SIRDARYO DARYOSI QIRG‘OQ EKOTIZIMLARINI GAT TEXNOLOGIYASI ASOSIDA BAHOLASH (SIRDARYO VILOYATI MISOLIDA)

Djurayev Mansur Egamberdiyevich - Iqlim o‘zgarishi va geoaxborot tizimlari kafedrasi dotsenti

Husenov Jahongir Qo‘shmurod o‘g‘li – GulDU Akademik litsey geografiya fani o‘qituvchisi

Annotatsiya. Maqolada Sirdaryo viloyati hududidan o‘tuvchi Sirdaryo daryosi qirg‘oq ekotizimlarining holatini geoaxborot tizimlari (GAT) va masofaviy zondlash ma’lumotlari asosida baholash metodikasi ishlab chiqilgan. O‘simlik qoplami (NDVI), namlik (MNDWI, NDMI), tuproq sho‘rlanishi, relyef va yer qoplami ko‘rsatkichlari ierarxiyalar tahlili usuli (AHP) yordamida yagona integral indeksga birlashtirildi. Hudud ekologik holat bo‘yicha besh toifaga ajratildi. Natijalar Sohilobod mahallasida barpo etilishi rejalashtirilgan eko-turizm maskanining joylashuvini ekologik asoslashda qo‘llanildi.

Kalit so‘zlar: Sirdaryo, qirg‘oq ekotizimi, to‘qay o‘rmonlari, GAT, masofaviy zondlash, NDVI, AHP, eko-turizm.

ОЦЕНКА ПРИБРЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ РЕКИ СЫРДАРЬИ НА ОСНОВЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ (НА ПРИМЕРЕ СЫРДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Джураев Мансур Эгамбердиевич — доцент кафедры изменения климата и геоинформационных систем

Хусенов Джахонгир Кушмурод угли — преподаватель географии Академического лицея ГулГУ

Аннотация. В статье разработана методика оценки состояния прибрежных экосистем реки Сырдарьи, протекающей по территории Сырдарьинской области, на основе данных геоинформационных систем (ГИС) и дистанционного зондирования. Показатели растительного покрова (NDVI), влажности (MNDWI, NDMI), засоленности почв, рельефа и земного покрова были объединены в единый интегральный индекс с помощью метода

анализа иерархий (AHP). Территория была разделена на пять категорий по экологическому состоянию. Результаты были использованы при экологическом обосновании расположения объекта экотуризма, который планируется создать в махалле Сохилобод.

Ключевые слова: Сырдарья, прибрежная экосистема, тугайные леса, ГИС, дистанционное зондирование, NDVI, AHP, экотуризм.

ASSESSMENT OF RIPARIAN ECOSYSTEMS OF THE SYR DARYA RIVER BASED ON GIS TECHNOLOGIES (A CASE STUDY OF SYR DARYA REGION)

Mansur Egamberdievich Djuraev — Associate Professor, Department of Climate Change and Geographic Information Systems

Jahongir Kushmurod ugli Khusenov — Geography Teacher, GulSU Academic Lyceum

Abstract. The article develops a methodology for assessing the state of coastal ecosystems of the Syr Darya River passing through the Syr Darya Region based on geographic information systems (GIS) and remote sensing data. Indicators of vegetation cover (NDVI), moisture (MNDWI, NDMI), soil salinity, relief, and land cover were combined into a single integral index using the hierarchy analysis method (AHP). The territory was divided into five categories based on the ecological situation. The results were used in the ecological justification of the location of the eco-tourism center planned to be built in the Sohilobod neighborhood.

Keywords: Syr Darya, riparian ecosystem, tugai forests, GIS, Earth remote sensing, NDVI, AHP, ecotourism.

