

SIRDARYO VILOYATI TUPROQLARIDA SHO‘RLANISH JARAYONLARINING
SENTINEL-2 MULTISPEKTRAL TASVIRLARI ASOSIDA NDSI KO‘RSATKICHI
ORQALI FAZOVIIY BAHOLANISHI.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОЧВЕННОГО ЗАСОЛЕНИЯ В
СЫРДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНДЕКСА NDSI,
ПОЛУЧЕННОГО НА ОСНОВЕ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ
SENTINEL-2.

SPATIAL ASSESSMENT OF SOIL SALINIZATION IN THE SYRDARYA REGION
USING THE NDSI INDEX DERIVED FROM SENTINEL-2 MULTISPECTRAL
IMAGERY.

Axunboboyev Mamur Mahmudovich

Guliston davlat universiteti o‘qituvchisi

Zikirov Ixtiyor Yakubovich

Guliston davlat universiteti o‘qituvchisi

Kenjayev Aziz Abitkulovich

Gulistan State University katta o‘qituvchisi, PhD

Ахунбобоев Мамур Махмудович

Преподаватель Гулистанского государственного университета

Зикиров Ихтиёр Якубович

Преподаватель Гулистанского государственного университета

Кенджаев Азиз Абиткулович

Старший преподаватель Гулистанского государственного университета, PhD

Akhunboboyev Mamur Mahmudovich

Teacher at Gulistan State University

Zikirov Ikhtiyor Yakubovich

Teacher at Gulistan State University

Kenjayev Aziz Abitkulovich

Senior Lecturer, Gulistan State University, PhD

Annotatsiya.

Ushbu tadqiqotda Sirdaryo viloyati hududida tuproq shoʻrlanishining fazoviy va mavsumiy tarqalishini masofadan zondlash texnologiyalari asosida aniqlash maqsad qilgan. Shoʻrlanish Oʻzbekistonning sugʻorma dehqonchilikka ixtisoslashgan mintaqalarida tuproq unumdorligiga bevosita taʼsir etuvchi eng muhim degradatsion jarayonlardan biridir. Tadqiqotda Yevropa Kosmik Agentligining Sentinel-2 sunʼiy yoʻldosh tasvirlari asosida NDSI (Normalized Difference Salinity Index) koʻrsatkichi hisoblandi va uning yordamida 2024-yil mart hamda avgust oylarida olingan kosmik tasvirlar ustida shoʻrlanish xaritalari yaratildi.

NDSI indeksi SWIR va Green diapazonlari nurlanish qaytish qiymatlariga asoslangan holda chiqarilib, tuproqdagi shoʻrlanishning turli darajalarini aniq farqlash imkonini berdi. Tahlil natijalariga koʻra, mart oyida shoʻrlanish darajasi asosan oʻrtacha va past toifalarda qayd etilgan boʻlsa, avgust oyida yuqori harorat va bugʻlanishning kuchayishi hisobiga shoʻrlanishning yuqori va juda yuqori toifalarining sezilarli ortgani kuzatildi. Ayniqsa Oqoltin, Mirzaobod, Boyovut va Sardoba tumanlarida shoʻrlanishning kuchli jamlangani aniqlangan.

Olingan natijalar Sirdaryo viloyati tuproqlarida shoʻrlanish jarayoni mavsumiy omillarga kuchli bogʻliqligini koʻrsatadi hamda masofadan zondlash maʼlumotlari shoʻrlanishni muntazam monitoring qilish uchun yuqori samarali vosita ekanini tasdiqlaydi. Tadqiqot natijalari meliorativ chora-tadbirlarni rejalashtirish, suv resurslaridan oqilona foydalanish va agrotexnik jarayonlarni optimallashtirishda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit soʻzlar: Sirdaryo viloyati, meliorativ holat, sugʻoriladigan yerlar, bugʻlanish, yer osti suvlari, shoʻrlanish xaritalari, piksel tahlili.

Аннотация

В данном исследовании поставлена цель определить пространственное и сезонное распределение засоления почв на территории Сырдарьинской области на основе технологий дистанционного зондирования. Засоление является одним из наиболее значимых деграционных процессов, непосредственно влияющих на плодородие почв в регионах Узбекистана, специализирующихся на орошаемом

земледелии. В работе на основе спутниковых изображений Sentinel-2 Европейского космического агентства был рассчитан индекс NDSI (Normalized Difference Salinity Index), с использованием которого были построены карты засоления по космическим снимкам, полученным в марте и августе 2024 года.

