# SIRDARYO VILOYATI TUPROQLARINING SHO‘RLANISH DARAJASINI TADQIQ ETISHDA GATNING O‘RNI VA AHAMIYATI

Djalilova Shaxnoza Ziyodulla qizi
*Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti stajyor tadqiqotchisi*
shahnozziyodullayevna@gmail.com

***Annotatsiya.*** *Ushbu maqolada Sirdaryo viloyati tuproqlarining sho‘rlanish holati 2024-yil 24-mart sanasida olingan Sentinel-2 va Landsat 9 sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida baholandi. Tadqiqotda ArcGIS va QGIS muhitida raster qatlamlar qayta ishlanib, NDSI (Normalized Difference Salinity Index) va NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) indekslari hisoblandi. Olingan natijalar bo‘yicha NDSI qiymatlari sinflarga ajratildi, har bir sinfning maydoni va viloyat umumiy maydoniga nisbatan ulushi aniqlandi. Hisob-kitoblarga ko‘ra, 0,1–0,15 diapazonidagi hududlar 2246,81 km² yoki 53,19%, 0,15–0,2 diapazonidagi hududlar 1268,57 km² yoki 30,03%, 0,2–0,78 diapazonidagi maydonlar esa 153,68 km² yoki 3,64% ni tashkil etdi. NDVI xaritasi bilan solishtirish sho‘rlanish kuchli bo‘lgan hududlarda vegetatsiya qoplami zaiflashganini ko‘rsatdi. Natijalar GAT va masofaviy zondlash texnologiyalari Sirdaryo viloyati sharoitida sho‘rlangan yerlarni tezkor aniqlash, monitoring qilish va meliorativ tadbirlarni hududiy rejalashtirishda samarali vosita bo‘la olishini tasdiqlaydi.*

***Kalit so‘zlar:*** *tuproq sho‘rlanishi, Sirdaryo viloyati, GAT, NDSI, NDVI, Sentinel-2, Landsat 9, masofaviy zondlash, meliorativ monitoring.*

***Аннотация.*** *В статье оценено состояние засоления почв Сырдарьинской области на основе спутниковых снимков Sentinel-2 и Landsat 9, полученных 24 марта 2024 года. В среде ArcGIS и QGIS были обработаны растровые данные и рассчитаны индексы NDSI (Normalized Difference Salinity Index) и NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Значения NDSI были разделены на классы, после чего определены площадь каждого класса и его доля от общей площади области. Расчёты показали, что территории с диапазоном NDSI 0,1–0,15 занимают 2246,81 км² или 53,19%, диапазон 0,15–0,2 — 1268,57 км² или 30,03%, а диапазон 0,2–0,78 — 153,68 км² или 3,64%. Сопоставление с картой NDVI показало ослабление растительного покрова в зонах с более выраженными признаками засоления. Полученные результаты подтверждают эффективность ГИС и дистанционного зондирования для*

*мониторинга засоленных земель и планирования мелиоративных мероприятий.*

***Ключевые слова:*** *засоление почв, Сырдарьинская область, ГИС, NDSI, NDVI, Sentinel-2, Landsat 9, дистанционное зондирование, мелиоративный мониторинг.*

***Abstract.*** *This article assesses soil salinity conditions in Sirdarya Region using Sentinel-2 and Landsat 9 satellite images acquired on March 24, 2024. Raster layers were processed in ArcGIS and QGIS, and the NDSI (Normalized Difference Salinity Index) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) were calculated. NDSI values were classified into ranges, and the area and percentage of each class were estimated. The results show that the NDSI range of 0.1–0.15 covers 2246.81 km² or 53.19%, the range of 0.15–0.2 covers 1268.57 km² or 30.03%, and the range of 0.2–0.78 covers 153.68 km² or 3.64% of the region. Comparison with the NDVI map indicates weakened vegetation cover in areas with stronger salinity signals. The findings demonstrate that GIS and remote sensing technologies can be used as effective tools for identifying salt-affected lands, monitoring their spatial distribution, and supporting reclamation planning in Sirdarya Region.*

