

**Gofirov Azim Jumayevich**  
**Toshkent davlat Agrar universiteti dotsenti**  
0000-0002-0559-0914

**Qulmirzayev Qurbonbeki Jonibek**  
**Toshkent davlat Agrar universiteti magistranti**

**SUG‘ORILADIGAN YERLARNING SHO‘RLANISH DINAMIKASINI GAT  
YORDAMIDA MONITORING QILISH (ZAFAROBOD TUMANI  
MISOLIDA)**

**Annotatsiya:** Maqolada Sentinel-2 sun‘iy yo‘ldosh ma‘lumotlari yordamida Zafarobod tumani sug‘oriladigan yerlarining sho‘rlanish dinamikasi (2022–2025 yy.) tadqiq qilingan. Ishda NDVI indeksi asosida vegetatsiyani maskalash va sho‘rlanish indeksleri (SI) yordamida tuproq holatini baholash uslubiyoti qo‘llanilgan.

**Tayanch so‘zlar:** Tuproq sho‘rlanishi, degradatsiya, ikkilamchi sho‘rlanish, sizot suvlari, meliorativ holat, masofadan zondlash (RS), geografik axborot tizimi (GAT), Sentinel-2, sun‘iy yo‘ldosh tasvirlari, ArcGIS Pro, NDVI indeksi, salinity Index (SI), monitoring.

**Gofirov Azim Jumaevich**  
**Associate Professor at Tashkent State Agrarian**

**University**

**Kulmirzaev Kurbonbeki Jonibek**  
**Master's student at Tashkent State Agrarian University**

**MONITORING THE SALINITY DYNAMICS OF IRRIGATED LANDS  
USING A GIS (USING THE EXAMPLE OF THE ZAFARABAD DISTRICT)**

**Annotation:** The article investigates the dynamics of irrigated soil salinity in the Zafarobod district using Sentinel-2 satellite imagery (2022–2025). The methodology employs NDVI-based vegetation masking and Salinity Indices (SI) to assess soil conditions.

**Key words:** Soil salinization, degradation, secondary salinization, groundwater, reclamation status, remote sensing (RS), geographic information system (GIS), Sentinel-2 satellite imagery, ArcGIS Pro, NDVI index, salinity index (SI), monitoring.

**Kirish.** Bugungi kunda global iqlim o‘zgarishi va kuchli antropogen ta’sirlar natijasida qishloq xo‘jaligi yerlarining degradatsiyasi, xususan tuproq sho‘rlanishi, dunyo miqyosida dolzarb ekologik va iqtisodiy muammo bo‘lib qolmoqda. Sho‘rlanish ayniqsa o‘simliklar rivojlanishining dastlabki bosqichida xavfli: tuproqda namlik yetishmaganda ildizlar suvni o‘zlashtira olmaydi (osmotik effekt), yuqori tuz konsentratsiyasida esa (masalan, xlor) toksik ta’sir yuzaga kelib, o‘shir jarayoni izdan chiqadi [1]. Hozirda sho‘rlanish bo‘yicha global ma‘lumotlar taqdim etuvchi asosiy manba - Harmonized World Soil Database hisoblanadi [2]. Yerlarning sho‘rlanishi barcha mamlakatlarda qishloq xo‘jaligining asosiy muammolaridan biri bo‘lib, cho‘llanishni kuchaytiradi va iqtisodiyotga sezilarli zarar yetkazadi. Dunyo bo‘yicha qariyb 950 mln gektar yer sho‘rlangan, har yili esa sho‘rlanish va ishqoriylashish natijasida 10 mln gektarga yaqin yer yo‘qotilmoqda [3].