Kirish

Daryo qirg‘oq (riparian) zonalari quruqlik va suv ekotizimlari chegarasida shakllanadi. Ular biologik xilma-xillikni saqlaydi, qirg‘oq eroziyasini kamaytiradi, oqim va toshqin rejimini yumshatadi, ifloslantiruvchi moddalarni tutib qoladi va mikroiqlimni barqarorlashtiradi [9]. Markaziy Osiyoning quruq iqlimida bunday

zonalar cho‘l landshaftlari ichida tor «yashil yo‘lak» hosil qiladi va unda to‘qay o‘rmonlari shakllanadi. To‘qay fitotsenozlari terak (*Populus pruinosa*), jiyda (*Elaeagnus*), tol (*Salix*), yulg‘un (*Tamarix*) va qamish (*Phragmites*) kabi namsevar, sho‘rga chidamli turlardan iborat. Ularning mavjudligi daryo suvining muntazam toshishi va yer osti suvlarining yuqori joylashuviga bog‘liq, shu sababli oqim rejimidagi o‘zgarish to‘qay holatiga tez ta’sir qiladi. Sirdaryo oqimi o‘nlab yillardan beri asosan sug‘orma dehqonchilik va gidroenergetika ehtiyojlariga moslab boshqarib kelinadi. Bu Orol dengizi havzasidagi keng ko‘lamli ekologik o‘zgarishlar bilan bog‘liq [8]. Sirdaryo viloyati Mirzacho‘lning sug‘oriladigan qismida joylashgan, hududning katta qismi qishloq xo‘jaligida o‘zlashtirilgan. Natijada daryo bo‘yidagi tabiiy o‘simlik qoplami doimiy antropogen bosim ostida qolmoqda, sug‘oriladigan yerlarda yer osti suvlari sathining ko‘tarilishi esa ikkilamchi sho‘rlanishni keltirib chiqaradi. 2020-yil may oyida Sardoba suv omboridagi avariya daryo bo‘yi landshaftlari barqarorligini qayta baholash zarurligini ko‘rsatdi.

So‘nggi yillarda daryo bo‘yi hududlari turizm va rekreatsiya maqsadlarida ham o‘zlashtirilmoqda. Xususan, Sohilobod mahallasi hududidan oqib o‘tuvchi Sirdaryo bo‘yida zamonaviy eko-turizm maskani barpo etilishi rejalashtirilgan. Bunday loyihalar qirg‘oq ekotizimiga qo‘shimcha yuklama tushirishi mumkin, shu bois ulardan oldin hududning hozirgi holatini va chidamliligini miqdoriy baholash zarur. Dala usullari bilan uzluksiz kuzatish katta mehnat va mablag‘ talab qiladi, GAT va sun’iy yo‘ldosh tasvirlariga asoslangan baholash esa ko‘lamli, takrorlanuvchi va nisbatan arzon [1, 10, 12]. Spektral indekslar butun hududni bir xil uslubda baholashga, ko‘p mezonli tahlil esa turli ko‘rsatkichlarni yagona bahoga birlashtirishga imkon beradi [16].

Tadqiqotning maqsadi – Sirdaryo viloyati doirasida daryo qirg‘oq ekotizimlari holatini GAT texnologiyasi yordamida integral baholash va natijalarni Sohilobod mahallasidagi eko-turizm maskani joylashuvini ekologik asoslashda qo‘llash.

Vazifalar:

1. qirg‘oq zonasini chegaralash va ko‘rsatkichlar tizimini asoslash, sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari asosida spektral indekslarni hisoblash;
2. ko‘rsatkichlarga og‘irlik koeffitsiyentlarini AHP usulida belgilash;
3. Sohilobod uchastkasi uchun ekologik tavsiyalar ishlab chiqish.

