bo‘limini o‘rganishda VR-texnologiyalar mamlakatning turli tabiiy zonalariga cho‘l, tog‘ va vodiy mintaqalariga “virtual sayohat” tashkil etish imkonini beradi.

Geografiya ma’lumotlarga boy fan, shuning uchun statistik manbalardan foydalanish darslarning ajralmas qismidir. Quyidagi resurslar geografiya darslari uchun tavsiya etiladi. O‘zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo‘mitasi rasmiy sayti (stat.uz) mamlakatning rasmiy statistik ma’lumotlari bazasi. World Bank Open Data global iqtisodiy va ijtimoiy ko‘rsatkichlarni olish mumkin bo‘lgan ma’lumotlar bazasi. Our World in Data interfaol vizualizatsiyalarga ega dunyoga oid ma’lumotlar bazasi xisoblanadi. Tableau Public va Google Data Studio statistik ma’lumotlarni vizualizatsiya qilish vositalari. Ushbu manbalardan foydalanish o‘quvchilarda statistik tahlil va vizualizatsiya ko‘nikmalarini shakllantiradi.

Xulosa. Geografiya darslarida raqamli ta’lim vositalari va virtual texnologiyalardan foydalanish ta’lim sifatini oshirishning muhim omili hisoblanadi. Tadqiqot va tahlillar shuni ko‘rsatadiki, GIS dasturlari, Google Earth, interaktiv xaritalar hamda AR/VR texnologiyalari o‘quvchilarning fazoviy tafakkurini, kartografik ko‘nikmalarini va fanga bo‘lgan motivatsiyasini sezilarli darajada rivojlantiradi. SAMR modeliga tayangan holda, raqamli vositalarni oddiy “o‘rnini bosish” darajasidan “modifikatsiya” va “qayta belgilash” bosqichlariga olib chiqish dars samaradorligini kafolatlaydi. O‘zbekiston ta’lim tizimida ushbu ilg‘or texnologiyalarni joriy etish o‘quvchilarga nafaqat nazariy bilim berish, balki ularni real hayotiy va global muammolarni tahlil qila oladigan raqamli kompetentsiyaga ega kadrlar etib tayyorlash imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Abdukarimov H., Abduqodirov A. Pedagogik texnologiyalar va pedagogik mahorat. – Toshkent: Fan, 2008. – 240 b.
2. Djurayev R.X. Pedagogik tadqiqotlar metodologiyasi. – Toshkent: Fan, 2017. – 264 b.
3. Freeman S. et al. Active learning increases student performance // PNAS. – 2014. – Vol. 111, No. 23. – P. 8410-8415.
4. Goodchild M.F. Geographic information science: 25 years and beyond // IJGIS. – 2010. – Vol. 24, No. 5. – P. 681-685.
5. Merchant Z. et al. Effectiveness of virtual reality-based instruction // Computers & Education. – 2014. – Vol. 70. – P. 29-40.
6. Pattison D. The BOPPPS Model for Lesson Planning. – University of British Columbia, 2018. – 28 p.
7. UNESCO Education Sector. – URL: https://www.unesco.org/en/education

MSPA VA MCR MODELLARINING ILMIY-METODIK ASOSLARI VA XORIJIY TAJRIBA

Mamirova Zulfiyaxon Ibroximjon qizi
Farg‘ona davlat universiteti tayanch doktoranti
mamirovazulfiya3@gmail.com, ORCID: 0009-0000-6283-7496
Adhamova Mahbuba Umarjon qizi
Geografiya yo‘nalishi, 3-bosqich talabasi

Annotatsiya. *Maqolada morfologik fazoviy tuzilish tahlili (Morphological Spatial Pattern Analysis, MSPA) va minimal kumulyativ qarshilik (Minimum Cumulative Resistance, MCR) modellarining ilmiy-metodik asoslari tizimlashtirilgan hamda ularni qo‘llashning xorijiy tajribasi tahlil qilingan. MSPA binar rastr tasvirni yadro, ko‘prik, halqa va boshqa sinflarga ajratib, potensial ekologik manbalarni obyektiv aniqlashga, MCR esa qarshilik yuzasi orqali manbalar o‘rtasidagi minimal xarajatli yo‘llarni modellashtirib, ekologik yo‘laklarni aniqlashga xizmat qilishi ko‘rsatilgan. So‘nggi o‘n yillikda ushbu ikki usul graf-nazariy indekslar va elektr zanjiri nazariyasi bilan birgalikda yaxlit metodik tizimga integratsiyalashgani asoslangan. Markaziy Osiyoning*

quruq, tog‘ oldi va suvg‘orma dehqonchilik landshaftlarida ushbu usullarni moslashtirish istiqbollari va cheklovlari muhokama qilingan.

