



UO'K: 528.8:631.4

OROL DENGIZINING QURIGAN TUBIDA MASOFADAN ZONDLASH VA GIS TEXNOLOGIYALARIDAN FOYDALANIB TUPROQ TEKSTURASI, SHO'RLANISHI VA VEGETATSIYA HOLATINI BAHOLASH

Xasanov Jamshid Davletbaevich 

tayanch doktorant

O'simliklar karantini va himoyasi ilmiy-tadqiqot instituti

e-mail: jamshid.0055@mail.ru

Nurjanov Allabergen Abdalyazovich 

b.f.n., katta ilmiy xodim

O'simliklar karantini va himoyasi ilmiy-tadqiqot instituti Xorazm filiali

Boymurodov Rifat Zarifovich 

tayanch doktorant

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti

e-mail: boymurodovrifat@gmail.com

Shamuratova Nagima Genjemuratovna 

q.x.f.d., professor

Qoraqalpog'iston qishloq xo'jaligi va agrotexnologiyalar instituti

e-mail: nagima72@mail.ru

Zinatdinov Nuratdin Mnajatdinovich 

tayanch doktorant

O'simliklar karantini va himoyasi ilmiy-tadqiqot instituti

e-mail: zinatdinovnuratdin91@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda masofadan zondlash va GIS texnologiyalari yordamida tadqiqot hududining tuproq teksturasi, sho'rlanish darajasi va vegetatsiya holati baholandi. Sentinel-2 sun'iy yo'ldosh tasvirlari, SoilGrids va HWSD ma'lumotlaridan foydalanildi. USDA klassifikatsiyasi asosida tuproq teksturasi sinflari ajratildi. Natijalar tuproq xususiyatlarining fazoviy notekis taqsimlanganligini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: masofadan zondlash, GIS, Sentinel-2, tuproq teksturasi, USDA, NDSI, NDVI, SoilGrids, sho'rlanish.





AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLER KARANTINI

Abstract. In this study, the soil texture, salinity level, and vegetation status of the study area were assessed using remote sensing and GIS technologies. Sentinel-2 satellite imagery, SoilGrids, and HWSD data were used. Soil texture classes were identified based on the USDA classification. The results showed a spatially uneven distribution of soil properties.

Keywords: remote sensing, GIS, Sentinel-2, soil texture, USDA, NDSI, NDVI, SoilGrids, salinization.

Аннотация. В данном исследовании с помощью дистанционного зондирования и GIS-технологий были оценены текстура почвы, уровень засоления и состояние вегетации исследуемой территории. Использовались спутниковые снимки Sentinel-2, данные SoilGrids и HWSD. На основе классификации USDA были выделены классы текстуры почвы. Результаты показали пространственное неравномерное распределение свойств почвы.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, ГИС, Sentinel-2, текстура почвы, USDA, NDSI, NDVI, SoilGrids, засоление.

KIRISH

Zamonaviy qishloq xo'jaligida masofadan zondlash va GIS texnologiyalari tuproq va vegetatsiyani monitoring qilishning eng samarali usullaridan biridir. Ayniqsa, O'zbekistonning qurg'oqchil va sho'rlangan hududlarida bu texnologiyalar katta ahamiyatga ega.

Tuproq teksturasini masofadan zondlash orqali baholash bo'yicha ko'plab tadqiqotlar mavjud. Hengl va hamkorlari (2017) tomonidan ishlab chiqilgan SoilGrids250m global tuproq ma'lumotlar bazasi dunyodagi eng aniq va ochiq manbalardan biri hisoblanadi. Ushbu baza mashinaviy o'qitish usullari yordamida qum, silt va clay fraksiyalarini 250 m aniqlikda bashorat qiladi [1].

USDA (2017) tuproq teksturasini aniqlashning xalqaro standartini ishlab chiqqan bo'lib, u qum, silt va clayning foiz nisbatiga asoslanadi va maxsus tekstura uchburchagi orqali sinflarga ajratadi [2].

Tuproq sho'rlanishini aniqlashda Normalized Difference Salinity Index (NDSI) keng qo'llaniladi. Metternicht va Zinck (2003) sho'rlangan tuproqlarni masofadan zondlash orqali aniqlashning imkoniyatlari va cheklovlarini batafsil tahlil qilgan [3]. Sentinel-2 sun'iy yo'ldoshi yuqori fazoviy aniqlikdagi (10 m) tasvirlari tufayli sho'rlanish va vegetatsiya monitoringida juda samarali ekanligini Drusch va boshqalar (2012) ko'rsatgan [4].

O'zbekiston va Markaziy Osiyoda bu yo'nalishdagi tadqiqotlar cheklangan bo'lsa-da, so'nggi yillarda FAO, HWSD va Google Earth Engine platformasidan foydalangan holda bir qator ishlar amalga oshirilmoqda. Biroq, Janubiy Orolbo'yi hududida tuproq teksturasi, sho'rlanish va vegetatsiya holatini birgalikda fazoviy baholash bo'yicha kompleks tadqiqotlar yetarli emas. Ushbu tadqiqot ana shu bo'shliqni to'ldirishga qaratilgan.



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLER KARANTINI

MATERIALLAR VA USLUBLAR

Tadqiqot uchun Sentinel-2 tasvirlari (Google Earth Engine), SoilGrids250m va Harmonized World Soil Database (HWSD) ma'lumotlari ishlatildi. Tuproq teksturasi USDA klassifikatsiyasi asosida, sho'rlanish NDSI indeksi, vegetatsiya holati NDVI indeksi yordamida baholandi.

