resurslarini boshqarish va hududiy rejalashtirishda indikator sifatida qo‘llash zarurligini asoslaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Convention on Biological Diversity. Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework. Decision 15/4. CBD/COP/DEC/15/4. – Montreal, 2022.

2. Ellis E.C., Ramankutty N. Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world // Frontiers in Ecology and the Environment. – 2008. – Vol. 6, № 8. – P. 439–447.

3. Erb K.-H., Haberl H., Jepsen M.R., Kuemmerle T., Lindner M., Müller D., Verburg P.H., Reenberg A. A conceptual framework for analysing and measuring land-use intensity // Current Opinion in Environmental Sustainability. – 2013. – Vol. 5, № 5. – P. 464–470.

4. Fahrig L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity // Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. – 2003. – Vol. 34. – P. 487–515.

5. Forman R.T.T. Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions. – Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

6. Hilty J., Worboys G.L., Keeley A. et al. Guidelines for Conserving Connectivity through Ecological Networks and Corridors. Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 30. – Gland: IUCN, 2020.

7. Jongman R.H.G. Nature conservation planning in Europe: developing ecological networks // Landscape and Urban Planning. – 1995. – Vol. 32, № 3. – P. 169–183.

8. Kuemmerle T., Erb K., Meyfroidt P. et al. Challenges and opportunities in mapping land use intensity globally // Current Opinion in Environmental Sustainability. – 2013. – Vol. 5, № 5. – P. 484–493.

9. O‘zbekiston Respublikasining «Muhofaza etiladigan tabiiy hududlar to‘g‘risida»gi Qonuni. 2004-yil 3-dekabr, O‘RQ-710-II-son.

10. Zhuang D., Liu J. Study on the model of regional differentiation of land use degree in China // Journal of Natural Resources. – 1997. – Vol. 12, № 2. – P. 105–111.

LANDSHAFT FRAGMENTATSIYASINI BAHOLASHNING NAZARIY-METODOLOGIK ASOSLARI

Abdug‘aniyeva Shahzodaxon Abdurahmon qizi,
Geografiya kafedrasi 1-bosqich magistranti

Annotatsiya. *Maqolada hududning antropogen yuki va landshaft fragmentatsiyasini baholashning zamonaviy nazariy yondashuvlari tizimlashtirilgan, «antropogen yuk», «antropogen bosim» va «antropogen transformatsiya» tushunchalari farqlangan. Antropogen yukni baholashning sakkiz ko‘rsatkichi va fragmentatsiyani baholashning yetti landshaft metrikasi (NP, PD, ED, LPI, AREA_MN, ENN_MN, AI) mazmuni, GATda hisoblash usuli va ekologik talqini bo‘yicha tavsiflangan. «Antropogen yuk → landshaft o‘zgarishi → fragmentatsiya → ekologik yaxlitlikning pasayishi» sabab–oqibat zanjiriga asoslangan va ikki jarayonni yagona to‘r yacheykalari bo‘yicha baholovchi ikki blokli integral model taklif etilgan.*

Kalit so‘zlar: *antropogen yuk, antropogen transformatsiya, landshaft fragmentatsiyasi, landshaft metrikalari, FRAGSTATS, integral indeks, GAT, Yozyovon tumani.*

Kirish. So‘nggi o‘n yilliklarda inson faoliyatining tabiiy tizimlarga ta’siri hududiy qamrovi va intensivligining ortishi natijasida landshaftlarning tabiiy tuzilishi hamda ekologik yaxlitligida sezilarli o‘zgarishlar yuz bermoqda. Global baholashlarga ko‘ra, muzliklardan xoli quruqlikning 75 %dan ortig‘i aholi yashashi va yerdan foydalanish faoliyati ta’sirida o‘zgargan [2]. Shuningdek, dunyo o‘rmonlarining qariyb 70 %i o‘rmon chekkasidan 1 km masofa ichida joylashgani sababli chekka hududlarga xos antropogen va ekologik ta’sirlarga sezgir hisoblanadi [6].

Antropogen o‘zlashtirish tabiiy landshaftlarni faqat maydon jihatidan qisqartirib qolmay, ularning yaxlit hududiy tuzilishini ham o‘zgartiradi. Tabiiy hududlarning yo‘llar, aholi punktlari, qishloq xo‘jaligi yerlari va boshqa o‘zlashtirilgan maydonlar bilan bo‘linishi natijasida yirik tabiiy massivlar kichikroq, shaklan murakkab va bir-biridan ajralgan hududiy

bo‘laklarga parchalanadi. Bunday jarayon tabiiy yashash muhitlarining maydonini kamaytirish bilan birga, ularning o‘zaro ekologik aloqalarini susaytirishi va chekka ta’sirining kuchayishiga olib keladi.

