

Sun'iy yo'ldosh indeksleri va yerdagi elektr o'tkazuvchanlik o'lchovlari

o'rtasidagi bog'liqlik: Sirdaryo va Alakol misolida

Xushmanova Hilola Aktam qizi

Stajyor o'qituvchi, Osiyo Texnologiyalar Universiteti, Qarshi sh., O'zbekiston

hilolaxushmanova@gmail.com

Annotatsiya: Tuproqda tuzlar miqdorining oshishi (sho'rlanish) sug'oriladigan yerlarda hosildorlikni kamaytiruvchi asosiy xavflardan biridir. Uni aniqlashning an'anaviy usuli — dalada tuproq namunasi olib, laboratoriyada elektr o'tkazuvchanlikni (EC) o'lchash — aniq, lekin sekin va qimmat. Sun'iy yo'ldosh tasvirlaridan hisoblanadigan indekslar (NDVI, NDSI) esa katta maydonni tez ko'rsatadi. Tezida Sirdaryo viloyati (O'zbekiston) va Alakol tumani (Qozog'iston) misolida bu indekslar sho'rlanishni qanchalik ishonchli ko'rsatishi nashr etilgan tadqiqotlar asosida tahlil qilinadi. Indekslar sho'rlanishning mavsumiy va hududiy tendensiyasini ko'rsatadi, biroq ularning yerdagi EC bilan bog'lanishi kuchsiz (eng yuqori $r = 0,189$) bo'lgan.

Kalit so'zlar: tuproq sho'rlanishi, NDVI, NDSI, EC, Landsat, Sentinel-2, masofadan zondlash.

1-jadval. Qisqartmalar va atamalar izohi

Atama	Izoh
EC (Electrical Conductivity)	Elektr o'tkazuvchanlik, birligi dS/m (desisimens/metr). Tuproq eritmasida tuz qancha ko'p bo'lsa, EC shuncha yuqori bo'ladi.
EC (1:5)	1 qism tuproqni 5 qism suvga aralashtirib o'lchangan EC.

	To'yingan pasta ekstraktidagi EC (ECe) dan farq qiladi.
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	Normallashtirilgan farqiy o'simlik indeksi: o'simlikning yashilligi va sog'lomligini ko'rsatadi.
NDSI (Normalized Difference Salinity Index)	Normallashtirilgan farqiy sho'rlanish indeksi: sun'iy yo'ldosh tasvirlaridan sho'rlanishni baholash uchun hisoblanadi.
Red, NIR (Near-Infrared)	Qizil nur va yaqin infraqizil nur: sun'iy yo'ldosh sensori o'lchaydigan spektr qismlari.
Landsat 8, Sentinel-2	Yerni kuzatuvchi sun'iy yo'ldoshlar (AQSH va Yevropa). Tasvir piksellari: Landsat — 30 m, Sentinel-2 — 10–20 m.
GIS (Geographic Information System)	Geografik axborot tizimi: xaritalar va fazoviy ma'lumotlarni qayta ishlash dasturlari (masalan, ArcMap).
TDS (Total Dissolved Solids)	Suvdagi umumiy erigan tuzlar miqdori.
r, p	Pearson korrelyatsiya koeffitsiyenti r (-1 dan $+1$ gacha; 0 — bog'liqlik yo'q) va p -qiymat ($p < 0,05$ bo'lsa natija tasodifiy emas deb hisoblanadi).
ML, R^2	Mashinali o'qitish (Machine Learning) va determinatsiya koeffitsiyenti (1 — model ma'lumotni mukammal tushuntiradi, 0 — umuman tushuntirmaydi).

1. Muammo

Sho'rlanish — tuproqda suvda eruvchan tuzlarning me'yordan ortiq to'planishi. Tuzlar ko'payganda o'simlik ildizlari suvni qiyin o'zlashtiradi, ozuqa moddalari muvozanati buziladi, hosildorlik kamayadi va tuproq tuzilishi yomonlashadi [4, 7].