Индекс NDSI был рассчитан на основе значений отражённого излучения в диапазонах SWIR и Green, что позволило чётко дифференцировать различные уровни почвенного засоления. Результаты анализа показали, что в марте уровень засоления в основном относился к низкой и средней категориям, тогда как в августе вследствие повышения температуры воздуха и усиления испарения наблюдалось значительное увеличение площадей с высоким и очень высоким уровнем засоления. Наиболее выраженная концентрация засоления выявлена в Окалтынском, Мирзаабадском, Баяутском и Сардобинском районах.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой зависимости процессов засоления почв Сырдарьинской области от сезонных факторов и подтверждают, что данные дистанционного зондирования являются высокоэффективным инструментом для регулярного мониторинга засоления. Результаты исследования имеют практическую значимость для планирования мелиоративных мероприятий, рационального использования водных ресурсов и оптимизации агротехнических процессов.

Ключевые слова: Сырдарьинская область, мелиоративное состояние, орошаемые земли, испарение, грунтовые воды, карты засоления, пиксельный анализ.

Abstract

This study aims to identify the spatial and seasonal distribution of soil salinization in the Syrdarya region using remote sensing technologies. Soil salinization is one of the most significant degradation processes directly affecting soil fertility in irrigated agricultural regions of Uzbekistan. In this research, the Normalized Difference Salinity Index (NDSI) was calculated based on Sentinel-2 satellite imagery provided by the

European Space Agency, and soil salinity maps were generated using images acquired in March and August 2024.

The NDSI index was derived from reflectance values in the SWIR and Green spectral bands, enabling clear differentiation of various levels of soil salinity. The analysis results indicate that in March, soil salinity levels were predominantly classified as low to moderate, whereas in August, due to increased air temperature and intensified evaporation, a significant expansion of areas with high and very high salinity levels was observed. Particularly high concentrations of soil salinization were identified in the Okaltyn, Mirzaabad, Bayaut, and Sardoba districts.

The obtained results demonstrate a strong dependence of soil salinization processes in the Syrdarya region on seasonal factors and confirm that remote sensing data represent a highly effective tool for continuous salinity monitoring. The study findings are of practical importance for planning reclamation measures, ensuring rational water resource management, and optimizing agrotechnical processes.

Keywords: Syrdarya region, land reclamation status, irrigated lands, evaporation, groundwater, salinity maps, pixel-based analysis.

1. Kirish (Introduction)

Tuproq shoʻrlanishi qishloq xoʻjaligi uchun jiddiy ekologik va iqtisodiy muammo boʻlib, ayniqsa Oʻzbekistonning sugʻorma dehqonchilikka ixtisoslashgan hududlarida hosildorlik va tuproq unumdorligiga sezilarli taʼsir koʻrsatadi. Sirdaryo viloyati hududi yer osti suvlari sathining yuqoriligi, suv resurslarining mavsumiy oʻzgarishi va yuqori bugʻlanish sharoiti tufayli shoʻrlanish jarayonlariga nisbatan yuqori sezuvchanlikka ega. Shu bois, bu hududda shoʻrlanishning fazoviy va mavsumiy tarqalishini aniqlash, tuproq resurslarini samarali boshqarish va meliorativ chora-tadbirlarni rejalashtirish uchun dolzarb vazifa hisoblanadi.

Soʻnggi yillarda masofadan zondlash texnologiyalari (remote sensing) tuproq shoʻrlanishining regional va hududiy koʻlamda monitoringini tezkor, aniq va iqtisodiy samarali usulda amalga oshirish imkonini berdi[1]. Landsat va Sentinel-2 kabi sunʼiy yoʻldosh tasvirlari yordamida NDSI (Normalized Difference Salinity Index) kabi

ko'rsatkichlar ishlab chiqilgan bo'lib, ular tuproq sho'rlanishining turli darajalarini aniqlash va xaritalashda samarali vosita sifatida keng qo'llaniladi[2]. NDSI indeksi SWIR va Green diapazonlaridagi nurlanish qaytish qiymatlariga asoslanib, sho'rlanish darajasining aniqligini oshiradi va mavsumiy o'zgarishlarni tahlil qilish imkonini beradi.