Shu nuqtai nazardan, landshaft fragmentatsiyasini faqat yer qoplami yoki tabiiy hududlar maydonining qisqarishi natijasi sifatida emas, balki hududiy tuzilma, shakl, izolyatsiyalanganlik va ekologik bog‘langanlikning o‘zgarishini qamrab oluvchi mustaqil ekologik-landshaft jarayon sifatida baholash zarur [3; 4]. Ayniqsa, tabiiy landshaftlari yuqori darajada o‘zlashtirilgan hududlarda fragmentatsiya darajasini miqdoriy baholash ekologik barqarorlikni aniqlash, tabiiy hududlarni saqlash ustuvorliklarini belgilash va ekologik karkasni shakllantirish uchun ilmiy asos yaratadi.

Mazkur metodologik muammo tabiiy landshaftlar mozaik tarzda saqlanib qolgan va yuqori darajada o‘zlashtirilgan hududlarda ayniqsa dolzarb. Farg‘ona viloyatining Yozyovon tumanida Markaziy Farg‘onaning relikt qumli landshaftlari suvg‘orma dehqonchilik, baliqchilik xo‘jaliklari va qum karyerlari bilan o‘ralgan holda nisbatan kichik va tarqoq massivlar ko‘rinishida saqlanib qolgan. Hududda «Yozyovon» tabiat yodgorligi hamda Qizil kitobga kiritilgan psammofil va endemik turlarning yashash muhitlari joylashgan [13; 14]. Amaliyotda yuk demografik va yerdan foydalanish ko‘rsatkichlari orqali, fragmentatsiya esa landshaft metrikalari orqali alohida baholanadi; bunday sharoitda bu yondashuv ekologik xavfning hududiy tafovutlarini to‘liq aks ettirmaydi.

Muhokama va natijalar. Asosiy tushunchalarni farqlash. Adabiyotda «antropogen yuk», «antropogen bosim» va «antropogen transformatsiya» atamalari ko‘pincha sinonim sifatida qo‘llaniladi, biroq ular jarayonning turli bo‘g‘inlarini ifodalaydi. Antropogen yuk – hududga tushadigan xo‘jalik faoliyati hajmining miqdoriy o‘lchovi (aholi zichligi, haydaladigan yerlar ulushi, yo‘llar zichligi) bo‘lib, omil tavsifidir. Antropogen bosim – shu yuk bilan geotizim barqarorligi o‘rtasidagi nisbat: bir xil yuk turli landshaftlarda turli bosim hosil qiladi. Antropogen transformatsiya – bosim natijasida landshaft tuzilishi va funksiyalarida ro‘y bergan o‘zgarish, ya’ni oqibat tavsifi. Bu farqlash antropogen landshaftshunoslik [12] va ekodiagnostika [10] an’analarida shakllangan; xalqaro adabiyotda unga «inson izi» (human footprint) ko‘rsatkichlari mos keladi [17].

Fragmentatsiya shakllari. R. Forman fragmentatsiyani landshaft o‘zgarishining perforatsiya, parchalanish, fragmentatsiya, qisqarish va yo‘qolish ketma-ketligidagi bosqichlaridan biri sifatida qaraydi [5]. Har bir bosqich metrikalarda o‘z izini qoldiradi: perforatsiyada chekka zichligi (ED) oshadi, parchalanishda patchlar soni (NP) keskin ortib, o‘rtacha maydon (AREA_MN) kamayadi, yo‘qolish bosqichida esa NP ham kamaya boshlaydi. Chiziqli obyektlar kichik maydon egallagan holda eng katta parchalovchi ta’sirga ega bo‘lib, samarali to‘r o‘lchami aynan ularning zichligiga eng sezgir [9].