***Key words:*** *soil salinity, Sirdarya Region, GIS, NDSI, NDVI, Sentinel-2, Landsat 9, remote sensing, reclamation monitoring.*

**Kirish**

Tuproq sho‘rlanishi sug‘orma dehqonchilik keng tarqalgan hududlarda yer unumdorligini cheklovchi asosiy ekologik-meliorativ omillardan biridir. Sirdaryo viloyati irrigatsiya tizimlari va qishloq xo‘jaligi maydonlari zich joylashgan mintaqa bo‘lgani sababli bu yerda yer osti suvlari sathi, bug‘lanish jarayoni, sug‘orish tartibi va drenaj tizimlari holati tuproq sho‘rlanishining kuchayishi yoki kamayishiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Sho‘r miqdori ortgan tuproqlarda o‘simlik ildizi suvni qiyin o‘zlashtiradi, oziqa elementlari harakati sekinlashadi va hosildorlik pasayishi mumkin. Shu bois sho‘rlangan maydonlarni faqat alohida dalalarda emas, balki butun viloyat miqyosida kuzatish muhim amaliy masala hisoblanadi.

Dala sharoitida tuproq namunalarini olib, laboratoriyada elektr o‘tkazuvchanlik, quruq qoldiq, pH, xlorid va sulfat ionlarini aniqlash eng ishonchli yondashuvlardan biri hisoblanadi. Biroq bunday kuzatuv katta maydonlarda muntazam olib borilganda ko‘p vaqt va mablag‘ talab qiladi. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari esa shu jarayonni to‘ldiradi: ular bir xil sanada katta hudud bo‘yicha tuproq yuzasi va vegetatsiya qoplamining spektral xususiyatlarini ko‘rsatadi.

Sentinel-2 ma’lumotlari 13 ta spektral kanalga ega bo‘lib, 10, 20 va 60 metr fazoviy aniqlikdagi kanallarni taqdim etadi [1]. Landsat 9 esa OLI-2 va TIRS-2 sensorlari yordamida ko‘rinuvchi, infraqizil va termal diapazonlarda Yer yuzasini muntazam kuzatish imkonini beradi [2].

So‘nggi yillarda sho‘rlangan tuproqlarni aniqlashda NDSI, NDVI va boshqa spektral indekslar GIS muhitida keng qo‘llanmoqda. Masofaviy zondlash bo‘yicha tadqiqotlarda sho‘rlangan yerlarni xaritalashda Landsat tasvirlari va spektral indekslar foydali natija berishi ko‘rsatilgan [3], [5]. Markaziy Osiyo sharoitida ham bunday yondashuv muhim, chunki suv tanqisligi, yuqori bug‘lanish va sug‘orma dehqonchilik birgalikda sho‘rlanish xavfini kuchaytiradi [4], [6]. O‘zbekiston hududlarida Landsat va Sentinel tasvirlari, laboratoriya tahlillari hamda spektral indekslarni birlashtirish orqali sug‘oriladigan sho‘rlangan tuproqlarni baholash bo‘yicha ishlar mavjud [7], [9].

Sirdaryo viloyatida sho‘rlanishni masofaviy zondlash yordamida baholash alohida ilmiy ahamiyatga ega. Avvalgi tadqiqotlarda Sirdaryo viloyatining qishloq xo‘jaligi maydonlarida ko‘p vaqtli sun’iy yo‘ldosh tasvirlari orqali sho‘rlanish xaritalari ishlab chiqilgan [10]. Shuningdek, Sirdaryo viloyati bo‘yicha integratsion yondashuv asosida tuproq sho‘rlanishini baholash masalasi ham o‘rganilgan [8]. Mazkur maqolada esa 2024-yil 24-mart holati bo‘yicha NDSI va NDVI xaritalari tuzilib, sho‘rlanish sinflarining maydon ulushi aniqlanadi. Tadqiqotning maqsadi Sirdaryo viloyati tuproqlarining sho‘rlanish darajasini GAT va masofaviy zondlash asosida fazoviy hamda miqdoriy jihatdan baholashdan iborat.