Kalit so‘zlar: *MSPA, MCR, ekologik xavfsizlik karkasi, ekologik manba, ekologik yo‘lak, qarshilik yuzasi, GuidosToolbox, Farg‘ona viloyati.*

Kirish. Ekologik tarmoq va ekologik xavfsizlik karkasini shakllantirishning dastlabki va eng muhim bosqichi – yadro ahamiyatiga ega ekologik manba hududlarini hamda ularni o‘zaro bog‘lovchi ekologik yo‘laklarni aniqlashdir. An’anaviy yondashuvda bunday hududlar ko‘pincha ekspert bahosi yoki ma’muriy mezonlar (masalan, mavjud muhofaza etiladigan hududlar chegaralari) asosida belgilangan, bu esa natijalarning subyektivligi va takrorlanmasligi muammosini keltirib chiqargan. Bu muammoga javoban landshaft ekologiyasida ikki o‘zaro to‘ldiruvchi miqdoriy usul – MSPA va MCR – keng tarqaldi.

Ekologik bog‘langanlik landshaft tuzilishining mustaqil xususiyati sifatida tan olingach [9], uni miqdoriy baholash va landshaft rejalashtirishda qo‘llash vositalariga ehtiyoj ortdi [1]. MSPA landshaftning geometrik tuzilishidan kelib chiqqan holda manbalarni ajratsa, MCR organizmlar harakatiga landshaft ko‘rsatadigan qarshilikni hisobga olib, yo‘laklarni modellashtiradi.

Tadqiqot mavzusining dolzarbligi. MSPA va MCR usullari 2010-yillardan boshlab, ayniqsa jadal urbanizatsiyalashayotgan Xitoy mintaqalarida, elektr zanjiri nazariyasi bilan birgalikda ekologik xavfsizlik naqshini aniqlashning yaxlit metodik tizimiga aylandi [5]. Biroq bu usullar asosan namli va mo‘tadil iqlimli, tekislik va shaharlashgan hududlar misolida ishlab chiqilgan. Farg‘ona viloyati kabi yuqori darajada o‘zlashtirilgan, suvg‘orma dehqonchilik matritsasi ichida tabiiy landshaftlar mozaik tarzda saqlanib qolgan hududlarda ularni qo‘llash tajribasi hozircha cheklangan.

Maqolaning maqsadi – MSPA va MCR modellarining ilmiy-metodik asoslarini tizimlashtirish, ularni qo‘llashning xorijiy tajribasini tahlil qilish va Markaziy Osiyo sharoitiga moslashtirish istiqbollarini belgilashdan iborat. Tadqiqotda taqrizlangan ilmiy nashrlar qiyosiy-tahliliy usulda ko‘rib chiqildi, algoritmlar tavsifiy tahlil qilindi va dasturiy vositalarning (GuidosToolbox, ArcGIS Spatial Analyst, GRASS GIS, Circuitscape, Linkage Mapper, Conefor) funksional imkoniyatlari qiyoslandi.

Muhokama va natijalar. MSPA matematik morfologiya operatsiyalarini (eroziya, dilatatsiya, ochish, yopish) binar rastr tasvirga qo‘llash orqali uning geometrik tuzilishini tahlil qilishga asoslanadi. Usul P.Soille va P.Vogt tomonidan raqamli tasvirlarni qayta ishlash sohasidan landshaft ekologiyasiga moslashtirilgan [8; 11]. Dastlab «old plan» (foreground, masalan, tabiiy o‘simlik qoplami) va «fon» (background, antropogen landshaftlar) ajratiladi, so‘ngra old plan piksellari o‘zaro joylashuviga ko‘ra yetti funksional sinfga bo‘linadi (1-jadval).