Tadqiqot obyekti va usullari

Tadqiqot obyekti

Tadqiqot obyekti – Sirdaryo daryosining Sirdaryo viloyati hududidagi qirg‘oq mintaqasi. Viloyat Mirzacho‘l cho‘lining shimoli-sharqiy qismida joylashgan, relyefi asosan tekislik. Iqlimi keskin kontinental: yozi issiq va quruq, qishi nisbatan sovuq, yog‘inlar asosan qish va bahorda tushadi. Yozda bug‘lanish yog‘in miqdoridan ancha ko‘p bo‘lgani uchun tuproq sho‘rlanishiga qulay sharoit yaratiladi. Qirg‘oq bo‘yida allyuvial-o‘tloqi, ayrim joylarda sho‘rlangan va sho‘rxok tuproqlar tarqalgan. Tabiiy o‘simlik terak, jiyda, tol, yulg‘un, qamish va o‘tloqi butazorlardan iborat, daryodan uzoqlashgan sari uning o‘rnini sug‘oriladigan ekin maydonlari egallaydi.

Foydalanilgan ma’lumotlar

Asosiy ma’lumot sifatida Sentinel-2 MSI tasvirlari (10–20 m) olindi [10]. Sahnalar yil vegetatsiya davri (aprel–sentabr) uchun tanlandi, bulut va bulut soyasi SCL maskasi bilan olib tashlandi, so‘ng median kompozit tuzildi. Relyef ko‘rsatkichlari (qiyalik, daryo sathidan balandlik) SRTM raqamli balandlik modeli (30 m) asosida hisoblandi [11]. Yer qoplami xaritasi Sentinel-2 tasvirlarini nazoratli tasniflash orqali olindi. Gidrografik tarmoq, yo‘llar va aholi punktlari OpenStreetMap va rasmiy kartografik materiallardan olindi. Ishlov berish Google Earth Engine [1] va QGIS [versiya] dasturlarida bajarildi, qatlamlar yagona koordinata tizimiga (WGS 84 / UTM) keltirildi.

Qirg‘oq zonasini chegaralash

Daryo o‘zani atrofida 500, 1000 va 2000 m li uch bosqichli bufer zonalar qurildi. Asosiy tahlil 1000 m li zona uchun bajarildi, qolganlari natijalarning bufer kengligiga sezgirligini tekshirishda ishlatildi. Zonalar tuman chegaralari bo‘yicha kesilib, tumanlar kesimida statistika olindi.

1-jadval. Baholash ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	**Formula**	**Sentinel-2 bandlari**	**Ekologik ma’nosi**
NDVI [4]	(NIR − Red)/(NIR + Red)	B8, B4	o‘simlik zichligi va faolligi
SAVI [5]	(1+L)(NIR − Red)/(NIR + Red + L), L = 0,5	B8, B4	tuproq fonini hisobga oluvchi o‘simlik indeksi
MNDWI [3]	(Green − SWIR1)/(Green + SWIR1)	B3, B11	ochiq suv va sirt namligi
NDMI [6]	(NIR − SWIR1)/(NIR + SWIR1)	B8, B11	o‘simlik suv tarkibi
SI	[tanlangan variantga qarab]	B2, B4	tuproq sho‘rlanishi (bilvosita)
Qiyalik, daryogacha masofa	SRTM asosida	–	eroziya xavfi, suv ta’minoti
Yer qoplami	tabiiy va o‘zlashtirilgan yerlar ulushi	–	antropogen o‘zgarish darajasi

NDVI −1 dan +1 gacha o‘zgaradi: suv va bulut uchun nolga yoki undan pastga, ochiq tuproq va sho‘rxoklar uchun 0–0,1 ga, siyrak o‘simlik uchun taxminan 0,1–0,3 ga, zich o‘simlik va to‘qay massivlari uchun 0,5–0,6 dan yuqoriga to‘g‘ri keladi [4, 13]. SAVI tuproq yorqinligi ta’sirini kamaytiradi va o‘simlik siyrak quruq hududlar uchun qulay [5]. Ochiq suv va nam yerlarni ajratish uchun MNDWI ishlatildi [2, 3], NDMI esa o‘simlikning suv bilan ta’minlanganligini baholashga xizmat qildi [6]. Sho‘rlanish sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlarida bevosita ko‘rinmaydi, shuning uchun sho‘rlanish indeksi bilvosita ko‘rsatkich bo‘lib, dala o‘lchovlari bilan tasdiqlanishi kerak.