Ushbu tadqiqot Sirdaryo viloyati hududida 2024-yil mart va avgust oylarida olingan Sentinel-2 tasvirlari yordamida tuproq sho'rlanishining fazoviy va mavsumiy tarqalishini aniqlashga qaratilgan. Tadqiqot natijalari hududdagi sho'rlanish jarayonining mavsumiy omillarga sezilarli bog'liqligini ko'rsatadi va masofadan zondlash ma'lumotlarining sho'rlanishni muntazam monitoring qilishda yuqori samarali vosita ekanini tasdiqlaydi. Shu bilan birga, natijalar suv resurslarini oqilona boshqarish, agrotexnik jarayonlarni optimallashtirish va meliorativ chora-tadbirlarni rejalashtirishda amaliy ahamiyatga ega.

2. Materiallar va uslublar (Methods)

2.1. Masofadan zondlash ma'lumotlari

Tadqiqotda Yevropa Kosmik Agentligining Sentinel-2A/B sun'iy yo'ldoshlaridan olingan 10–20 m fazoviy aniqlikka ega multispektral tasvirlar ishlatildi. Tasvirlar 24.03.2024 va 15.08.2024 sanalarida olingan bo'lib, atmosfera korreksiyasi Sen2Cor algoritmi yordamida amalga oshirildi.

2.2. NDSI indeksini hisoblash

Tuproq sho'rlanishini aniqlash uchun ishlatilgan NDSI quyidagi formula asosida hisoblandi:

$$NDSI = \frac{SWIR - Green}{SWIR + Green}$$

Bu yerda:

SWIR (B11 yoki B12) — sho'rlangan tuproqning o'ziga xos yuqori qaytish xususiyatini aks ettiradi;

Green (B3) — namlik va sho'rlanish jarayoniga sezgir diapazon.

NDSI qiymatlari quyidagi toifalarga bo'lindi:

№	NDSI qiymati	Sho'rlanish darajasi
1	< 0	Sho'rlanish kuzatilmaydi
2	0 – 0.05	Juda past

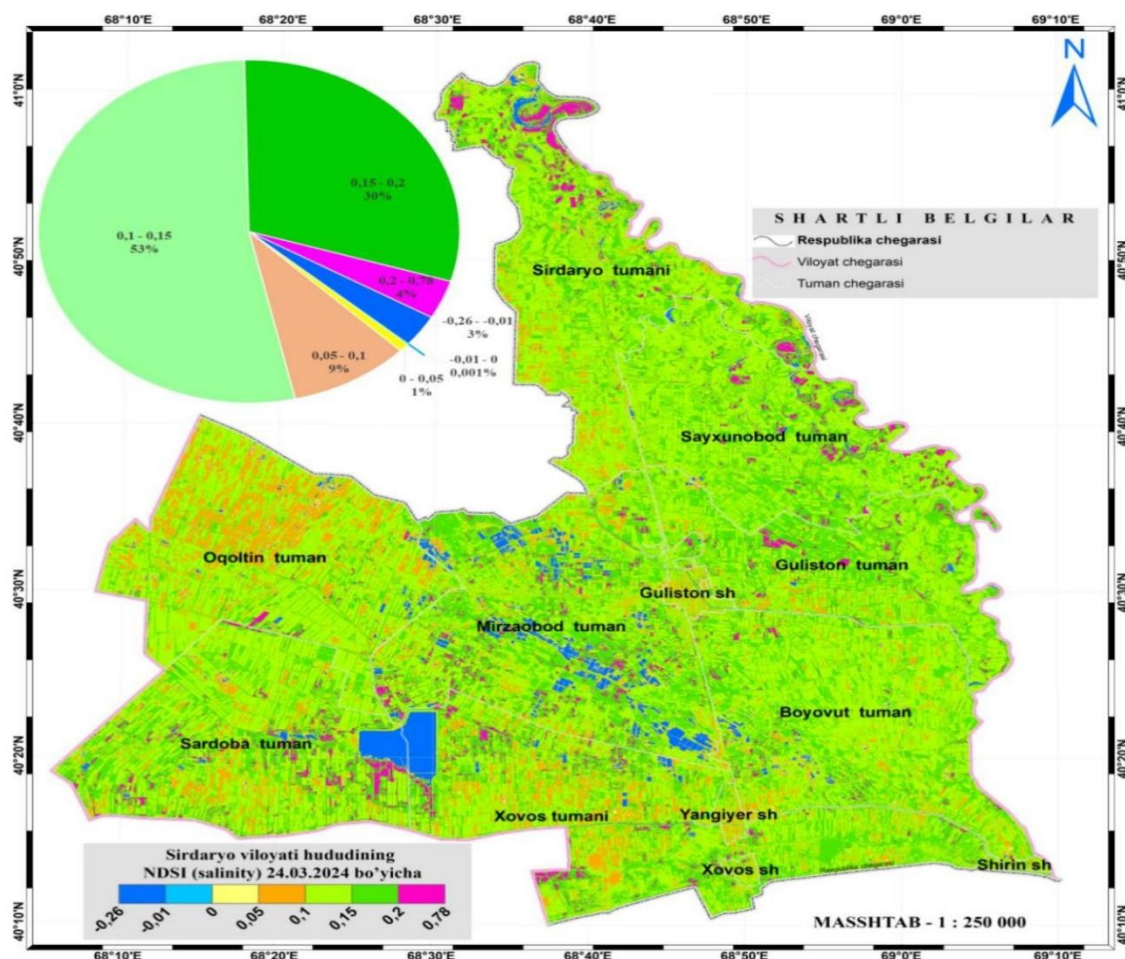
№	NDSI qiymati	Sho‘rlanish darajasi
3	0.05 – 0.1	Past
4	0.1 – 0.15	O‘rtacha
5	0.15 – 0.2	Yuqori
6	> 0.2	Juda yuqori