## 1. Materiallar va usullar

### 1.1. Tadqiqot materiali va dasturiy vositalar

Tadqiqot uchun 2024-yil 24-mart sanasida bulutsiz ob-havo sharoitida olingan Sentinel-2 va Landsat 9 tasvirlari tanlandi. Bahor faslining ushbu davri tadqiqot uchun qulay deb baholandi, chunki vegetatsiya qoplami hamma joyda bir xil zichlikka yetib ulgurmagan bo‘ladi va ochiq tuproq yuzasidagi spektral farqlar aniqroq namoyon bo‘ladi. Bu holat sho‘rlanish belgilarini NDSI orqali ajratish va NDVI orqali vegetatsiya holatini solishtirish imkonini beradi.

Tasvirlarni qayta ishlash ArcGIS va QGIS dasturlarida bajarildi. Dastlab viloyat chegarasi bo‘yicha kerakli raster qatlamlar kesib olindi, so‘ngra indekslar hisoblash uchun zarur spektral kanallar tanlandi. Qatlamlar bir xil koordinata tizimiga keltirildi, raster algebra vositalari yordamida NDSI va NDVI indekslari hisoblandi. Keyingi bosqichda NDSI qiymatlari sinflarga ajratilib, har bir sinf bo‘yicha maydon km² va foiz hisobida aniqlandi.

### 1.2. Spektral indekslar va tasniflash yondashuvi

NDVI indeksi o‘simlik qoplamining umumiy holatini baholashda yordamchi indikator sifatida olindi. Ushbu indeks yaqin infraqizil va qizil kanallar o‘rtasidagi nisbatga asoslanadi:

NDVI = (NIR – Red) / (NIR + Red)

Bu yerda NIR — yaqin infraqizil kanal, Red — qizil kanal. NDVI qiymatlari yuqori bo‘lgan joylarda o‘simlik qoplami nisbatan faol, past qiymatlarda esa ochiq tuproq, siyrak vegetatsiya, suv yuzalari yoki stress holati kuzatilishi mumkin. Mazkur ishda NDVI sho‘rlanishni bevosita o‘lchovchi ko‘rsatkich sifatida emas, balki NDSI natijalarini ekologik talqin qilishda qo‘shimcha indikator sifatida ishlatildi.

NDSI tuproq yuzasida sho‘rlanish belgilarini ajratish uchun qo‘llandi. Indeks qiymatlari hisoblangach, raster natija bir necha diapazonga bo‘lindi. Ushbu diapazonlar xaritada ranglar orqali ifodalandi va ular bo‘yicha maydonlar statistik hisoblandi. NDSI xaritasida manfiy va nolga yaqin qiymatlar, odatda, suv havzalari, nam joylar, zich vegetatsiya yoki sho‘rlanish tahlilidan ajratilishi lozim bo‘lgan obyektlar bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Musbat qiymatlarning oshib borishi esa ochiq tuproq yuzasida sho‘rlanish signali kuchayishini bildiradi. Shuning uchun NDSI sinflari NDVI xaritasi bilan birga talqin qilindi.

**1-jadval**

**Sirdaryo viloyati hududining NDSI indeksi ko‘rsatkichlari tahlili**

| NDSI indeksi ko‘rsatkichlari | Maydon, km² | Viloyat maydoniga nisbatan ulushi, % |
|---|---|---|
| -0,26 – -0,01 | 126,04 | 2,98 |
| -0,01 – 0 | 4,16 | 0,10 |
| 0 – 0,05 | 34,37 | 0,81 |
| 0,05 – 0,1 | 390,72 | 9,25 |
| 0,1 – 0,15 | 2246,81 | 53,19 |
| 0,15 – 0,2 | 1268,57 | 30,03 |
| 0,2 – 0,78 | 153,68 | 3,64 |