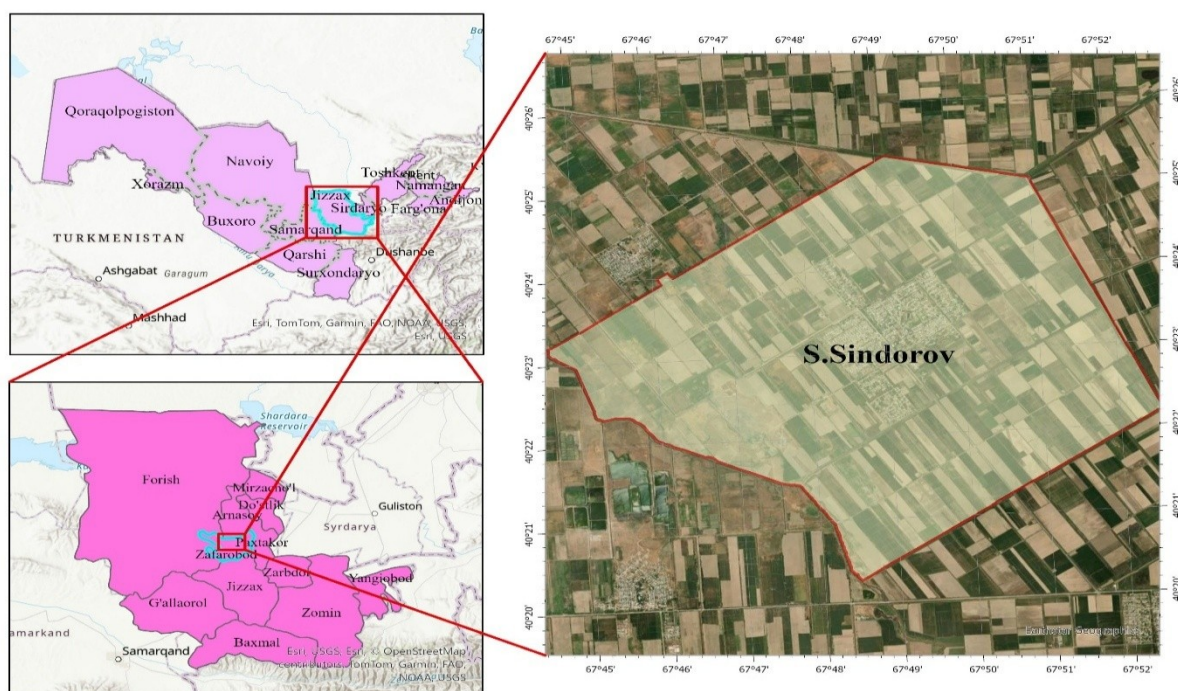
Markaziy Osiyo tekisliklari tabiiy sho‘rlanishga moyil bo‘lib, tuproqlarda ikkilamchi sho‘rlanish rivojlanishi uchun yuqori xavf mavjud [4]. 1960–1970-yillarda mintaqada sug‘orish ishlari jadal kengayib, asosan Amudaryo va Sirdaryo havzalarida paxta yetishtirishga yo‘naltirildi. Biroq eskirgan texnologiyalar qo‘llanishi yer osti suvlari sathining ko‘tarilishiga hamda ortiqcha sug‘orish natijasida ikkilamchi sho‘rlanishning kuchayishiga olib keldi. Natijada sho‘rlangan maydonlar kengayib, qishloq xo‘jaligi hosildorligi pasaydi. [5]. O‘zbekistonning, Arid va yarim arid hududlarda, xususan sug‘oriladigan yerlarning sho‘rlanishi nafaqat agroishlab chiqarish samaradorligini kamaytirmoqda, balki oziq-ovqat xavfsizligiga ham jiddiy tahdid solmoqda [6].