2.3. Hudud bo‘yicha statistik tahlil

Har ikki tasvirdagi NDSI qatlamlari piksel maydoni bo‘yicha qayta ishlanib, sho‘rlanishning hududiy taqsimlanish foizlari aniqlanib, sektoral diagrammalar shaklida vizual tahlil qilindi(1-2 rasm).

3. Natijalar (Results)

Sirdaryo viloyati hududining 24-mart 2024-yil holatiga oid xarita tuproq qatlamida vegetatsiya qatlami hali rivojlanmagan davrni aks ettiradi, shuning uchun sho‘rlangan maydonlar xaritada yaqqol ko‘rinadi. Diagramma tahliliga ko‘ra, hududining 53% ni 0.1–0.15 NDSI qiymatiga ega maydonlari yani o‘rtacha sho‘rlanish tashkil etadi, 30% ni 0.15–0.2 NDSI qiymatiga ega maydonlari yani yuqori sho‘rlanish tashkil etadi, 4% ni 0.2 NDSI qiymatiga ega maydonlari yani juda yuqori sho‘rlanish tashkil etdi qolgan 10 % ni sho‘rlanish darajasi past bo‘lgan maydonlardan iborat, ya’ni hududning nisbatan yaxshi meliorativ holatga ega qismlari mavjud. Biroq umumiy manzara sho‘rlangan tuproqlarning ustunligini ko‘rsatadi: umumiy hududning 87% qismi (o‘rtacha + yuqori + juda yuqori) sho‘rlangan(1-rasm).



1-rasm. Sirdaryo viloyati hududining 24.03.2024 holati bo'yicha sho'rlanish xaritasi.

Shuningdek, diagrammadagi manfiy NDSI qiymatlariga ega maydonlar (-0.26 dan 0 gacha bo'lgan 3.001%) asosan suv sathlari, nam tuproqlar yoki spektral refleksiyasi past bo'lgan noaniq obyektlar bilan bog'liq bo'lib, ular sho'rlanish bahosiga bevosita kirmaydi.