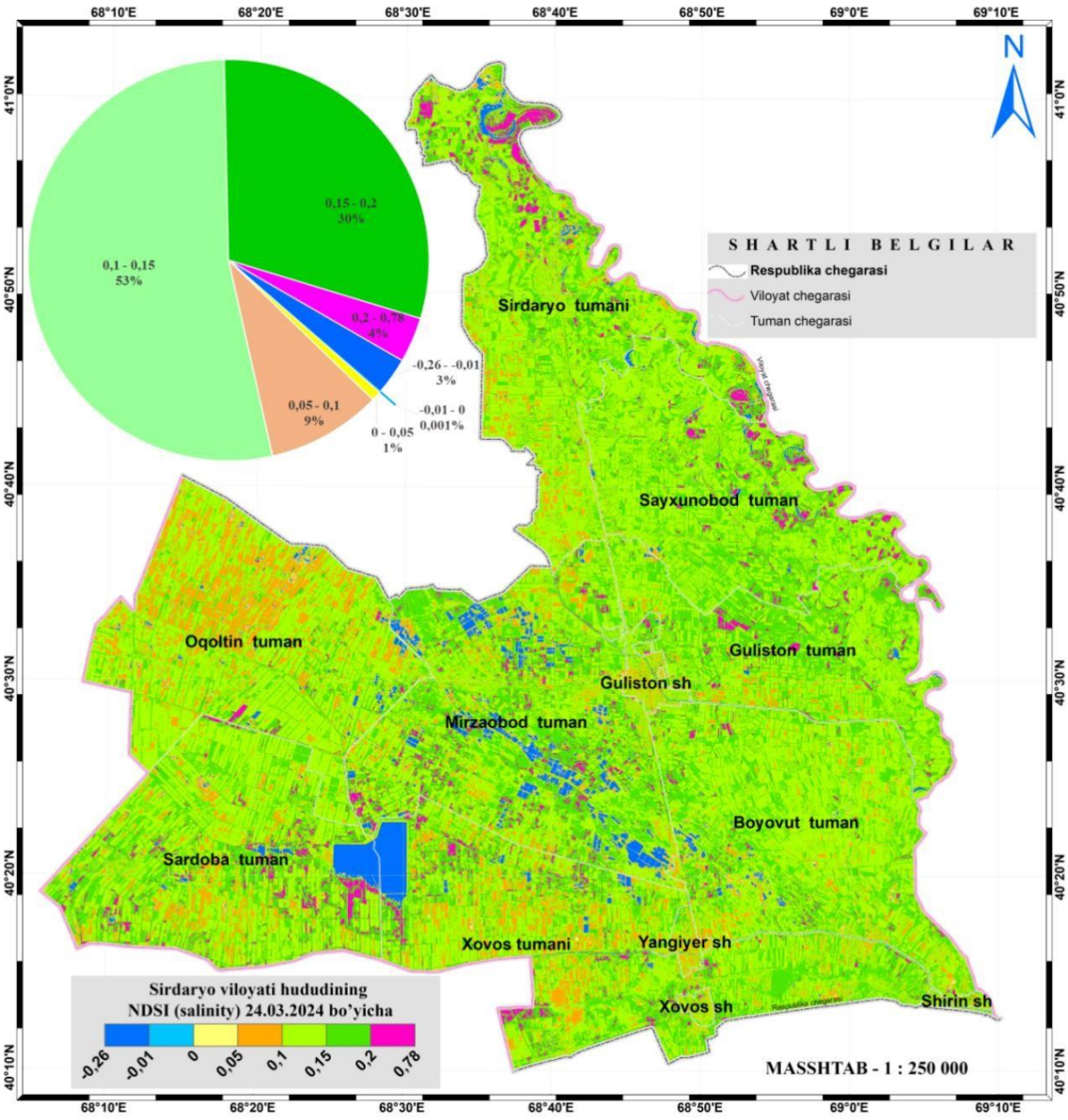
## 2. Natijalar va muhokama

1-jadvaldagi natijalar Sirdaryo viloyati hududida NDSI qiymatlari bir tekis taqsimlanmaganini ko‘rsatadi. Eng katta maydon 0,1–0,15 diapazoniga to‘g‘ri kelib, 2246,81 km² ni yoki viloyat maydonining 53,19% qismini tashkil etdi. Bu sinf viloyatda sho‘rlanish belgilariga ega hududlar keng tarqalganini ko‘rsatadi. Mazkur holat Sirdaryo viloyatida sug‘oriladigan yerlar, yer osti suvlari va drenaj-melioratsiya sharoitlari tuproq sifatiga kuchli ta’sir qilayotganini anglatadi.