Muammo ayniqsa Markaziy Osiyoning sug'oriladigan hududlarida dolzarb. Xorazm viloyatida so'nggi 40 yilda sho'rlanish ortgani, bunga haroratning ko'tarilishi va drenajning (ortiqcha suvni chiqarib yuboruvchi tizim) yetarli emasligi sabab bo'lgani qayd etilgan [10]. Sirdaryo viloyatining umumiy maydoni 4300 km² bo'lib, shundan 2764,79 km² ekin yerlari turli darajada sho'rlangan [1].

An'anaviy baholashda dalada namuna olinib, laboratoriyada EC va TDS aniqlanadi; bitta mutaxassis kuniga o'rtacha atigi 15–20 nuqtadan namuna oladi [1]. Shu sababli katta maydonlar uchun sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari va GIS tezkor va arzon alternativa sifatida taklif etiladi [1, 6, 8]. Biroq indekslar faqat tuproqning yuza qatlamini (taxminan 5 sm) «ko'radi», o'simlik qoplami va namlik ularni buzishi mumkin [2, 6]. Shuningdek, EC ning o'zi ham turli usulda o'lchanadi va ular orasida yagona o'tish koeffitsiyenti yo'q [9].

Maqsad — indekslarga asoslangan baholashning imkoniyat va cheklovlarini oddiy tilda ko'rsatish hamda ulardan to'g'ri foydalanish yo'llarini tavsiya etishdan iborat.

2. Material va usullar

Tezis nashr etilgan ilmiy ishlarni tahlil qilishga asoslangan; yangi dala tajribasi o'tkazilmagan. Ikki tadqiqot tanlandi va ularning ma'lumotlari o'zgartirilmagan holda keltirildi.

Sirdaryo viloyati [1]. 2019-yilgi Landsat 8 tasviri (piksel 30 m) ishlatilgan. NDVI = $(\text{NIR} - \text{Red})/(\text{NIR} + \text{Red})$ formulasi bilan hisoblangan [5]: o'simlik qizil nurni yutadi, yaqin infraqizil nurni esa kuchli qaytaradi, shuning uchun NDVI o'simlikning yashilligini ko'rsatadi; sho'rlangan yerda o'simlik zaif bo'lgani uchun NDVI past bo'ladi. Qiymatlar sho'rlanish darajasi bo'yicha besh sinfga bo'lingan va GIS (ArcMap) da xaritalangan.

Alakol tumani [2]. 2024-yil mart–noyabr oylari uchun oyiga bitta bulutsiz Sentinel-2 tasviri (jami 9 ta xarita, piksel 10–20 m) olingan. NDSI = $(\text{Red} - \text{NIR})/(\text{Red} + \text{NIR})$ formulasi bilan hisoblangan. Haqiqiy holatni tekshirish uchun 31 ta dala nuqtasidan namuna olinib, EC (1:5) o'lchangan (0,07 dan 1,4 dS/m gacha).

Bog'liqlikni baholash. Indeks va EC orasidagi aloqa Pearson koeffitsiyenti r va p -qiymat bilan tekshirilgan [2].

Asosiy tushunchalar uchun klassik manbalar ishlatildi: tuproq-suv ekstraktidagi EC orqali sho'rlanishni baholash [4], NDVI [5].

3. Asosiy natijalar

Sirdaryo [1]. Viloyatda asosan o'rtacha va kuchli sho'rlangan tuproqlar ustun; eng yuqori sho'rlanish markaziy va g'arbiy-markaziy qismlarda aniqlangan. Mualliflar sho'rlanishni sun'iy yo'ldosh yordamida taxminan 80% to'g'ri aniqlash mumkin deb hisoblagan, biroq NDVI chegaralari farazga asoslangan va bu aniqlik batafsil hisoblanmagan.

Alakol — mavsumiy o'zgarish [2]. Bahorda (mart–aprel) sho'rlanish eng past: yog'in va erta sug'orish tuzlarni yuvadi. Yozda (iyul–avgust) bug'lanish tuzlarni yuzaga ko'taradi va indeks oshadi; kuzda qisman pasayadi. Tahlil qilingan nuqtalarning birortasida NDSI 0 dan oshmagan, ya'ni sho'rlanish o'rtacha darajadan yuqori bo'lmagan.