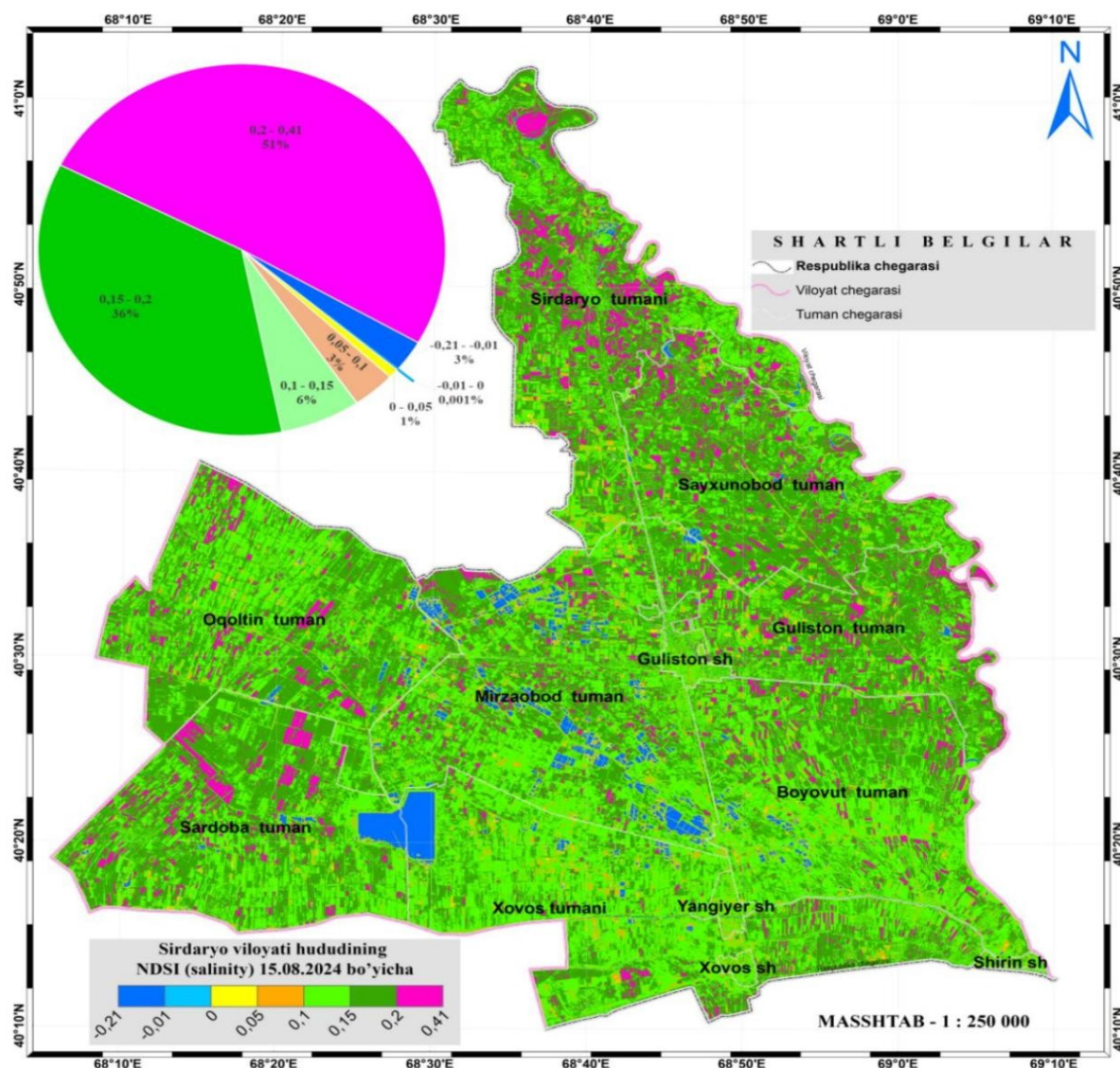
Umuman olganda, 24-martdagi natijalar vegetatsiya boshlanishi davrida sho'rlangan maydonlarning strukturasi aniq aks ettiradi hamda sho'rlanishning yuqori ulushi Sirdaryo viloyatida meliorativ holatning yomonlashganligini ko'rsatadi.

3.2. Sirdaryo viloyati hududining 15-avgust 2024-yilga oid NDSI sho'rlanish xaritasi yozning eng yuqori harorat davrini aks ettiradi. Bu vaqtda bug'lanish jarayonining kuchayishi, yer osti suvlarining kapillyar ko'tarilishi va sug'orish suvlarining notekis taqsimlanishi tufayli sho'rlanish sezilarli darajada ortadi. Kosmik

tasvirlarda ayniqsa ochiq dalalar, bo'sh yotgan maydonlar va suv ta'minoti sust bo'lgan hududlarda sho'rlanish dog'lari juda aniq kuzatiladi.