0,15–0,2 diapazonidagi maydon 1268,57 km² yoki 30,03% ni tashkil qildi. Ushbu sinf yuqoriroq sho‘rlanish signali kuzatilgan maydonlar sifatida baholandi. Bunday hududlarda o‘simliklarning unib chiqishi, ildiz rivojlanishi va suvni

o‘zlashtirishi cheklanishi mumkin. 0,2–0,78 diapazonida esa 153,68 km² yoki 3,64% maydon aniqlandi. Maydon ulushi nisbatan kichik bo‘lsa-da, bu sinf meliorativ nuqtai nazardan eng muammoli hududlarni ajratishda muhim hisoblanadi.

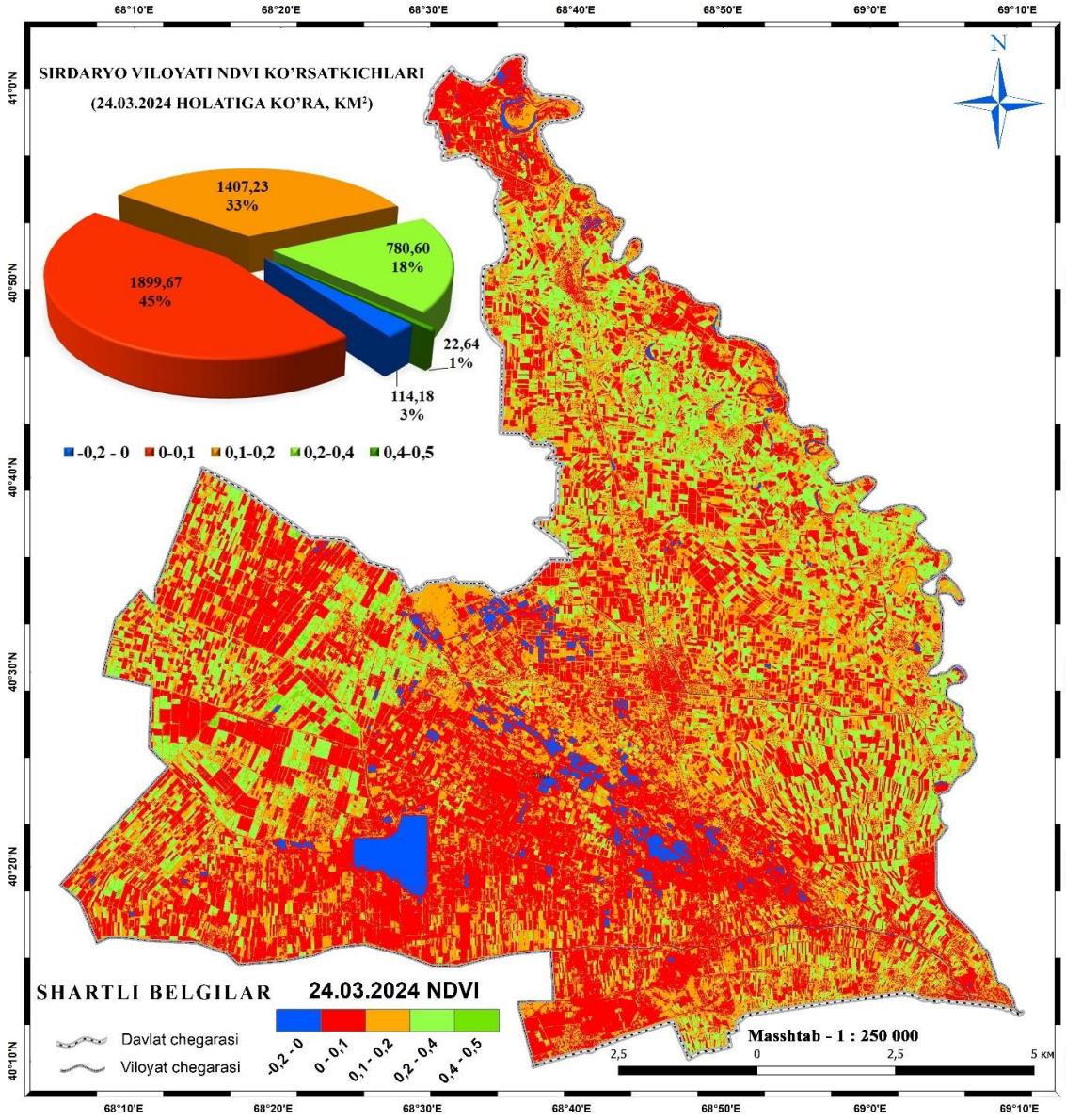
NDSI = 0,05–0,1 diapazoni 390,72 km² yoki 9,25% maydonni, 0–0,05 diapazoni esa 34,37 km² yoki 0,81% maydonni egalladi. Manfiy qiymatlar jami 130,20 km² atrofida bo‘lib, ular asosan suv, nam tuproq, zich vegetatsiya yoki sho‘rlanish sinflariga kiritilmaydigan obyektlar bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Umumiy hisobda NDSI 0,1 dan yuqori bo‘lgan sinflar viloyat maydonining 86,86% qismini tashkil etadi. Bu raqam sho‘rlanish muammosining keng maydonga tarqalganini ko‘rsatadi, biroq uni yakuniy meliorativ tashxis deb emas, balki masofaviy monitoring orqali aniqlangan xavfli zonalar ko‘rsatkichi sifatida talqin qilish lozim.



