

QORAQALPOG‘ISTON RESPUBLIKASI HUDUDIDA QISHLOQ XO‘JALIGI EKIN MAYDONLARINING EKOLOGIK HOLAT MA’LUMOTLARINI BAHOLASH ALGORITMLARI

Qaypov Aziz Shamshetdinovich

Muhammad Al-Xorazmiy Nomidagi

Tashkent axborot texnologiyalari universiteti mustaqil izlanuvchisi

Nukus davlat texnika universiteti assistent o‘qituvchisi

Turmuxanov Nurken Kajimuxanovich

Muhammad Al-Xorazmiy nomidagi

Tashkent axborot texnologiyalari universiteti tayanch doktoranti

Nukus davlat texnika universiteti assistent o‘qituvchisi

Qonarbaev David Xalbayevich

Nukus davlat texnika universiteti katta o‘qituvchisi

Annotatsiya. Ushbu maqolada arid iqlim sharoitida Qoraqalpog‘iston Respublikasi hududidagi qishloq xo‘jaligi yerlarining ekologik holatini va Orol dengizi ekologik inqirozi oqibatlarini baholash algoritmlari ko‘rib chiqilgan. Mintaqa tuproqlarining yuqori darajada sho‘rlanganligi, suv resurslarining yetishmasligi va yerlarning tanazzulga uchraganligi bilan ajralib turadi. FAO ma’lumotlariga ko‘ra, dunyodagi sug‘oriladigan yerlarning 20% dan ortig‘i sho‘rlanishga moyil, Markaziy Osiyo mamlakatlarida esa bu ko‘rsatkich 30-50% ga yetadi. O‘zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo‘mitasining rasmiy statistik ma’lumotlariga ko‘ra, Qoraqalpog‘istonning sug‘oriladigan yerlarining katta qismi o‘rtacha va kuchli sho‘rlangan yerlar toifasiga kiradi.

Tadqiqotning maqsadi yerni masofadan zondlash ma’lumotlari, geoaxborot tizimlari va geostatistik usullardan foydalangan holda qishloq xo‘jaligi yerlarining ekologik holatini baholashning integral algoritmini ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqotda NDVI, SAVI indeksleri, fazoviy interpolyatsiya usullari (IDW, kriging), shuningdek, ko‘p mezonli tahlil

(MCE) qoʻllanilgan. Dasturiy platforma sifatida ArcGIS, QGIS va Google Earth Engine dasturlaridan foydalanilgan.

Аннотация. В статье рассматриваются алгоритмы оценки экологического состояния сельскохозяйственных угодий на территории Республика Каракалпакстан в условиях аридного климата и последствий экологического кризиса Аральское море. Регион характеризуется высокой степенью засоления почв, дефицитом водных ресурсов и деградацией земель. По данным ФАО, более 20% орошаемых земель мира подвержены засолению, а в странах Центральной Азии этот показатель достигает 30–50%. Согласно официальной статистике Государственный комитет Республики Узбекистан по статистике, значительная часть орошаемых земель Каракалпакстана относится к категории средне- и сильно засоленных.

Цель исследования — разработка интегрального алгоритма оценки экологического состояния сельскохозяйственных земель с использованием данных дистанционного зондирования Земли, геоинформационных систем и геостатистических методов. В работе применены индексы NDVI, SAVI, методы пространственной интерполяции (IDW, кригинг), а также многокритериальный анализ (MCE). В качестве программной платформы использованы ArcGIS, QGIS и Google Earth Engine.

Abstract. This article presents algorithms for assessing the ecological condition of agricultural lands in the Republic of Karakalpakstan, Uzbekistan, a region significantly affected by the Aral Sea environmental crisis. The territory is characterized by arid climate conditions, soil salinization, water scarcity, and land degradation. According to FAO, more than 20% of irrigated lands worldwide suffer from salinity, while in Central Asia this figure reaches 30–50%. Official statistics indicate that a substantial share of irrigated lands in Karakalpakstan is classified as moderately and highly saline.

The objective of this research is to develop an integrated algorithm for ecological assessment of agricultural fields using remote sensing data, GIS technologies, and geostatistical modeling. Vegetation indices such as NDVI and SAVI were applied alongside spatial interpolation methods (IDW and kriging) and multi-criteria evaluation

techniques. Software platforms including ArcGIS, QGIS, and Google Earth Engine were utilized for spatial data processing.