1-jadval

MSPA sinflari va ularning ekologik ahamiyati

Sinf	Ta’rif	Ekologik ahamiyati
Yadro (core)	Chet ta’siridan xoli, katta maydonli ichki uchastka	Potensial ekologik manba
Chekka (edge)	Yadroning fon bilan chegaradosh tashqi qatlami	Chet ta’siriga duchor o‘tish zonasi
Teshik (perforation)	Yadro ichidagi kichik bo‘shliq	Yadro yaxlitligining ichki

Sinf	Ta’rif	Ekologik ahamiyati
	atrofidagi qatlam	buzilishi
Orolcha (islet)	Mayda, boshqa elementlardan izolyatsiyalangan uchastka	Pog‘onali element bo‘lishi mumkin
Ko‘prik (bridge)	Ikki yadroni bog‘lovchi chiziqli element	Potensial ekologik yo‘lak
Halqa (loop)	Bitta yadroni o‘ziga qaytarib bog‘lovchi element	Ichki almashinuvni ta’minlovchi ikkilamchi aloqa
Shoxcha (branch)	Faqat bir uchi yadroga tutashgan element	Kengayish salohiyatiga ega, lekin bog‘lanmagan

MSPA ning asosiy parametrlari – chekka kengligi (piksellarda ifodalangan chet ta’siri chuqurligi), qo‘shnichilik qoidasi (4 yoki 8 yo‘nalishli) va rastr aniqligi bo‘lib, ular tasniflash natijalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi [4]. Usul Yevropa Ittifoqi Qo‘shma tadqiqot markazining bepul GuidosToolbox dasturida amalga oshiriladi [12]. MSPA ning asosiy afzalligi – manbalarni aniqlash bosqichida ekspert bahosini talab qilmasligi va to‘liq takrorlanuvchan natija berishidir.

MCR modelining ilmiy-metodik asoslari. MCR modeli xarajat-masofa (cost-distance) nazariyasiga asoslanadi: landshaftning har bir elementiga organizm yoki jarayonning undan o‘tishiga ko‘rsatadigan qarshilik qiymati beriladi. Model J.P. Knaapen va hammualliflari tomonidan yashash muhiti izolyatsiyasini baholash uchun taklif etilgan [2], K. Yu tomonidan esa landshaft rejalashtirishdagi «xavfsizlik naqsh» (security pattern) nazariyasi doirasida rivojlantirilgan [13]. Minimal kumulyativ qarshilik quyidagicha hisoblanadi:

$$MCR = f\min \Sigma (D_{ij} \times R_i) \quad (1)$$

bu yerda D_{ij} – j-manbadan i-landshaft birligigacha bo‘lgan masofa; R_i – i-birlikning harakatga qarshilik koeffitsiyenti; f – minimal kumulyativ qarshilik bilan ekologik jarayon o‘rtasidagi ijobiy bog‘liqlik funksiyasi. Natijada olingan qarshilik yuzasi manbalar o‘rtasidagi eng ehtimoliy, ya’ni eng kam xarajatli harakatlanish yo‘nalishlarini – potensial ekologik yo‘laklarni ko‘rsatadi. Amalda model ArcGIS Spatial Analyst dagi Cost Distance va Cost Path funksiyalari yoki GRASS GIS dagi r.cost moduli yordamida bajariladi. MSPA va MCR ning qiyosiy tavsifi 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

MSPA va MCR modellarining qiyosiy tavsifi

Mezon	MSPA	MCR
Nazariy asos	Matematik morfologiya	Xarajat-masofa nazariyasi, «xavfsizlik naqshi»
Kirish ma’lumoti	Binar rastr (old plan / fon)	Qarshilik koeffitsiyentlari rastri
Asosiy natija	Tarkibiy sinflar (yadro, ko‘prik va b.)	Minimal kumulyativ qarshilik yuzasi
Aniqlaydigan obyekt	Potensial ekologik manbalar	Potensial ekologik yo‘laklar
Dasturiy vosita	GuidosToolbox	ArcGIS Spatial Analyst, GRASS