O‘zbekistondagi sug‘oriladigan yerlarning taxminan 47% sho‘rlangan tuproqlarni tashkil qiladi [7]: 30% kam sho‘rlangan, 16% o‘rtacha sho‘rlangan va 4% kuchli sho‘rlangan. Bugungi kunda Qoraqalpog‘iston Respublikasidagi sug‘oriladigan yerlarning 77%, Xorazm viloyatida 100%, Buxoro viloyatida 87%, Jizzax viloyatida 79% va Navoiy viloyatida 87% turli darajada sho‘rlangan [8]. Jizzax viloyatining Zafarobod tumani murakkab gidrogeologik sharoiti va sizot suvlari sathining yuqoriligi bilan ajralib turadi. Tumandagi “S. Sindorov” SFU kabi hududlarda yerlarning meliorativ holatini baholash doimiy nazoratni talab etadi, biroq an‘anaviy dala usullari ko‘p mehnat, vaqt va xarajat talab qilib, fazoviy aniqligi cheklangan. Shu bois sho‘rlanishni aniq baholash xaritalash va monitoringni talab etadi, bu esa uning fazoviy-vaqtinchalik taqsimotini aniqlash imkonini beradi [8]. Bunday sharoitda masofadan zondlash (Remote Sensing) va Geografik axborot tizimlari (GAT) texnologiyalari muammoni masofadan, tezkor va yuqori aniqlikda hal etish imkoniyatini beradi. So‘nggi 2-3 o‘n yillikdan beri deyarli barcha fan sohalarida RS va GIS texnologiyalari keng qo‘llanilmoqda [9]. Xususan O‘zbekistonda ham 2025 yil 20 fevral kuni O‘zbekkosmos agentligida Sun‘iy yo‘ldosh tasvirlari yordamida tuproq sho‘rlanish darajasini aniqlash bo‘yicha sinov loyihasi boshlashga bag‘ishlangan seminar bo‘lib o‘tdi [11]. Sentinel-2 sun‘iy yo‘ldoshining ko‘p spektral kanallari tuproq yuzasidagi tuz to‘planishlarini spektral indekslar orqali aniqlashda o‘ta samarali hisoblanadi. Tadqiqotning asosiy maqsadi NDVI ko‘rsatkichlari yordamida vegetatsiyani maskalab, ochiq tuproq maydonlarini ajratish hamda 2022–2025-yillarda “S. Sindorov” SFU hududida sho‘rlanishning fazoviy-vaqtinchalik dinamikasini miqdoriy va sifat jihatdan baholashdan iborat.

**Asosiy qism.** Tadqiqot obyekti sifatida Jizzax viloyatining Zafarobod tumanida joylashgan "S.Sindorov" (SFU) hududidagi sug‘oriladigan qishloq xo‘jaligi yerlari tanlab olindi (1-rasm). Tuproqning sho‘rlanish darajasini va uning fazoviy tarqalish maydonini aniqlash sug‘oriladigan maydonlarning sho‘rlanishining oldini olishda muhim ahamiyatga ega. Tuproqning sho‘rlanishini baholashning bir nechta usullari mavjud, ulardan biri oddiy va iqtisodiy jihatdan qulay texnologiya bo‘lgan masofaviy zondlash ma‘lumotlariga asoslangan.

Tuproqning sho‘rlanishini RS ma‘lumotlaridan foydalangan holda baholash hali bu sohadagi tadqiqotchilar yoki davlat tashkilotlari tomonidan keng tarqalgan emas. Chunki ular joyida to‘plangan dala ma‘lumotlariga tayanadilar. Biroq, bu

usul ko‘proq vaqt, ishchi kuchi va milliy yoki xalqaro loyihalar yoki hukumat tomonidan ko‘proq moliyaviy yordamni talab qiladi.



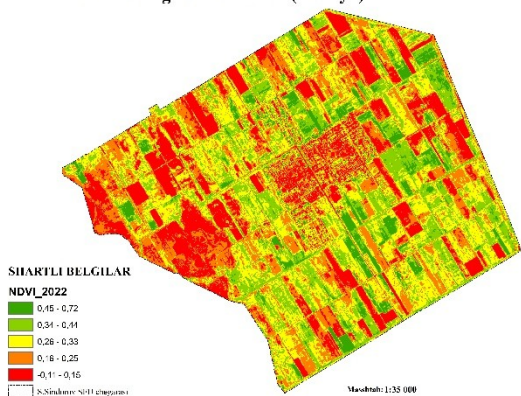
1-rasm. Tadqiqot hududi kartasi

Tadqiqotning texnik bosqichi Yevropa koinot agentligining (ESA) **Copernicus Open Access Hub** platformasidan Zafarobod tumani hududiga tegishli bo‘lgan **Sentinel-2 (Level-2A)** sun‘iy yo‘ldosh tasvirlarini tanlab olish va yuklab olishdan boshlandi. Tahlil uchun vegetatsiya davri yakunlangan va tuproq yuzasi maksimal darajada ochiq bo‘lgan 2022 va 2025-yillarning mos davrlariga oid bulutsiz tasvirlar tanlandi. Yuklab olingan ko‘p spektral ma‘lumotlar **ArcGIS Pro** dasturiy muhitiga integratsiya qilinib, tahlil uchun zarur bo‘lgan B2 (Blue), B4 (Red) va B8 (NIR) spektral kanallari ajratib olindi. Dastlabki ishlov berish jarayonida tasvirlar "S.Sindorov" SFU chegarasi bo‘yicha qirqib olindi (Extract by Mask) va fazoviy koordinatalar tizimi tahlil uchun muvofiqlashtirildi.

