqlariga yaqinlik shamol elektr stansiyasi joylashuvining iqtisodiy va texnik mezonlari sifatida keng qo'llanadi. Mazkur yondashuvning afzalligi shundaki, GIS tizimi orqali mavjud infratuzilmaga yaqin, shamol resursi yetarli va huquqiy jihatdan

foydalanish imkoniyati mavjud bo'lgan hududlar bir vaqtning o'zida ajratiladi. Aksincha, faqat shamol tezligi yuqori bo'lgan, lekin elektr tarmog'idan uzoq yoki transport jihatdan noqulay hududlar avtomatik ravishda ustuvorlikni yo'qotadi. Bu holat yer tanlashning texnik-iqtisodiy asoslanganligini oshiradi. Infratuzilmaviy omillarni ikki bosqichda baholash taklifidir. Birinchi bosqichda qat'iy cheklovlar, ya'ni joylashtirish mumkin bo'lmagan hududlar chiqarib tashlanadi. Ikkinchi bosqichda qolgan hududlar yo'l, elektr uzatish liniyasi, podstantsiya, shamol tezligi, relyef va kadastr ko'rsatkichlari bo'yicha reytinglanadi. Bu yondashuv ortiqcha hisob-kitoblarni kamaytirib, yakuniy qarorni tushunarli qiladi. G'ijduvon loyihasining real misoli infratuzilma va yer maydoni o'rtasidagi bog'liqlikni amalda ko'rsatadi. 117,49 gektarlik loyiha hududida 39 ta generatorning joylashtirilishi ichki yo'l tarmog'i va elektr ulanishlarini birgalikda rejalashtirishni talab qiladi [3]. Shu sababli kelgusida Buxoro viloyati bo'yicha shamol energetikasi uchun potensial yerlarni aniqlashda faqat 'shamol xaritasi' emas, balki 'shamol + kadastr + infratuzilma + cheklovlar' modeli qo'llanishi maqsadga muvofiq.



3-rasm. G'ijduvon tumanidagi shamol turbinalari va xizmat ko'rsatish yo'lining fazoviy o'zaro bog'liqligi.

Shamol energetikasi uchun infratuzilmaviy-fazoviy baholash modeli Buxoro viloyati sharoitida taklif etilayotgan model quyidagi ketma-ketlikka asoslanadi: 1) kadastr va infratuzilma ma'lumotlarini yig'ish; 2) barcha qatlamlarni yagona koordinata tizimiga keltirish; 3) mavjud va rejalashtirilgan yo'l hamda elektr tarmoqlarini raqamlashtirish; 4) cheklov hududlarini ajratish; 5) yo'l va elektr tarmoqlarigacha masofani hisoblash; 6) har bir mezonni 0-1 oralig'ida

standartlashtirish; 7) mezonlar vaznini aniqlash; 8) Weighted Overlay orqali integratsiyalash; 9) yaroqlilik sinflarini ajratish; 10) kadastr nuqtayi nazaridan eng maqbul yer uchastkalarini saralash.

Modelning yakuniy natijasi besh sinfli xarita ko'rinishida ifodalanishi mumkin: I – juda yuqori, II – yuqori, III – o'rtacha, IV – past va V – yaroqsiz. Bunda yaroqsiz hududlar qat'iy cheklovlar asosida oldindan chiqarib tashlanadi. I va II sinf hududlar esa shamol resursi, infratuzilma va yer-kadastr holati bo'yicha bir vaqtning o'zida qulay bo'lgan maydonlarni anglatadi. Mazkur modelning amaliy afzalligi – qaror qabul qilish jarayonini vizuallashtirishdir. Har bir nomzod hudud bo'yicha nima sababdan yuqori yoki past baho berilgani xaritada ko'rinadi. Bu investor, loyiha tashkiloti, yer tuzish va kadastr mutaxassisleri uchun umumiy fazoviy axborot maydonini yaratadi.

Xulosa Tadqiqot natijasida shamol energetikasi obyektlari uchun yer maydonlarini tanlashda infratuzilmaviy omillar mustaqil emas, balki yer-kadastr va energetik mezonlar bilan integratsiyalashgan holda baholanishi kerakligi asoslandi. Avtomobil yo'llari, elektr uzatish liniyalari va podstantsiyalar shamol elektr stansiyasining qurilish, ekspluatatsiya va tarmoqqa ulanish xarajatlariga bevosita ta'sir qiluvchi asosiy fazoviy omillar sifatida ajratildi.

G'ijduvon tumanidagi 300 MVt quvvatli loyiha misolida 117,49 gektar maydonda 39 ta generator joylashtirilishi hamda yuqori kuchlanishli elektr tarmog'iga ulanish infratuzilmasining mavjudligi yer maydoni va infratuzilmani yagona fazoviy tizim sifatida ko'rish zarurligini ko'rsatdi.

Taklif etilayotgan infratuzilmaviy-fazoviy baholash modeli Buxoro viloyatining boshqa hududlariga ham tatbiq etilishi mumkin. Bunda aniq bufer masofalari va mezon vaznlari umumiy holda qabul qilinmasdan, amaldagi texnik me'yorlar, loyiha shartlari, ekologik cheklovlar va mahalliy kadastr ma'lumotlari asosida belgilanadi. Natijada shamol energetikasi obyektlari uchun yer maydonlarini tanlash jarayonida yer resurslaridan oqilona foydalanish, infratuzilma xarajatlarini kamaytirish va hududiy rejalashtirishning aniqligini oshirish imkoniyati yaratiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasining 2019-yil 21-maydagi O'RQ-539-son "Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish to'g'risida"gi Qonuni.
2. O'zbekiston Respublikasining 1998-yil 28-avgustdagi 666-I-son "Davlat yer kadastr to'g'risida"gi Qonuni.

3. G'ijduvon tumani hokimligi. "G'ijduvonda 403 mln dollarlik shamol elektr stansiyasi barpo etilmoqda!". 19.02.2026.
4. ACWA Power. Gijduvan Wind IPP. Project information, Bukhara region, Uzbekistan.
5. Site location and allocation decision for onshore wind farms, using spatial multi-criteria analysis and density-based clustering. Renewable Energy Focus, 2022.
6. Developed analytic hierarchy process and multi criteria decision support system for wind farm site selection using GIS: A regional-scale application with environmental responsibility. Energy Conversion and Management: X, 2024, 100594.
7. A GIS-based multi-criteria decision-making approach for determination of the most appropriate site selection of onshore wind farm in Adana, Turkey. Clean Technologies and Environmental Policy, 2024.
8. A data-driven geographic information system and machine learning based multi-criteria framework for strategic wind power plant siting. Scientific Reports, 2026.
9. 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, pp. 550-560.
10. Noorollahi Y., Yousefi H., Mohammadi M. Multi-criteria decision support system for wind farm site selection using GIS. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 2016, Vol. 13, pp. 38-50.