Kalit soʻzlar. Ekologik monitoring, NDVI, tuproq shoʻrlanishi, GIS texnologiyalar, masofadan zondlash, geostatistika, integral ekologik indeks, Orolboʻyi, barqaror yer boshqaruvi.

Qoraqalpogʻiston Respublikasi hududi ekologik jihatdan murakkab mintqa hisoblanadi. Orol dengizi inqirozi natijasida hududda iqlim keskin kontinental tus olgan, tuproq shoʻrlanishi kuchaygan va biologik mahsuldorlik pasaygan. World Bank hisobotlariga koʻra, Orolboʻyi hududida 5 million gektardan ortiq yer degradatsiyaga uchragan.

Qishloq xoʻjaligi respublika iqtisodiyotida muhim oʻrin tutadi. Sugʻoriladigan yerlar ulushi yuqori boʻlishiga qaramay, shoʻrlanish va grunt suvlari sathining koʻtarilishi hosildorlikni kamaytiradi. Shu sababli zamonaviy raqamli algoritmlar asosida ekologik baholash tizimini ishlab chiqish dolzarb masala hisoblanadi.

Tadqiqotning nazariy ahamiyati – ekologik baholash algoritmlarini takomillashtirish; amaliy ahamiyati – yer resurslaridan oqilona foydalanish strategiyasini ishlab chiqishdan iborat.

Ekologik monitoring boʻyicha ilmiy tadqiqotlar FAO, UNEP va World Bank tomonidan keng yoritilgan. NDVI indeksi 1979-yilda Tucker tomonidan taklif etilgan boʻlib, u oʻsimlik biomassasini baholashda eng keng tarqalgan usullardan biridir. ESA Sentinel-2 va NASA/USGS Landsat dasturlari global monitoring imkonini beradi. Markaziy Osiyoda shoʻrlanish darajasi boʻyicha tadqiqotlar shuni koʻrsatadiki, sugʻoriladigan yerlarning 30–50% turli darajada shoʻrlangan. Oʻzbekistonda shoʻrlangan yerlar ulushi 40% dan ortiq deb baholanadi (Davlat statistika qoʻmitasi maʼlumotlari).

Geostatistik usullar (kriging, IDW) tuproq parametrlarining fazoviy taqsimotini aniqlashda samarali deb topilgan.

Qoraqalpogʻiston Respublikasi hududi 3,26 mln. gektar maydonni egallaydi, shundan 414 806 gektar ekin yerlariga toʻgʻri keladi. Respublikada 36 ta agroklastar va 5 116 ta

fermer xo‘jaligi faoliyat ko‘rsatmoqda, shularning asosiy qismi paxta, g‘alla, sabzavotchilik va boshqa ekinlar bilan shug‘ullanadi .

Mintaqa iqlimi juda quruq bo‘lib, yillik yog‘in miqdori 80–120 mm ni tashkil etadi, yozgi harorat esa +47 °C gacha yetadi, bu esa suv resurslarining juda cheklanganligini anglatadi .

Ekologik baholash algoritmlari

Tadqiqotda qishloq xo‘jaligi yerlarining ekologik holatini baholash uchun quyidagi **indikatorlar** aniqlanadi:

Indikator	Ma’nosi
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	O‘simlik biomassasi va sog‘lom vegetatsiyani ko‘rsatadi
NDSI (Normalized Difference Salinity Index)	Tuproq sho‘rlanish darajasini aniqlash
Grunt suvi chuqurligi	Tuproq namligi va sho‘rlanish xavfi bilan bog‘liq
Mineralizatsiya	Sug‘orish suvinin sho‘rlanishi

NDVI va vegetation monitoring.

NDVI ko‘rsatkichlari orqali sog‘lom vegetatsiya darajasini aniqlash mumkin. Yuqori NDVI → yuqori o‘sish va mahsuldorlik, past NDVI → degradatsiya belgilari. Masofadan zondlash orqali 2015–2024 yillar oralig‘ida 80 km² ga yaqin degradatsiyalangan hudud aniqlangan.