Tayyorlangan ko‘p spektral qatlamlar asosida tadqiqotning keyingi bosqichi tuproq yuzasidagi o‘simlik qoplami (vegetatsiyani) tahlildan ajratib olishga qaratildi. Buning uchun yaqin infraqizil (B8) va qizil (B4) kanallar nisbatiga asoslangan **NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)** ko‘rsatkichi quyida-gi formula yordamida hisoblandi: 
$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Hosil qilingan NDVI rastri qatlami (2-rasm) asosida tuproq sho‘rlanishini aniqlashda xatolik beruvchi yashil massani filtrlovchi mantiqiy maska yaratildi. ArcGIS Pro dasturining "Raster Calculator" instrumenti yordamida  $Con("NDVI_{2022}" \leq 0.2, 1)$  sharti kiritildi va ushbu ko‘rsatkichdan yuqori bo‘lgan barcha piksellar (ya‘ni ekin maydonlari va zich o‘simliklar) tahlildan chiqarildi ya‘ni "NoData" qilindi. Bu amaliyot faqat ochiq tuproq, haydalgan yerlar va juda siyrak o‘simlikli maydonlarni saqlab qolish imkonini berdi, bu esa sho‘rlanish tahlilining ob‘ektivligini ta‘minladi.

S.Sindorov SFUning NDVI kartasi (2022-yil)



S.Sindorov SFUning NDVI kartasi (2025-yil)



2-rasm. NDVI raster qatlami kartasi

Keyingi bosqichda ajratib olingan ochiq tuproq piksellari uchun sho‘rlanish darajasini miqdoriy ifodalovchi SI (Salinity Index) hisoblab chiqildi. Tuproq tarki-

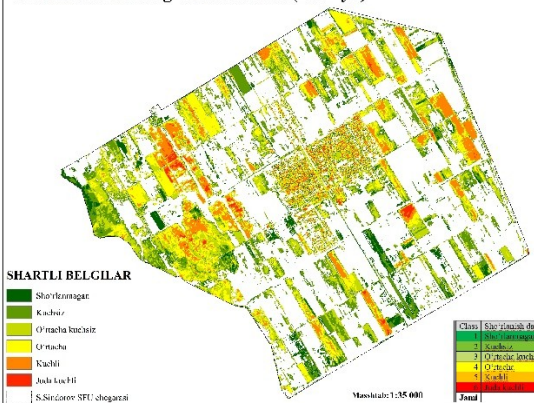
bidagi tuzlarning ko‘rinadigan spektr qismidagi (Blue va Red) yuqori aks etish xususiyatlarini inobatga olgan holda, ushbu indeks quyidagi algoritm asosida shakllantirildi:

$$SI = \sqrt{Blue * Red}$$

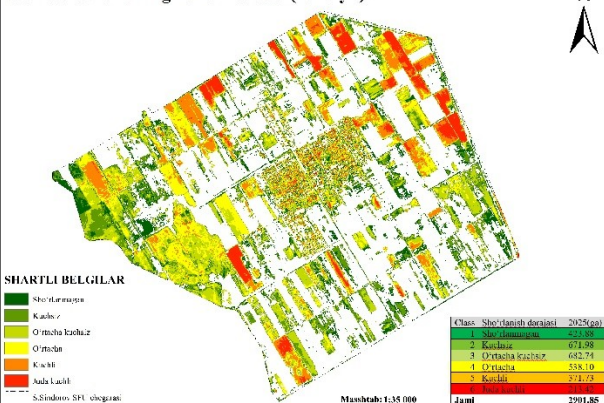
(Bu yerda: Blue — B2, Red — B4 spektral kanallari).