Antropogen yuk ko‘rsatkichlari. Adabiyotda antropogen yukni baholashning statistik-ma’muriy va fazoviy-geoaxborot yondashuvlari shakllangan. Birinchisi rasmiy statistikaga tayanadi, biroq landshaft chegaralariga mos kelmaydi; ikkinchisi masofadan zondlash va vektor qatlamlar asosida to‘r yacheykalari bo‘yicha hisoblanadi [17]. Tuman miqyosi uchun ularni yagona to‘rga (500 m yoki 1 km) keltirib birlashtirish maqsadga muvofiq. Asosiy ko‘rsatkichlar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Antropogen yukni baholashning asosiy ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	O‘lchov birligi	GATda aniqlash usuli
Aholi zichligi	kishi/km²	Statistikani mahalla poligonlariga bog‘lash; Kernel Density
Aholi punktlari zichligi	dona/100 km²; %	Sentinel-2 / OSM asosida raqamlashtirish; Point Density
Yo‘llar zichligi	km/km²	Yo‘l tarmog‘i vektor qatlami; Line Density
Yerdan foydalanish intensivligi	ball	Yer qoplami sinflariga intensivlik balli berish; mavsumiy NDVI amplitudasi
Qishloq xo‘jaligi yerlari ulushi	%	Sentinel-2 tasnifi (Random Forest); Zonal Statistics
Qurilish va o‘zlashtirilgan hududlar ulushi	%	O‘tkazmaydigan yuzalar tasnifi (NDBI); karyerlarni ajratish
Suv obyektlariga antropogen ta’sir	%; km/km²	NDWI/MNDWI asosida suv yuzasi dinamikasi; kanallar zichligi
Tabiiy yer qoplamining o‘zgarish darajasi	%; %/yil	Landsat va Sentinel-2 bo‘yicha change detection, o‘tish matritsasi

Ko‘rsatkichlar manba, tuzilma va dinamik guruhlarga bo‘linadi. Yozyovon tumani uchun ayniqsa tuzilma va dinamik ko‘rsatkichlar axborotli, chunki bu yerda yukning asosiy shakli aholi zichligi emas, balki qumlik va sho‘rxok landshaftlarni suvg‘orma yer, baliq hovuzi va karyerga aylantirishdir.

Fragmentatsiya metrikalari. Fragmentatsiyani miqdorlashtirishning standart vositasi – FRAGSTATS dasturida kodifikatsiyalangan landshaft metrikalari [11]. Metrikalar o‘zaro kuchli korrelyatsiyaga ega bo‘lgani sababli landshaft tuzilishining mustaqil o‘lchovlari – maydon/zichlik, shakl/chekka, ustunlik va izolyatsiya/agregatsiya – uchun har biridan bittadan metrika tanlash tavsiya etiladi [15]. Shu asosda yetti metrikadan iborat to‘plam taklif etiladi (2-jadval). Ularning barchasi strukturaviy bo‘lgani uchun funksional bog‘langanlikni o‘lchamaydi; bu jihat samarali to‘r o‘lchami [9] yoki graf-nazariy indekslar [18] bilan to‘ldiriladi.

2-jadval

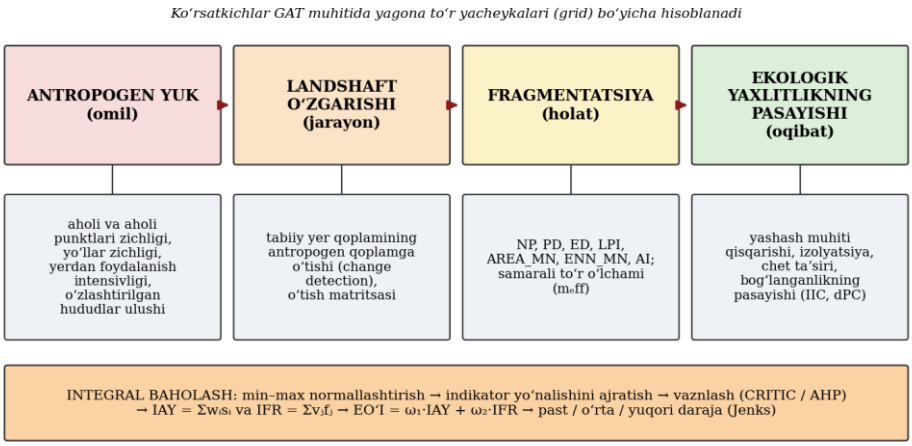
Landshaft fragmentatsiyasini baholashning asosiy metrikalari [11]