Barcha qatlamlar 0–1 oralig‘iga normallashtirildi: ijobiy ko‘rsatkichlar (NDVI, SAVI, NDMI) to‘g‘ridan-to‘g‘ri, salbiy ko‘rsatkichlar (sho‘rlanish, qiyalik, o‘zlashtirilgan yerlar ulushi) teskari shkala bo‘yicha:

$x_i' = (x_i - xmin)/(xmax - xmin)$ – ijobiy; $x_i' = (xmax - x_i)/(xmax - xmin)$ – salbiy.

Ko‘rsatkichlar og‘irligini aniqlash (AHP)

Ko‘rsatkichlarning nisbiy ahamiyati T. Saati usuli bilan aniqlandi [7, 15]. Ekspertlar ko‘rsatkichlarni juft taqqoslab, 1 dan 9 gacha shkala bo‘yicha baho berdi (1 – teng ahamiyatli, 3 – biroz muhimroq, 5 – sezilarli, 7 – juda muhim, 9 – mutlaq muhim; 2, 4, 6, 8 – oraliq). Matritsa 3 nafar ekspert (ekolog, geograf, GAT mutaxassisi) fikri asosida tuzilib, geometrik o‘rtacha bilan jamlandi; xos vektor og‘irliklarni (w_i) berdi. Izchillik $CI = (\lambda max - n)/(n - 1)$ va $CR = CI/RI$ orqali tekshirildi, bunda RI n = 5 uchun 1,12, n = 6 uchun 1,24, n = 7 uchun 1,32 [7]; $CR \leq 0{,}10$ bo‘lsa matritsa izchil hisoblanadi. Natija barqarorligi og‘irliklarni ±10 % o‘zgartirish orqali sezgirlik tahlilida tekshirildi.

Integral indeks va toifalarga ajratish

Integral ekologik holat indeksi (IEHI) vaznli chiziqli kombinatsiya bilan hisoblandi:

$IEHI = \Sigma (w_i \cdot x_i'), \Sigma w_i = 1,$

bunda w_i – AHP bo‘yicha og‘irlik, x_i' – normallashtirilgan qiymat. Qatlam teng intervallar usuli bilan besh toifaga bo‘lindi (2-jadval), natijalar Jenks natural breaks bilan ham solishtirildi.

2-jadval. IEHI toifalari

Toifa	**IEHI oralig‘i**	**Ekologik tavsif**
I. A’lo	0,80 – 1,00	to‘liq shakllangan to‘qay, barqaror namlik
II. Yaxshi	0,60 – 0,80	zich o‘simlik, kuchsiz antropogen ta’sir
III. Qoniqarli	0,40 – 0,60	qisman o‘zgargan, aralash yer qoplami
IV. Yomon	0,20 – 0,40	siyrak o‘simlik, sho‘rlanish belgilari
V. Juda yomon	0,00 – 0,20	o‘simliksiz, kuchli sho‘rlangan yoki buzilgan yerlar

Validatsiya

Natijalar 12 ta dala nazorat nuqtasida (o‘simlik qoplami foizi, tuproq elektr o‘tkazuvchanligi yoki vizual baho) tekshirildi. Aniqlik xato matritsasi, umumiy aniqlik va Kappa koeffitsiyenti bilan baholandi [16].

Natijalar va muhokama

Fazoviy qonuniyatlar va omillar. Daryodan uzoqlashgan sari IEHI o‘zgardi. Eng yomon holat sug‘oriladigan yerlar qirg‘oqqa yaqinlashgan va tabiiy o‘simlik tor yo‘lakka qisqargan joylarda to‘plangan. Sabab sifatida [sug‘oriladigan yerlarning kengayishi, ikkilamchi sho‘rlanish, yaylov bosimi, daraxt kesish, suv rejimining o‘zgarishi – o‘z natijangizga qarab tanlang] ko‘rsatilishi mumkin. Adabiyotlarda qirg‘oq o‘simligining qisqarishi oqim rejimining o‘zgarishi va yerlarni o‘zlashtirish bilan bog‘lanadi [8, 9]; natijalarimiz bu fikrni tasdiqladi.