**1-rasm. Sirdaryo viloyati hududining NDSI (salinity) xaritasi, 24.03.2024**

NDSI xaritasi viloyatning ayrim tumanlarida sho‘rlanish signali boshqalarga qaraganda kuchliroq ekanini ko‘rsatadi. Xususan, Oqoltin, Sardoba, Mirzaobod va Boyovut tumanlari hududlarida yuqori qiymatli piksel guruhlari ko‘proq uchraydi. Bu holat ushbu hududlarda meliorativ nazorat, drenaj tizimlarini baholash va sug‘orish suvlaridan foydalanish tartibini qayta ko‘rib chiqish zarurligini bildiradi. Biroq masofaviy zondlash natijalarini yakuniy xulosa sifatida qabul qilishdan oldin, xarita bo‘yicha ajratilgan xavfli joylarda dala namunalari va laboratoriya tahlillari bilan tekshirish tavsiya etiladi.

NDVI natijalari NDSI xaritasining ekologik talqinini kuchaytirdi. 24-mart holatida viloyatning katta qismida NDVI qiymatlari past va o‘rtacha diapazonlarda joylashgan. Bu bir tomondan bahor boshida vegetatsiya hali to‘liq shakllanmaganini bildirsa, ikkinchi tomondan yuqori NDSI qiymatlari bilan mos kelgan maydonlarda o‘simlik qoplami zaifroq ekanini ko‘rsatadi. Ya’ni NDVI bu tadqiqotda sho‘rlanishni bevosita o‘lchamadi, balki tuproqdagi noqulay sharoit o‘simlik qoplami holatida qanday aks etishini ko‘rsatib berdi.




**2-rasm. Sirdaryo viloyati NDVI ko‘rsatkichlari xaritasi, 24.03.2024**

NDVI xaritasidagi ko‘rsatkichlar bo‘yicha eng past qiymatlar 0–0,1 diapazonida 1899,67 km² yoki 45% maydonni tashkil etgan. 0,1–0,2 diapazoni 1407,23 km² yoki 33% maydonni egallagan. 0,2–0,4 diapazonidagi hududlar 780,60 km² yoki 18% ni tashkil qilgan bo‘lsa, faol vegetatsiyaga yaqinroq bo‘lgan 0,4–0,5 diapazoni atigi 22,64 km² yoki 1% atrofida qayd etilgan. Bu natijalar 24-mart sanasida vegetatsiya mavsumining erta bosqichi bo‘lgani uchun tabiiy holat sifatida ham tushuntiriladi. Shunga qaramay, NDVI past bo‘lgan hududlarning NDSI yuqori bo‘lgan zonalar bilan mos kelishi sho‘rlanishning vegetatsiyaga salbiy ta’sirini ehtimoliy omil sifatida ko‘rsatadi.