Metrika	Formula	Ekologik ma’nosi
NP – patchlar soni	$NP = n$	Maydalanishning oddiy o‘lchovi; maydonga bog‘liq
PD – patchlar zichligi	$PD = n / A \cdot 10^4 \cdot 100$	100 ga ga to‘g‘ri keluvchi patchlar; ortishi fragmentatsiya kuchayishini bildiradi
ED – chekka zichligi	$ED = \Sigma e_{ik} / A \cdot 10^4$	Chet ta’siri o‘lchovi (m/ga); perforatsiyada birinchi o‘zgaradi
LPI – eng katta patch indeksi	$LPI = \max(a_{ij}) / A \cdot 100$	Ustunlik; kamayishi yadro massivi parchalanganini ko‘rsatadi
AREA_MN – o‘rtacha patch maydoni	$AREA_MN = \Sigma a_{ij} / n \cdot 10^{-4}$	Maydalanish darajasi (ga); medianasi bilan birga talqin qilinadi
ENN_MN – o‘rtacha eng yaqin qo‘shni	$ENN_MN = \Sigma h_{ij} / n$	Izolyatsiya (m); matritsa qarshiligini hisobga olmaydi

Metrika	Formula	Ekologik ma’nosi
masofasi		
AI – agregatsiya indeksi	$AI = g_{ii} / \max g_{ii} \cdot 100$	Kompaktlik: 100 – yagona massiv, 0 – to‘liq tarqoq [7]

Izoh: n – patchlar soni; A – landshaft maydoni (m²); a_{ij} – patch maydoni (m²); e_{ik} – sinflararo chekka uzunligi (m); h_{ij} – eng yaqin patchgacha masofa (m); g_{ii} – «o‘xshash qo‘shnichilik» soni.

Ikki blokli integral model. Antropogen yuk va fragmentatsiya o‘rtasidagi bog‘liqlik sabab–oqibat xarakteriga ega, lekin chiziqli emas: markazlashgan o‘zlashtirish tabiiy qoplamni kamroq parchalaydi, tarqoq o‘zlashtirish (ko‘p kichik dalalar, zich yo‘llar) esa kichik maydon yo‘qotilishi bilan katta fragmentatsiya hosil qiladi [5; 9]. Shu sababli ikki jarayonni yagona to‘r yacheykalari bo‘yicha «antropogen yuk → landshaft o‘zgarishi → fragmentatsiya → ekologik yaxlitlikning pasayishi» zanjiriga muvofiq baholovchi model taklif etiladi (1-rasm).



1-rasm. Antropogen yuk va landshaft fragmentatsiyasini integral baholashning hududiy modeli

Ko‘rsatkichlar min–max usulida 0–1 oralig‘iga keltiriladi: yuk ko‘rsatkichlari hamda NP, PD, ED, ENN_MN ijobiy yo‘nalishli, LPI, AREA_MN va AI esa salbiy yo‘nalishli sifatida normallashtiriladi:

$$s_i = (x_i - x_{min}) / (x_{max} - x_{min}); \quad s_i = (x_{max} - x_i) / (x_{max} - x_{min}) \quad (1)$$

Vaznlar ekspert (AHP, moslik koeffitsiyenti CR < 0,1 [16]) yoki statistik (CRITIC [1]) usulda aniqlanadi; ko‘rsatkichlar kuchli korrelyatsiyaga ega bo‘lganda CRITIC takroriy metrikalar vaznini avtomatik pasaytirgani uchun afzal. So‘ng ikki blok indeksi – antropogen yuk indeksi (IAY) va fragmentatsiya indeksi (IFR) – hamda ularni birlashtiruvchi ekologik o‘zgarish indeksi (EO‘I) hisoblanadi:

$$IAY = \Sigma\, w_i \cdot s_i; \quad IFR = \Sigma\, v_j \cdot f_j; \quad EO‘I = \omega_1 \cdot IAY + \omega_2 \cdot IFR, \quad \omega_1 + \omega_2 = 1 \quad (2)$$

Bu yerda w_i, v_j – blok ichidagi vaznlar ($\Sigma w_i = \Sigma v_j = 1$), ω_1, ω_2 – bloklar vazni (teng ahamiyatda $\omega_1 = \omega_2 = 0{,}5$). Ikki blokli tuzilma umumlashgan baho bilan bir qatorda har bir yacheyka uchun «yuqori yuk – past fragmentatsiya» yoki «past yuk – yuqori fragmentatsiya» kabi diagnostik tiplarni ajratish imkonini beradi; bu axborot yagona indeksda yo‘qoladi. EO‘I qiymatlari natural uzilishlar (Jenks) usulida past, o‘rta va yuqori darajalarga ajratiladi, sinf chegaralarining barqarorligi vaznlarni ±10–20 % o‘zgartirish orqali sezgirlik tahlili bilan

tekshiriladi. Hisob-kitoblar ArcGIS Pro yoki QGIS muhitida, metrikalar FRAGSTATS yoki landscapemetrics [8] yordamida bajariladi.