Mezon	MSPA	MCR
		r.cost
Subyektivlik darajasi	Past (geometriyaga asoslanadi)	O‘rtacha (koeffitsiyentlar ekspertga bog‘liq)

Qarshilik yuzasini shakllantirish. Qarshilik koeffitsiyentlari bir nechta fazoviy omillar asosida beriladi: yer qoplami turi (tabiiy qoplamlarda past, antropogen yuzalarda yuqori qarshilik; Landsat, Sentinel tasvirlari), relyef qiyaligi (raqamli relyef modeli), yo‘llar va aholi punktlarigacha masofa hamda suv obyektlarigacha masofa (turga qarab qarshilikni oshirishi yoki kamaytirishi mumkin). Omillarning nisbiy vazni aniq tur yoki jarayonning harakatlanish xususiyatlariga qarab farqlanadi.

Integratsiyalashgan yondashuv: xorijiy tajriba. So‘nggi o‘n yillik tadqiqotlarida MSPA va MCR to‘rt bosqichli yaxlit tizimga birlashdi. Birinchi bosqichda yer qoplami xaritasi asosida MSPA tahlili o‘tkazilib, «yadro» sinfidagi uchastkalar maydon bo‘yicha saralanadi va graf-nazariy ko‘rsatkichlar (IIC, dPC) yordamida qo‘shimcha baholanib, ekologik manba sifatida tanlanadi [6; 7; 10]. Ikkinchi bosqichda qarshilik yuzasi quriladi. Uchinchi bosqichda MCR yordamida manbalar o‘rtasidagi minimal xarajatli yo‘llar – potensial yo‘laklar aniqlanadi. To‘rtinchi bosqichda elektr zanjiri nazariyasi [3] yordamida yo‘laklardagi «tor joylar» (pinch-points) va to‘siqlar aniqlanib, muhofaza yoki tiklash uchun ustuvor hudud sifatida belgilanadi [5]. Tizimda qo‘llaniladigan dasturiy vositalar 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval

MSPA–MCR–elektr zanjiri tizimidagi dasturiy vositalar

Dasturiy vosita	Nazariy asos	Tizimdagi vazifasi
GuidosToolbox	Matematik morfologiya (MSPA)	Yer qoplamini tarkibiy sinflarga ajratadi
Conefor	Graf nazariyasi (IIC, dPC)	Yadrolarni ahamiyati bo‘yicha baholaydi
ArcGIS Spatial Analyst / GRASS r.cost	Xarajat-masofa nazariyasi (MCR)	Qarshilik yuzasi va minimal xarajatli yo‘llarni hisoblaydi
Circuitscape	Elektr zanjiri nazariyasi	Yo‘laklardagi «tor joylar»ni aniqlaydi
Linkage Mapper	Eng kam xarajatli yo‘l usuli	MCR natijalarini yo‘laklar sifatida rasmiylashtiradi

Tajriba shuni ko‘rsatadiki, ikki usulning birgalikda qo‘llanilishi manbalarni aniqlashning obyektiv (MSPA) va yo‘laklarni modellashtirishning harakat jarayoniga asoslangan (MCR) jihatlarini birlashtirib, ekologik xavfsizlik karkasini loyihalashning ilmiy asoslanganlik darajasini oshiradi.

Afzalliklar, cheklovlar va moslashtirish istiqbollari. Integratsiyalashgan yondashuvning afzalligi – obyektivligi, takrorlanuvchanligi va nisbatan kam ma’lumot talab qilishidir; u bepul dasturiy ta’minot (GuidosToolbox, QGIS, GRASS, Circuitscape) yordamida turli masshtablarda qo‘llanilishi mumkin. Shu bilan birga uchta muhim cheklov mavjud: qarshilik koeffitsiyentlari hamon ekspert bahosiga tayanadi va muayyan turlar uchun kalibrovka talab qiladi; MSPA parametrlarining tanlanishi natijalarga sezilarli ta’sir

ko‘rsatgani uchun sezgirlik tahlili zarur [4]; usullar asosan Xitoy va Yevropa landshaftlarida sinalgan bo‘lib, Markaziy Osiyoning quruq, tog‘ oldi va suvg‘orma dehqonchilik landshaftlarida yetarlicha o‘rganilmagan.