Diagramma natijalari sho'rlanishning mart oyiga nisbatan ancha kuchayganini ko'rsatadi. Diagramma tahliliga ko'ra, hududining 51% ni 0.1–0.15 NDSI qiymatiga ega maydonlari yani o'rtacha sho'rlanish tashkil etadi, 36% ni 0.15–0.2 NDSI qiymatiga ega maydonlari yani yuqori sho'rlanish tashkil etadi, 6 % ni 0.2 NDSI qiymatiga ega maydonlari yani juda yuqori sho'rlanish tashkil etdi qolgan 7 % ni sho'rlanish darajasi past bo'lgan maydonlardan iborat, ya'ni hududning nisbatan yaxshi meliorativ holatga ega qismlari mavjud. Biroq umumiy manzara sho'rlangan tuproqlarning ustunligini ko'rsatadi: umumiy hududning 93% qismi (o'rtacha + yuqori + juda yuqori) sho'rlangan. Yuqori sho'rlanish (0.15–0.2): keskin oshgan. Avgust oyidagi sho'rlanish ko'rsatkichlari Sirdaryo viloyatida sho'rlanish jarayoni mavsumiy omillarga (harorat, bug'lanish, suv taqsimoti, yer osti suvlari sathi) juda kuchli bog'liq ekanini tasdiqlaydi. Martdan avgustgacha bo'lgan davrda sho'rlangan maydonlarning umumiy ulushi kengayadi va yuqori toifa (0.15–0.2) hamda juda yuqori toifa (>0.2) hududlari ancha ko'payadi(2-rasm).

Bu ma'lumotlar viloyatda meliorativ ishlarni rejalashtirishda, suv ta'minotini tartibga solishda va agrotexnik choralarni belgilashda muhim ahamiyatga ega.



2-rasm. Sirdaryo viloyati hududining 15.08.2024 holati bo'yicha sho'rlanish xaritasi.

Olib borilgan tadqiqot natijalari shuni shuni ko'rsadiki, Sirdaryo viloyati hududida sho'rlanishning mavsumiy xarakterga ega ekanini aniq ko'rsatadi. Mart oyida qayd etilgan o'rtacha sho'rlanish (0.1–0.15) toifasi 53 %dan iborat bo'lib, avgustga kelib 51 %ni tashkil etgan. Bu nisbatan kichik o'zgarish ushbu diapazonning mavsumiy omillarga unchalik sezgir emasligini, hamda mazkur toifa viloyat sho'rlanishining asosiy qismini tashkil qilishini ko'rsatadi(1-jadval).

Eng sezilarli o'sish yuqori sho'rlanish (0.15–0.2) toifasida kuzatildi: mart oyidagi 30 % ulush avgust oyida 36 % ga yetdi. Bu 6 foizlik oshish yozgi mavsumda bug'lanish

jarayonining kuchayishi, suv taqsimoti nomutanosibligi hamda yer osti suvlarining ko'tarilishi tufayli sho'rlanishning keskin ortishini tasdiqlaydi.

Sirdaryo viloyati tuproqlarida sho'rlanishning mart–avgust (2024) oylaridagi dinamikasi.

1-jadval

Sho'rlanish toifasi	Mart (24.03.2024) 4)	Avgust (15.08.2024)	O'zgarish (mart → avgust)
Past + juda past (≤ 0.1)	13 %	7 %	–6 % (kamaygan)
O'rtacha (0.1–0.15)	53 %	51 %	–2 % (deyarli o'zgarmagan)
Yuqori (0.15–0.2)	30 %	36 %	+6 % (sezilarli oshgan)
Juda yuqori (> 0.2)	4 %	6 %	+2 % (oshgan)
Umumiy sho'rlangan maydon (≥ 0.1)	87 %	93 %	+6 % (sho'rlanish kengaygan)

Shuningdek, juda yuqori sho'rlanish darajasi (> 0.2) ham 4 % dan 6 % ga ko'tarilgan. Bu holat tuproq resurslarining degradatsiyasi chuqurlashayotganini va ayrim hududlarda sho'rlanish jarayonining keskinlashganini anglatadi.

Aksincha, past sho'rlangan maydonlar (≤ 0.1) ulushi mart oyidagi 13 %dan avgustda 7 %ga qisqargan. Bu mavsumiy sharoitlar ta'sirida meliorativ holatning yomonlashganini ko'rsatadi(1-jadval).

4. Muhokama (Discussion)

Tadqiqot natijalari Sirdaryo viloyatida tuproq sho'rlanishining sezilarli mavsumiy farqlarga ega ekanini ko'rsatadi. Mart oyida vegetatsiya boshlanishi davrida sho'rlanish darajasi nisbatan past bo'lsa, yoz oylarida yuqori harorat va bug'lanish jarayonining kuchayishi natijasida NDSI qiymatlari sezilarli darajada oshadi. Shu bilan birga, suv taqsimoti notekis bo'lgan hududlarda sho'rlanish kuchaygan, bu esa hududiy suv resurslarini boshqarishning ahamiyatini ko'rsatadi.