Xulosa. Antropogen yukni (omil), antropogen bosimni (yuk va barqarorlik nisbati) va antropogen transformatsiyani (oqibat) farqlash baholash ko‘rsatkichlarini sabab–oqibat zanjirining tegishli bo‘g‘iniga to‘g‘ri bog‘lash imkonini beradi. Fragmentatsiyani baholashda landshaft tuzilishining mustaqil o‘lchovlari bo‘yicha tanlangan yetti metrika (PD, AREA_MN, ED, LPI, ENN_MN, AI, yordamchi NP) maydalanish, chet ta’siri, ustunlik, izolyatsiya va agregatsiyani qamrab oladi, funksional bog‘langanlik esa qo‘shimcha indekslar bilan baholanishi lozim.

Taklif etilgan ikki blokli integral model (IAY, IFR → EO‘I) antropogen yuk va fragmentatsiyani yagona hududiy birliklar bo‘yicha baholab, umumlashgan baho bilan birga «yuk – fragmentatsiya» diagnostik tiplarini ajratadi. Model Yozyovon tumanida Sentinel-2/Landsat asosidagi ikki sanalik yer qoplami xaritasi, 500 m li to‘r va yuqoridagi ko‘rsatkichlar to‘plami yordamida amaliy GAT tahliliga bevosita o‘tish uchun metodik asos bo‘lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Diakoulaki D., Mavrotas G., Papayannakis L. Determining objective weights in multiple criteria problems: the CRITIC method // Computers & Operations Research. – 1995. – Vol. 22, № 7. – P. 763–770.

2. Ellis E.C., Ramankutty N. Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world // Frontiers in Ecology and the Environment. – 2008. – Vol. 6, № 8. – P. 439–447.

3. Fahrig L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity // Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. – 2003. – Vol. 34. – P. 487–515.

4. Fahrig L. Ecological responses to habitat fragmentation per se // Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. – 2017. – Vol. 48. – P. 1–23.

5. Forman R.T.T. Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions. – Cambridge: Cambridge University Press, 1995. – 632 p.

6. Haddad N.M., Brudvig L.A., Clobert J. et al. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth’s ecosystems // Science Advances. – 2015. – Vol. 1, № 2. – e1500052.

7. He H.S., DeZonia B.E., Mladenoff D.J. An aggregation index (AI) to quantify spatial patterns of landscapes // Landscape Ecology. – 2000. – Vol. 15, № 7. – P. 591–601.

8. Hesselbarth M.H.K., Sciaini M., With K.A., Wiegand K., Nowosad J. landscapemetrics: an open-source R tool to calculate landscape metrics // Ecography. – 2019. – Vol. 42, № 10. – P. 1648–1657.

9. Jaeger J.A.G. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation // Landscape Ecology. – 2000. – Vol. 15, № 2. – P. 115–130.

10. Kochurov B.I. Ekodiagnostika i sbalansirovannoye razvitiye. – Moskva–Smolensk: Madzhenta, 2003. – 384 s.

11. McGarigal K. FRAGSTATS Help. Version 4.2. – Amherst: University of Massachusetts, 2015. – URL: https://www.fragstats.org

12. Milkov F.N. Chelovek i landshafty: ocherki antropogennogo landshaftovedeniya. – Moskva: Mysl, 1973. – 224 s.

13. Nazarov R.A., Abduraupov T.V., Shepelya E.Y. et al. The Fergana Valley is an isolate of biodiversity: a discussion of the endemic herpetofauna and description of two new species of Alsophylax (Sauria: Gekkonidae) from Eastern Uzbekistan // Animals. – 2023. – Vol. 13, № 15. – 2516.

14. O‘zbekiston Respublikasining Qizil kitobi. II jild. Hayvonlar / B.R. Xolmatov umumiy tahriri ostida. 6-nashr. – Toshkent, 2025.

15. Riitters K.H., O’Neill R.V., Hunsaker C.T. et al. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics // Landscape Ecology. – 1995. – Vol. 10, № 1. – P. 23–39.

16. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process. – New York: McGraw-Hill, 1980. – 287 p.

17. Sanderson E.W., Jaiteh M., Levy M.A., Redford K.H., Wannebo A.V., Woolmer G. The human footprint and the last of the wild // BioScience. – 2002. – Vol. 52, № 10. – P. 891–904.