Farg‘ona viloyati sharoitida tizimni moslashtirishning istiqbolli yo‘nalishlari quyidagilar: Landsat va Sentinel ma’lumotlari asosida tog‘ oldi butazorlari, qumli massivlar va daryo qayirlaridagi tabiiy qoplamni ekologik manba sifatida ajratish; sug‘orish tarmog‘i, avtomobil yo‘llari va aholi punktlarini qo‘shimcha qarshilik omillari sifatida hisobga olish; qarshilik koeffitsiyentlarini dala kuzatuvlari va ekspertlar so‘rovi orqali tekshirish.

Xulosa. MSPA va MCR ekologik manba va yo‘laklarni obyektiv hamda takrorlanuvchan usulda aniqlashga xizmat qiluvchi o‘zaro to‘ldiruvchi metodik vositalardir: MSPA landshaft geometriyasidan kelib chiqib potensial manbalarni ajratadi, MCR esa qarshilik yuzasi orqali ular o‘rtasidagi eng ehtimoliy harakat yo‘nalishlarini modellashtiradi. Ularning graf-nazariy indekslar va elektr zanjiri nazariyasi bilan integratsiyasi ekologik xavfsizlik karkasini loyihalashning xalqaro amaliyotida yetakchi metodik tizimga aylangan.

Ushbu tizimni Markaziy Osiyo, jumladan Farg‘ona viloyati sharoitiga moslashtirish mintaqaviy ekologik karkasni ilmiy asosda shakllantirish uchun muhim ahamiyatga ega, biroq buning uchun qarshilik koeffitsiyentlarini mahalliy landshaft sharoitida kalibrovka qilish va tizimni aniq hudud materialida amaliy GAT tahlili orqali sinovdan o‘tkazish zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar

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

2. Knaapen J.P., Scheffer M., Harms B. Estimating habitat isolation in landscape planning // Landscape and Urban Planning. – 1992. – Vol. 23, № 1. – P. 1–16.

3. McRae B.H., Dickson B.G., Keitt T.H., Shah V.B. Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution, and conservation // Ecology. – 2008. – Vol. 89, № 10. – P. 2712–2724.

4. Ostapowicz K., Vogt P., Riitters K.H., Kozak J., Estreguil C. Impact of scale on morphological spatial pattern of forest // Landscape Ecology. – 2008. – Vol. 23, № 9. – P. 1107–1117.

5. Peng J., Yang Y., Liu Y., Hu Y., Du Y., Meersmans J., Qiu S. Linking ecosystem services and circuit theory to identify ecological security patterns // Science of the Total Environment. – 2018. – Vol. 644. – P. 781–790.

6. Saura S., Pascual-Hortal L. A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning // Landscape and Urban Planning. – 2007. – Vol. 83, № 2–3. – P. 91–103.

7. Saura S., Torné J. Conefor Sensinode 2.2: a software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity // Environmental Modelling & Software. – 2009. – Vol. 24, № 1. – P. 135–139.

8. Soille P., Vogt P. Morphological segmentation of binary patterns // Pattern Recognition Letters. – 2009. – Vol. 30, № 4. – P. 456–459.

9. Taylor P.D., Fahrig L., Henein K., Merriam G. Connectivity is a vital element of landscape structure // Oikos. – 1993. – Vol. 68, № 3. – P. 571–573.

10. Urban D., Keitt T. Landscape connectivity: a graph-theoretic perspective // Ecology. – 2001. – Vol. 82, № 5. – P. 1205–1218.

11. Vogt P., Riitters K.H., Estreguil C., Kozak J., Wade T.G., Wickham J.D. Mapping spatial patterns with morphological image processing // Landscape Ecology. – 2007. – Vol. 22, № 2. – P. 171–177.

12. Vogt P., Riitters K. GuidosToolbox: universal digital image object analysis // European Journal of Remote Sensing. – 2017. – Vol. 50, № 1. – P. 352–361.

13. Yu K. Security patterns and surface model in landscape ecological planning // Landscape and Urban Planning. – 1996. – Vol. 36, № 1. – P. 1–17.