Ya’ni quydagi amallar bajarildi ArcToolbox → Spatial Analyst Tools → Map Algebra → Raster Calculator → Con("Mask\_2022"==1, SquareRoot( Float("B02\_2022") / 10000) \* (Float("B04\_2022") / 10000) )) → Output raster. Bu hisoblash ishlari har yil uchun ya’ni 2022 va 2025-yillar uchun alohida hisoblandi. Olingan SI (Salinity Index) qiymatlari tuproqning sho‘rlanish darajasiga ko‘ra tabaqalash uchun asos bo‘lib xizmat qildi. Ma’lumotlarni klassifikatsiya qilishda statistik guruhlashning Natural Breaks (Jenks) metodi qo‘llanildi. Har bir yil uchun alohida Natural Breaks (Jenks) klassifikatsiyasi qo‘llanildi. Buning sababi — yillararo spektral qiymatlarning (0.13-0.89(2022) dan 0.11-0.75(2025) gacha) o‘zgarishidir. Bu usul har bir davr uchun hududning nisbiy sho‘rlanish darajasini aniqroq aks ettirishga va yillararo gistogrammadagi tizimli siljishlarni (systemic shifts) inobatga olishga imkon beradi. "Ushbu metod indeks qiymatlari orasidagi tabiiy uzilishlar va klasterlarni aniqlash orqali hududni sho‘rlanmagan va turli darajada sho‘rlangan 6 ta sifat klassiga (1-sho‘rlanmagan, 2-kuchsiz, 3-o‘rtacha kuchsiz, 4-o‘rtacha, 5-kuchli, 6-juda kuchli) ajratish imkonini berdi (3-rasm).

S.Sindorov SFUning NDSI kartasi (2022-yil)



S.Sindorov SFUning NDSI kartasi (2025-yil)



### 3-rasm. SI (Salinity Index) tahliliy kartasi

Yakuniy bosqichda "Raster to Polygon" funksiyasi orqali ma'lumotlar vektor formatiga o'tkazildi va har bir klassning 2022 va 2025-yillardagi maydonlari (gektar va foizda) "Calculate Geometry" yordamida statistik hisoblanib, yillararo o'zgarish dinamikasi aniqlandi.

Yakuniy bosqichda "Raster to Polygon" funksiyasi orqali ma'lumotlar vektor formatiga o'tkazildi va har bir klassning 2022 va 2025-yillardagi maydonlari (gektar va foizda) "Calculate Geometry" yordamida statistik hisoblanib, yillararo o'zgarish dinamikasi aniqlandi.

1-jadval

Class	Sho'rlanish darajasi	2022 yil (ga)	2025 yil (ga)
1	Sho'rlanmagan	243.73	423.88
2	Kuchsiz	769.14	671.98
3	O'rtacha kuchsiz	712.61	682.74
4	O'rtacha	550.19	538.10
5	Kuchli	351.18	371.73
6	Juda kuchli	55.39	213.42
<b>Jami</b>		<b>2682.24</b>	<b>2901.85</b>

Tadqiqotda 2022 va 2025-yillar o'rtasidagi jami ochiq yer maydonining farqi (219.61 ga) bevosita o'sha yillardagi vegetatsiya qoplaminig turliligi va NDVI maskalash jarayoni bilan bog'liq. 2022-yilda ekin maydonlari ko'proq maskalangan bo'lsa, 2025-yilgi tasvirda ochiq tuproq maydonlarining spektral tahlil uchun ko'proq ochiq (exposure) kuzatildi. Shuni inobatga olgan holda, sho'rlanish dinamikasi absolyut sonlarda emas, balki har bir yilning o'ziga xos ochiq yer maydoniga nisbatan proporsional ulushda tahlil qilindi.