Sirdaryo viloyati bo‘yicha oldingi ilmiy ishlarda ham sho‘rlanishni sun’iy yo‘ldosh tasvirlari yordamida xaritalash imkoniyati ta’kidlangan [8], [10]. Mazkur tadqiqot ularni takrorlamaydi, balki 2024-yil 24-mart sanasidagi aniq holatni

zamonaviy Sentinel-2 va Landsat 9 tasvirlari yordamida ko‘rsatadi. Shu jihatdan maqolaning amaliy tomoni shundaki, NDSI va NDVI xaritalari birgalikda xavfli hududlarni aniqlash, meliorativ tadbirlarni birinchi navbatda qaysi joylarda boshlash kerakligini belgilash va keyingi dala monitoringi uchun namunaviy nuqtalarni tanlashga yordam beradi.

**3. Ilmiy-amaliy ahamiyati**

Tadqiqot natijalari Sirdaryo viloyatida sho‘rlangan tuproqlarni monitoring qilishda GAT va masofaviy zondlash texnologiyalarining amaliy foydasini ko‘rsatadi. Bunday xaritalar fermer xo‘jaliklari, suv xo‘jaligi tashkilotlari va ekologik monitoring idoralari uchun bir xil hudud bo‘yicha solishtiriladigan ma’lumot beradi. Ayniqsa, NDSI sinflari bo‘yicha maydon ulushini aniqlash meliorativ tadbirlarni rejalashtirishda muhim: yuqori qiymatli hududlarda kollektor-drenaj holatini tekshirish, suv berish rejimini qayta ko‘rib chiqish va sho‘rga chidamli ekinlarni joylashtirish maqsadga muvofiq.

Shu bilan birga, masofaviy zondlash usullarining cheklanishlari ham inobatga olinishi kerak. Spektral indekslar tuproq yuzasidagi aks ettirish xususiyatlarini ko‘rsatadi, ammo tuproqning chuqur qatlamidagi tuz miqdorini bevosita o‘lchamaydi. Vegetatsiya zich bo‘lgan joylarda tuproq yuzasi to‘liq ko‘rinmasligi mumkin; namlik, ekin turi, agrotexnika va mavsumiy holat ham NDVI hamda NDSI qiymatlariga ta’sir qiladi. Shuning uchun kelgusida ushbu xaritalar dala namunalari, laboratoriya tahlillari va yer osti suvlari sathi bo‘yicha ma’lumotlar bilan tekshirilishi lozim.

Amaliy jihatdan Sirdaryo viloyatida har oy yoki har mavsumda Sentinel-2 va Landsat 9 tasvirlari asosida monitoring olib borish tavsiya etiladi. Ayniqsa bahor boshida, vegetatsiya kuchayishidan oldin va yozning quruq davrida olingan tasvirlarni solishtirish sho‘rlanish dinamikasini yaxshiroq tushuntiradi. Bu yondashuv meliorativ resurslarni aniqroq taqsimlash, yuqori xavfli hududlarni erta aniqlash va qishloq xo‘jaligi yerlaridan barqaror foydalanishga xizmat qiladi.

**Xulosa va tavsiyalar**

2024-yil 24-martdagi Sentinel-2 va Landsat 9 tasvirlari asosida bajarilgan GAT tahlili Sirdaryo viloyatida sho‘rlanish belgilariga ega hududlar katta maydonni egallashini ko‘rsatdi. NDSI bo‘yicha eng katta ulush 0,1–0,15 diapazoniga to‘g‘ri kelib, 2246,81 km² yoki 53,19% ni tashkil etdi. 0,15–0,2 diapazoni 1268,57 km² yoki 30,03%, 0,2–0,78 diapazoni esa 153,68 km² yoki 3,64% maydonni egalladi. Bu natijalar Sirdaryo viloyatida sho‘rlanish monitoringini muntazam olib borish zarurligini tasdiqlaydi.