Ushbu natijalar ilgari olib borilgan tadqiqotlar bilan uyg'un keladi. Ilmiy adabiyotlarda masofadan zondlash ma'lumotlari asosida sho'rlanishning hududiy va mavsumiy o'zgarishlarini aniqlash samaradorligini ta'kidlagan[1]. Sentinel-2 va Landsat 8 tasvirlari yordamida regional ko'lamda sho'rlanishni baholash mumkinligini ko'rsatgan[2]. Shuningdek, sho'rlanish jarayonining harorat, tuproq namligi va sug'orish intensivligi bilan uzviy bog'liqligini tasdiqlagan[2]. Natijalarimiz ushbu xulosalarni Sirdaryo viloyati sharoitida tasdiqlaydi.

Sho'rlanish bilan kurashishda meliorativ va ekotexnik chora-tadbirlarning samaradorligi ham muhim hisoblanadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, licorice (*Glycyrrhiza* spp.) kabi sho'r bardoshli o'simliklardan foydalanish tuproq sho'rlanishini kamaytirish va yer unumdorligini tiklashda samarali vosita bo'lishi mumkin [3,4]. Ayniqsa, Mirzachul hududida olib borilgan tadqiqotlar licorice ekish orqali sho'rlangan tuproqlarda hosilni oshirish va iqtisodiy jihatdan foyda olish imkoniyatlarini ko'rsatgan. Shu asosda Sirdaryo viloyatida ham ushbu o'simliklardan foydalanish sho'rlanishni kamaytirish va meliorativ chora-tadbirlarni qo'llashda samarali bo'lishi mumkin[4].

Shunday qilib, tadqiqot natijalari Sirdaryo viloyati tuproqlarida sho'rlanish jarayonining mavsumiy va hududiy o'zgarishlarini aniqlashga yordam beradi, masofadan zondlash texnologiyalarining monitoringdagi samaradorligini tasdiqlaydi hamda sho'rlanish bilan kurashish va suv resurslarini oqilona boshqarish bo'yicha amaliy tavsiyalarni shakllantirish imkonini beradi.

5. Xulosa (Conclusion)

Sentinel-2 tasvirlari asosida hisoblangan NDSI ko'rsatkichi Sirdaryo viloyati hududida sho'rlanishni kuzatishning samarali usuli ekanligi isbotlandi. 2024-yil mart va avgust oylari bo'yicha taqqoslash natijalarida:

Yozgi davr sho'rlanishning keskin oshganini ko'rsatdi.

Sug'orish tizimi sust hududlarda sho'rlanish yuqori darajada jamlangan.

Masofadan zondlash uslublari sho'rlanish monitoringini muntazam olib borish uchun qulay imkoniyat yaratadi.

Natijalar asosida sugʻorish rejimini optimallashtirish, meliorativ tadbirlarni kuchaytirish va shoʻrlanish monitoringini davriy ravishda olib borish taklif etiladi.

Adabiyotlar (References)

1. Metternicht, G., & Zinck, J. (2003). Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints. *Remote Sensing of Environment*, 85(1), 1–20. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00188-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00188-8)
2. Scudiero, E., Skaggs, T. H., & Corwin, D. L. (2018). Regional-scale soil salinity assessment using Sentinel-2, Landsat 8, and ground-truth data. *Remote Sensing*, 10(6), 855. <https://doi.org/10.3390/rs10060855>
3. Kushiev K. et al. The rol of licorice for remediation of saline soils //Open Journal of Science and Technology. – 2021. – T. 4. – №. 1. – C. 10-20.
4. Kushiev H. H. et al. Economic aspects remediation of saline soils using licorice: the case of Mirzachul area in Uzbekistan //International Scientific and Practical Conference World science. – ROST, 2017. – T. 1. – №. 4. – C. 48-56.
5. Kenzhaev A. et al. Restoration Of Salinity Irrigated Land Using Glycyrrhiza Glabra L //European Journal of Agricultural and Rural Education. – T. 4. – №. 9. – C. 43-49.
6. Kappas M. et al. Strategy to Restore Abandoned Irrigated Land Using Glycyrrhiza Glabra: Case study from Central Asia //Int. J. Agric. Innov. Res. – 2016. – T. 5. – C. 310-323.