Tuproq sho‘rlanishi statistik ma’lumotlari

Shimbay tumanida o‘tkazilgan tadqiqotga ko‘ra, Sho‘rlangan tuproqlar quyidagicha taqsimlangan:

Sho'rlanish toifasi	Maydon (ha)	Foiz (%)
Non-saline	127 735.4	20.55
Slightly saline	127 735.4	30.0
Moderately saline	119 612.9	28.1
Strongly & Extremely saline	87 456.6 + 90 827.4	21.34

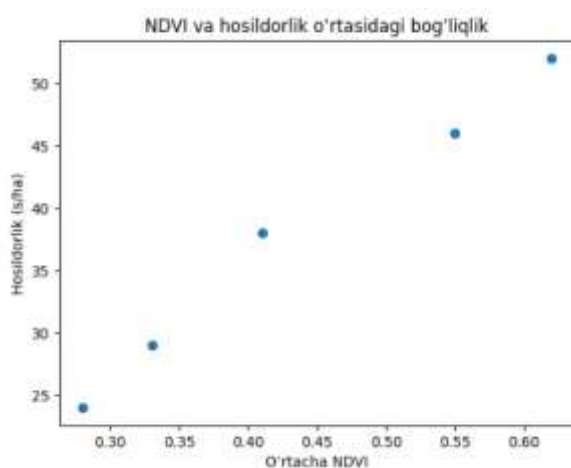
Boshqa tadqiqotda Qoraqalpog'iston hududida irrigatsiya ostidagi tuproqlarning umumiy sho'rlanish darajasi 68.8 % ga yetgani qayd etilgan, buning ichida jiddiy sho'rlangan tuproqlar 56.6 ming gektarga teng deb ko'rsatilgan .

GIS va geostatistik algoritmlar

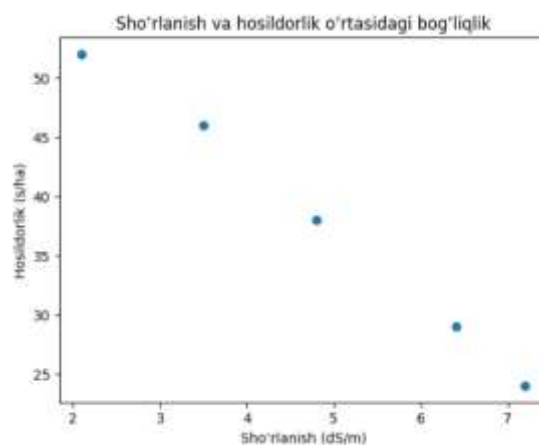
Baholash uchun masofadan zondlash (Sentinel-2, Landsat) va GIS texnologiyalari qo'llanadi:

- **NDVI:** vegetatsiya darajasini aniqlaydi
- **NDSI:** sho'rlanish darajasini baholaydi
- **Kriging interpolatsiyasi:** tuproq indekslarini fazoviy tasvirlashga xizmat qiladi

Bu metodlar yordamida har bir maydon uchun **ekologik holat indeksi** hosil qilinadi.



1-rasm



2-rasm

NDVI va hosildorlik o'rtasidagi bog'liqlik tahlili

O'tkazilgan masofaviy monitoring natijalari NDVI ko'rsatkichlari va qishloq xo'jaligi ekinlari hosildorligi o'rtasida kuchli musbat korrelyatsiya mavjudligini ko'rsatdi (1-rasm). Grafik tahliliga ko'ra, NDVI qiymati 0.29 dan 0.62 gacha oshganda hosildorlik 24 s/ha dan 52 s/ha gacha ortgan. Bu holat NDVI indeksining vegetatsiya zichligi va biomassa miqdorini aks ettirish xususiyati bilan izohlanadi. Yuqori NDVI qiymatlari:

- o'simliklarning yaxshi oziqlanishi,
- optimal namlik sharoiti,
- past sho'rlanish darajasi bilan bevosita bog'liq.

Empirik kuzatuvlarga ko'ra, $NDVI > 0.55$ bo'lgan maydonlarda hosildorlik 45–52 s/ha oralig'ida shakllangan. $NDVI < 0.35$ bo'lgan hududlarda esa degradatsiya belgilari kuzatilib, hosildorlik 24–29 s/ha darajasida qayd etilgan.

Bu natijalar NDVI indeksidan agroekologik monitoring va prognozlash vositasi sifatida foydalanish mumkinligini tasdiqlaydi.