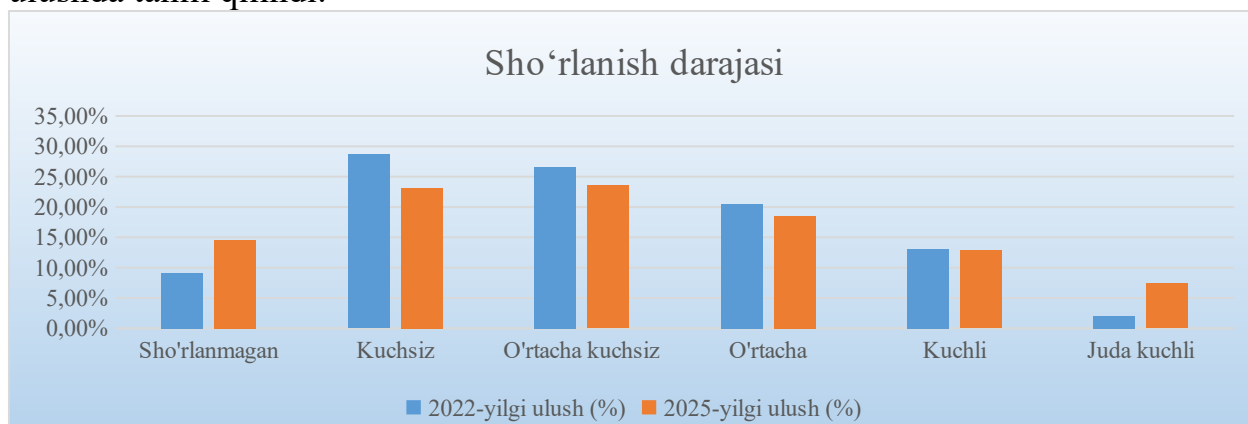
So'ngra, har bir sho'rlanish darajasi bo'yicha umumiy maydonni guruhlash va jamlash maqsadida "Summarize" (yoki Summarize Statistics) amali qo'llanildi. Ushbu jarayonda tahlil predmeti sifatida sho'rlanish klasslari ko'rsatilgan ustun (Case Field) va hisoblangan maydonlar ustuni (Statistics Field) tanlanib, "Sum" (yig'indi) operatsiyasi bajarildi (1-jadval). Natijada, 2022 va 2025-yillar uchun alohida statistik jadvallar shakllantirildi. Ushbu jadvallar asosida har bir klassning umumiy hududdagi ulushi foiz hisobida aniqlandi va yillararo sho'rlanish dinamikasining qiyosiy tahlili amalga oshirildi (2-jadval).

2-jadval

Klass	Sho'rlanish darajasi	2022-yilgi ulushi (%)	2025-yilgi ulushi (%)	O'zgarish (Trend)
1	Sho'rlanmagan	9.09%	14.61%	+5.52% (O'sish)
2	Kuchsiz	28.67%	23.16%	-5.51% (Kamayish)
3	O'rtacha kuchsiz	26.57%	23.53%	-3.04% (Kamayish)
4	O'rtacha	20.51%	18.54%	-1.97% (Kamayish)
5	Kuchli	13.09%	12.81%	-0.28% (Deyarli barqaror)

6	Juda kuchli	2.07%	7.35%	+5.28% (Keskin o'sish)
<b>Jami</b>		<b>100%</b>	<b>100%</b>	

Shuni inobatga olgan holda, sho'rlanish dinamikasi absolyut sonlarda emas, balki har bir yilning o'ziga xos ochiq yer maydoniga nisbatan proporsional ulushda tahlil qilindi.



Tadqiqot natijalariga ko'ra, 2022 va 2025-yillar oralig'ida Zafarobod tumani (S.Sindorov SFU) hududida tuproq sho'rlanish darajalarida sezilarli o'zgarishlar aniqlandi. 2022-yilda jami ochiq yer maydonining **9.09% (243.73 ga)** qismini sho'rlanmagan yerlar tashkil etgan bo'lsa, 2025-yilga kelib bu ko'rsatkich **14.61% (423.88 ga)** gacha ko'paygan. Biroq, eng xavfli tendensiya **Juda kuchli sho'rlangan** (6-klass) yerlarda kuzatildi: ularning ulushi jami maydonga nisbatan **2.07% dan 7.35% gacha** (ya'ni 55.39 gektardan 213.42 gektargacha) keskin ortgan.

**Xulosa.** Zafarobod tumani "S.Sindorov" SFU hududida o'tkazilgan masofaviy tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, Sentinel-2 sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari va GAT texnologiyalarini integratsiya qilish sug'oriladigan yerlar sho'rlanish dinamikasini monitoring qilishda yuqori samaradorlikka ega. Tadqiqotda qo'llanilgan NDVI maskalash usuli ( $NDVI < 0.2$ ) ochiq tuproq maydonlarini o'simlik qoplamidan aniq ajratib olish va sho'rlanish indeksleri (SI) tahlilining ob'ektivligini ta'minlash imkonini berdi. 2022 va 2025-yillar oralig'idagi qiyosiy tahlillar hududda sho'rlanish jarayonlarining faollashganligini ko'rsatdi. Xususan, "juda kuchli sho'rlangan" yerlar maydoni 55,8 gektardan (2,07%) 213,8 gektargacha (7,35%) keskin ortganligi aniqlandi.