Metodikaning cheklovlari. Sentinel-2 ning 10–20 m ajratishi tor qirg‘oq yo‘laklarini aniq ajratishga yetarli bo‘lmasligi mumkin; sho‘rlanish indeksi bilvosita ko‘rsatkich bo‘lgani uchun dala tasdig‘ini talab qiladi; AHP ekspert fikriga tayanadi va sub’ektivlikni saqlaydi; bir yillik kompozit mavsumiy va yillararo o‘zgaruvchanlikni to‘liq aks ettirmaydi. Shu sababli kelgusida ko‘p yillik vaqt qatorlarini tahlil qilish va dala validatsiyasini kengaytirish maqsadga muvofiq.

Xulosa:

1. Sirdaryo viloyati qirg‘oq ekotizimlarini baholash uchun NDVI, SAVI, NDMI, MNDWI, sho‘rlanish, relyef va yer qoplami ko‘rsatkichlarini birlashtiruvchi GAT-metodika ishlab chiqildi.

2. Sohilobod mahallasidagi eko-turizm maskani uchun uchastkani muhofaza yadrosi, bufer va rivojlantirish zonalariga ajratish tavsiya etildi.

3. Natijalardan qirg‘oq zonalarini muhofaza qilish, to‘qay o‘rmonlarini tiklash, yerdan foydalanishni rejalashtirish va eko-turizm obyektlarini joylashtirishda foydalanish mumkin.

4. Kelgusida Landsat va Sentinel-2 vaqt qatori asosida ko‘p yillik dinamika tahlil qilinadi.

Adabiyotlar ro‘yxati:

1. Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone // Remote Sensing of Environment. – 2017. – Vol. 202. – P. 18–27.

2. McFeeters S.K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features // International Journal of Remote Sensing. – 1996. – Vol. 17, No. 7. – P. 1425–1432.

3. Xu H. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery // International Journal of Remote Sensing. – 2006. – Vol. 27, No. 14. – P. 3025–3033.

4. Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS // Third ERTS Symposium, NASA SP-351. – Washington, 1974. – Vol. 1. – P. 309–317.

5. Huete A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI) // Remote Sensing of Environment. – 1988. – Vol. 25, No. 3. – P. 295–309.

6. Gao B.C. NDWI – A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space // Remote Sensing of Environment. – 1996. – Vol. 58, No. 3. – P. 257–266.

7. Saaty T.L. A scaling method for priorities in hierarchical structures // Journal of Mathematical Psychology. – 1977. – Vol. 15, No. 3. – P. 234–281.

8. Micklin P. The Aral Sea disaster // Annual Review of Earth and Planetary Sciences. – 2007. – Vol. 35. – P. 47–72.

9. Naiman R.J., Décamps H. The ecology of interfaces: riparian zones // Annual Review of Ecology and Systematics. – 1997. – Vol. 28. – P. 621–658.

10. Drusch M. et al. Sentinel-2: ESA’s optical high-resolution mission for GMES operational services // Remote Sensing of Environment. – 2012. – Vol. 120. – P. 25–36.

11. Farr T.G. et al. The Shuttle Radar Topography Mission // Reviews of Geophysics. – 2007. – Vol. 45, RG2004.

12. Jensen J.R. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. – 2nd ed. – Upper Saddle River: Prentice Hall, 2007. – 592 p.

13. Tucker C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation // Remote Sensing of Environment. – 1979. – Vol. 8, No. 2. – P. 127–150.

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

15. Congalton R.G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data // Remote Sensing of Environment. – 1991. – Vol. 37, No. 1. – P. 35–46.

16. Malczewski J. GIS and Multicriteria Decision Analysis. – New York: John Wiley & Sons, 1999. – 392 p.