Alakol — hududiy farq [2]. Past relyefli va ko'l bo'yidagi maydonlarda sho'rlanish yuqori. Masalan, pastlikdagi ALK27 maydonida NDSI may oyida taxminan $-0,28$ (deyarli sho'rlanmagan) bo'lib, noyabrga kelib $-0,06$ gacha ko'tarilgan; yuqoriroq joylashgan ALK28 da esa o'zgarish kichikroq bo'lgan.

Indeks va EC bog'lanishi kuchsiz [2]. r eng yuqori iyulda $0,189$ ($p = 0,309$), avgustda $0,178$; mart va aprelda deyarli nol ($-0,005$ va $-0,026$). Bu bog'lanish statistik jihatdan ahamiyatsiz. Mualliflar sabab sifatida EC bir marta, NDSI esa har oy o'lchangani hamda o'simlik va namlik ta'sirini ko'rsatgan.

Mashinali o'qitish bilan [3, 11]. Sentinel-1 radar tasvirlari va ML algoritmlari (LightGBM, Ridge regressiyasi) 203 ta namunada sinalganda R^2 butun to'plamda $0,403$, Shelek hududida Ridge bilan $0,677$ bo'lgan. Radar, optik ma'lumotlarni birlashtirish va hududiy kalibrovka natijani yaxshilashi ham qayd etilgan [11].

4. Xulosa

Sun'iy yo'ldosh indeksleri sho'rlanish xavfi «qayerda va qachon yuqori» degan savolga yaxshi javob beradi, ammo «tuproqda necha dS/m tuz bor» degan savolga ishonchli javob bermaydi. Shu sababli: (1) indekslar dastlabki skrining vositasi sifatida ishlatilishi; (2) aniq qiymat uchun EC namunalari va ML modellari bilan birga qo'llanishi; (3) EC namunalari suratga olish sanasiga yaqin olinishi; (4) O'zbekiston hududlari uchun mahalliy kalibrovka qilinishi tavsiya etiladi.

Adabiyotlar:

1. Djuraev A., Mirdjalalov D., Nuratdinov A., Khushvaktov T., Karimov Y. Evaluation of soil salinity level through NDVI in Syrdarya province, Uzbekistan. E3S Web of Conferences, 258, 03017 (2021).
2. Ataniyazova A., Merembayev T. Spatiotemporal assessment of soil salinity in irrigated agricultural lands of Kazakhstan using remote sensing. Journal of Problems in Computer Science and Information Technologies, №3 (3), 2025, 13–26.
3. Amirgaliyev Y., Mukhamediev R., Merembayev T. et al. Remote sensing and machine learning algorithms to predict soil salinity in southern Kazakhstan. Discover Sustainability, 5:363 (2024).
4. Richards L.A. (Ed.). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Agriculture Handbook No. 60. Washington, DC, 1954. [klassik manba]
5. Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. NASA SP-351, 1974, pp. 309–317. [klassik manba]
6. Metternicht G.I., Zinck J.A. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints. Remote Sensing of Environment, 85 (1), 2003, 1–20.

7. Corwin D.L., Scudiero E. Review of soil salinity assessment for agriculture across multiple scales using proximal and/or remote sensors. *Advances in Agronomy*, 158, 2019, 1–130.
8. Allbed A., Kumar L. Soil salinity mapping and monitoring in arid and semi-arid regions using remote sensing technology: a review. *Advances in Remote Sensing*, 2 (4), 2013, 373–385.
9. Kargas G., Londra P., Sgoubopoulou A. Comparison of soil EC values from methods based on 1:1 and 1:5 soil to water ratios and ECe from saturated paste extract-based method. *Water*, 12 (4), 2020, 1010.
10. Khamidov M., Ishchanov J., Hamidov A., Donmez C., Djumaboev K. Assessment of soil salinity changes under the climate change in the Khorezm region, Uzbekistan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19 (14), 2022, 8794.
11. Mukhamediev R.I. et al. Soil salinity estimation for South Kazakhstan based on SAR Sentinel-1 and Landsat-8,9 OLI data with machine learning models. *Remote Sensing*, 15 (17), 2023, 4269.