Shu bilan birga, "sho'rlanmagan" maydonlar ulushining ham 14,61% gacha o'sishi kuzatildi, bu esa hududda meliorativ tadbirlarning qisman samaradorligi yoki yillararo yog'ingarchilik miqdorining tuproq yuzasidagi tuzlar konsentratsiyasiga ta'siri bilan izohlanishi mumkin. Tadqiqot natijalari shuni tasdiqlaydiki, Natural Breaks (Jenks) klassifikatsiyasi va SI indeksi asosida yaratilgan raqamli xaritalar sho'rlanish o'choqlarini aniq belgilash va yer degradatsiyasiga qarshi tezkor choralarni rejalashtirishda muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi. Kelgusida ushbu metodikani hududning gidrogeologik ma'lumotlari bilan boyitish sho'rlanish sabablarini yanada chuqurroq tahlil qilish imkonini beradi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. H. Namozov, M. Khozhasov and B. Sapaev. "Secondary salinization of soils and ways to prevent downstream of the Amu Darya" E3S Web of Conf. **Volume** 452, 2023 XV International Online Conference "Improving Farming Productivity and Agroecology – Ecosystem Restoration" (IPFA 2023) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345201036>
2. K. Ivushkin, H. Bartholomeus, A. K. Bregt, A. Pulatov, B. Kempen, and L. De Sousa, "Global mapping of soil salinity change," Remote Sens. Environ., vol. 231, p. 111260, Sep. 2019, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111260> .
3. S. Dustnazarova, A. Khasanov, Z. Khafizova, and K. Davronov, "The threat of saline lands, for example, in the Republic of Uzbekistan," E3S Web Conf., vol. 284, p. 02002, 2021, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128402002> .
4. Yu. I. Shirokova and A. N. Morozov, "Salinity of irrigated lands of Uzbekistan: causes and present state," in Sabkha Ecosystems, vol. 42, M. A. Khan, B. Böer, G. S. Kust, and H.-J. Barth, Eds., in Tasks for Vegetation Science, vol. 42., Dordrecht: Springer Netherlands, 2006, pp. 249–259. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5072-5\\_20](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5072-5_20) .
5. Y. Guo, Z. Shi, L. Zhou, X. Jin, Y. Tian, and H. Teng, "Integrating Remote Sensing and Proximal Sensors for the Detection of Soil Moisture and Salinity Variability in Coastal Areas," J. Integr. Agric., vol. 12, no. 4, pp. 723–731, Apr. 2013, [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60290-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60290-7) .
6. S Isaev, A Gofirov, S Tadjiyev, P Bulanbayeva. Effects of different salinity levels in topsoil on the growth, development and yield of winter wheat. BIO Web of Conferences 65, 04004 (2023) <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236504004>
7. Jumaniyazov I, Juliev M, Khudaybergenov Ya, Jaksibaev R, Orazbaev A, Amangeldieva U "Analysis of soil salinity monitoring in irrigated areas (in case of Shimbay district, Republic of Karakalpakstan)" 6<sup>th</sup> Annual International Scientific Conference on Geoinformatics - GI 2024: "Sustainable Geospatial Solutions for a Changing World" <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202459001007>
8. R. Kulmatov, S. Khasanov, S. Odilov, and F. Li, "Assessment of the Space-Time Dynamics of Soil Salinity in Irrigated Areas Under Climate Change: a Case Study in Sirdarya Province, Uzbekistan," Water. Air. Soil Pollut., vol. 232, no. 5, p. 216, May 2021, <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05163-7>
9. Jabbarov Z.A, Kholdorov Sh "Exploring soil salinity assessment methods: insights, innovations, and the promise of remote sensing for sustainable agriculture and environmental conservation" Scientific journal of the Fergana State University [https://doi.org/10.56292/SJFSU/vol30\\_iss2/a127](https://doi.org/10.56292/SJFSU/vol30_iss2/a127)
10. M. Juliev, I. Jumaniyazov, I. Togaev, Sh. Toshtemirov, A. Samiev, I. Ochilov, K. Usmanov and M Saidova "Land degradation in Central Asia: a review of papers from the Scopus database published in English for the period of 2000-2020" <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346203020>
11. <https://tiame.uz/news?id=8188>