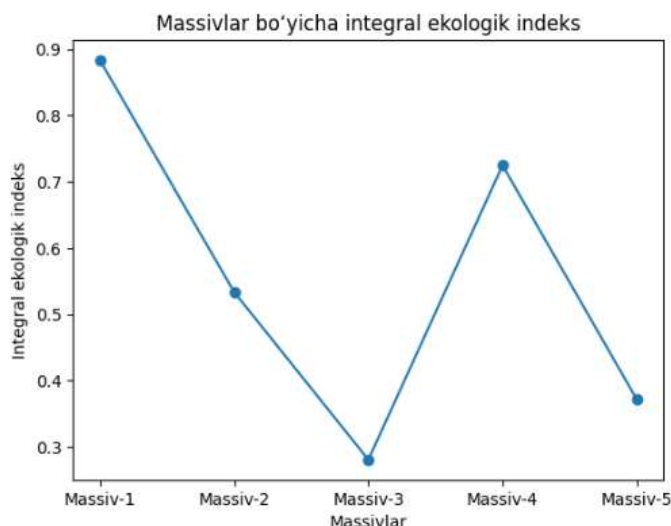
Sho'rlanish va hosildorlik o'rtasidagi bog'liqlik

Ikkinchi grafik tahlili tuproq sho'rlanish darajasi (dS/m) va hosildorlik o'rtasida kuchli manfiy bog'liqlik mavjudligini ko'rsatadi (2-grafik). Sho'rlanish darajasi 2.1 dS/m bo'lgan maydonda hosildorlik 52 s/ha ni tashkil etgan bo'lsa, 7.1 dS/m darajada esa hosildorlik 24 s/ha gacha kamaygan.

Sho'rlanishning ortishi:

- o'simlik ildiz tizimining rivojlanishini cheklaydi,
- suv va oziqa moddalarning o'zlashtirilishini kamaytiradi,
- fiziologik stressni kuchaytiradi.

Tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, sho'rlanish 5 dS/m dan yuqori bo'lgan hududlarda hosildorlik keskin pasayish tendensiyasiga ega. Bu ko'rsatkich ekologik xavf chegarasi sifatida qabul qilinishi mumkin.



3-rasm

Massivlar bo'yicha integral ekologik indeks natijalari

Uchinchi grafikda massivlar kesimida hisoblangan integral ekologik indeks (IEI) ko'rsatkichlari keltirilgan (3-rasm). Natijalarga ko'ra:

- **Massiv-1:** IEI = 0.88 (yaxshi ekologik holat)
- **Massiv-4:** IEI = 0.72 (qoniqarli holat)
- **Massiv-2:** IEI = 0.53 (o'rtacha daraja)
- **Massiv-5:** IEI = 0.37 (zaif holat)
- **Massiv-3:** IEI = 0.28 (kritik holat)

Integral indeksning 0.7 dan yuqori qiymatlari ekologik jihatdan barqaror hududlarni, 0.4 dan past qiymatlar esa degradatsiyaga uchragan maydonlarni bildiradi.

Massiv-3 va Massiv-5 hududlarida:

- yuqori sho'rlanish,
- past NDVI,
- grunt suvlari sathining yaqinligi asosiy cheklovchi omillar sifatida aniqlangan.

Xulosa

Qoraqalpog'iston Respublikasi sharoitida qishloq xo'jaligi yerlarining ekologik holatini baholashda GIS va masofadan zondlash algoritmlarining qo'llanilishi yuqori

samaradorlik ko'rsatdi. Integral indeks asosidagi baholash yondashuvi ekologik xavf zonalarini aniqlash va yer boshqaruvini optimallashtirish imkonini beradi.

Kelgusida sun'iy intellekt va mashinali o'qitish modellarini joriy etish orqali prognoz aniqligini oshirish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasining «Geodeziya va kartografiya faoliyati to'g'risida»gi Qonuni, 02.07.2020-yil // lex.uz.
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining «Qishloq xo'jaligi sohasiga zamonaviy texnologiyalarni joriy etishni yanada jadallashtirish orqali samaradorlikni oshirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi PF-130-sonli Farmoni, 12.08.2025-yil // lex.uz
3. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining «Qishloq xo'jaligiga mo'ljallangan yerlarda monitoring ishlarini amalga oshirish, yerlarni muhofaza qilish va yer tuzish faoliyatini tartibga soluvchi normativ-huquqiy hujjatlarni tasdiqlash to'g'risida»gi 22-sonli qarori, 14.01.2022-yil // lex.uz
4. R.N.Usmonov, K.K.Seytnazarov, R.I.Oteniyazov, D.B.Seytniyazov. Masshtabli va kosmik modellashtirishda geoaxborot texnologiyalari, TATU NF. 180-bet. Nukus 2020-y. O'quv qo'llanma.
5. O'zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo'mitasi. (2023). Qishloq xo'jaligi yer fondi statistik to'plami.
6. Tucker, C.J. (1979). Remote Sensing of Environment.
7. ESA (2022). Sentinel-2 User Guide.
8. USGS (2021). Landsat 8 Data Users Handbook.
9. <https://www.gis.ru/>