NDVI xaritasi NDSI tahliliga qo‘shimcha ravishda vegetatsiya qoplami holatini ko‘rsatdi. Yuqori sho‘rlanish signali kuzatilgan hududlarda NDVI qiymatlarining past bo‘lishi o‘simlik stressi ehtimolini kuchaytiradi. Shu sababli NDSI va NDVI indekslarini birgalikda ishlatish tuproq holati va o‘simlik qoplamini kompleks baholashga yordam beradi.

Oqoltin, Sardoba, Mirzaobod va Boyovut tumanlarida yuqori qiymatli hududlar alohida nazoratga olinishi kerak. Ushbu maydonlarda drenaj tizimlari holatini tekshirish, yer osti suvlari sathini kuzatish, sho‘r yuvish tadbirlarini ilmiy asosda tashkil etish va sho‘rga chidamli ekinlarni joylashtirish tavsiya etiladi. Masofaviy zondlash ma’lumotlari dala va laboratoriya tahlillari bilan birlashtirilsa, Sirdaryo viloyati uchun aniqroq va ishonchli meliorativ monitoring tizimini shakllantirish mumkin.

## Foydalanilgan adabiyotlar

1. Copernicus Data Space Ecosystem. Sentinel-2 mission, spectral bands and spatial resolution. https://dataspace.copernicus.eu/data-collections/copernicus-sentinel-missions/sentinel-2

2. U.S. Geological Survey. Landsat 9 mission information. https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-9

3. AbdelRahman, M.A.E., Afifi, A.A., D’Antonio, P., Gabr, S.S., Scopa, A. (2022). Detecting and Mapping Salt-Affected Soil with Arid Integrated Indices in Feature Space Using Multi-Temporal Landsat Imagery. Remote Sensing, 14(11), 2599. https://doi.org/10.3390/rs14112599

4. Duan, Z., Wang, X., Sun, L. (2022). Monitoring and Mapping of Soil Salinity on the Exposed Seabed of the Aral Sea, Central Asia. Water, 14(9), 1438. https://doi.org/10.3390/w14091438

5. Gad, M.M.E.S. et al. (2022). Soil salinity mapping using remote sensing and GIS. Geomatica. https://doi.org/10.1139/geomat-2021-0015

6. Khamidov, M., Ishchanov, J., Hamidov, A., Donmez, C., Djumaboev, K. (2022). Assessment of Soil Salinity Changes under the Climate Change in the Khorezm Region, Uzbekistan. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(14), 8794. https://doi.org/10.3390/ijerph19148794

7. Kholdorov, S., Gopa-kumar, L., Jabbarov, Z., Yamaguchi, T., Yamashita, M., Samatov, N., Katsura, K. (2023). Analysis of irrigated salt-affected soils in the Central Fergana Valley, Uzbekistan, using Landsat 8 and Sentinel-2 satellite images, laboratory studies, and spectral index-based approaches. Eurasian Soil Science, 56(8), 1178–1189. https://doi.org/10.1134/S1064229323600185

8. Omonov, A., Kato, T., Khasanov, S., Fitriyah, A., Li, F., Musayev, S., Pulatov, B., Ismoilov, Z. (2024). Integrated approach to soil salinity assessment using SEM in Sirdarya province, Uzbekistan. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 101214. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2024.101214

9. Oymatov, R., Teshaev, N., Makhsudov, R., Safarov, F. (2023). Analysis of soil salinity in irrigated agricultural land using remote sensing data: case study of Chinoz district in Uzbekistan. E3S Web of Conferences, 401, 02004. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340102004

10. Platonov, A., Noble, A., Kuziev, R. (2013). Soil Salinity Mapping Using Multi-Temporal Satellite Images in Agricultural Fields of Syrdarya Province of Uzbekistan. In: Developments in Soil Salinity Assessment and Reclamation. Springer, pp. 87–98. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5684-7_5