Tuproqning fizik xususiyatlarini baholash maqsadida turli spektral indekslar, jumladan tuproq teksturasi, tuproq sho'rlanishi, relief, vegetatsiya hisoblandi. Ushbu indekslar asosida tuproq teksturasi va uning hududiy differensiyasi aniqlanib, GIS muhitida tematik xaritalar yaratildi. Klassifikatsiya jarayonida indeks qiymatlariga asoslangan chegaraviy (threshold) yondashuvdan foydalanildi va natijada tuproqlar mexanik tarkibiga ko'ra turkumlarga ajratildi.

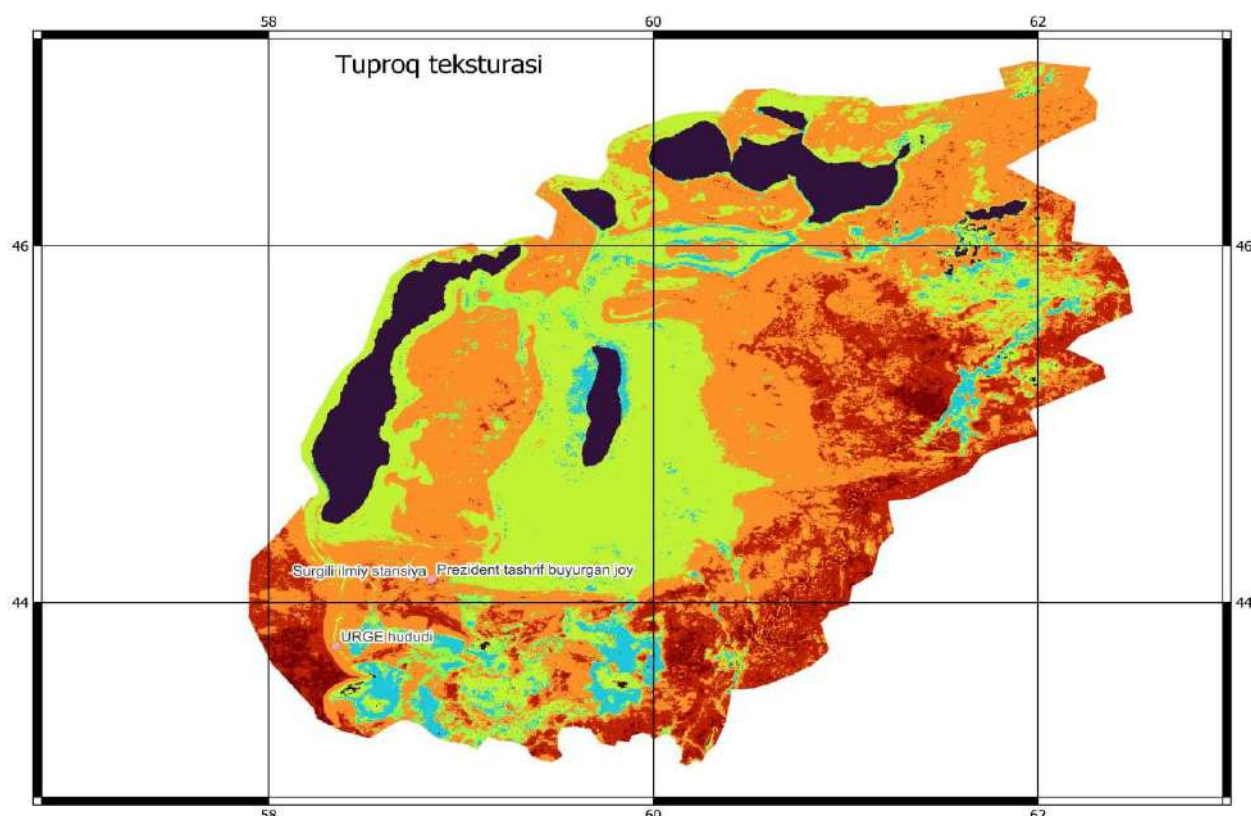
Olingan natijalar hududda tuproq teksturasining sezilarli darajada notekis taqsimlanganligini ko'rsatdi. Ayniqsa, sug'oriladigan maydonlar, tabiiy landshaftlar va antropogen ta'sir kuchli bo'lgan zonalar o'rtasida farqlar aniqlandi.

Mazkur tadqiqotda tuproq teksturasini aniqlash va kartalashtirish USDA (United States Department of Agriculture) tomonidan ishlab chiqilgan tuproq klassifikatsiya tizimi hamda global tuproq ma'lumotlari bazalariga asoslangan holda amalga oshirildi. Tadqiqot uchun asosiy ma'lumot manbalari sifatida SoilGrids (ISRIC) va Harmonized World Soil Database (HWSD) bazalaridan olingan tuproqning mexanik tarkibini ifodalovchi qum (sand), chang (silt) va loy (clay) fraksiyalari foiz ko'rsatkichlari ishlatildi. Ushbu ma'lumotlar GIS muhitiga yuklanib, tadqiqot hududi chegarasiga mos ravishda kesildi (clip) hamda barcha qatlamlar bir xil proyeksiya va fazoviy aniqlikka keltirildi. USDA tizimiga ko'ra tuproq teksturasi aynan ushbu uch komponentning o'zaro nisbatiga asoslanadi va maxsus tekstura uchburchagi orqali aniqlanadi, bunda har bir piksel uchun sand, silt va clay foiz qiymatlari yig'indisi 100% ni tashkil etadi.

1-jadval

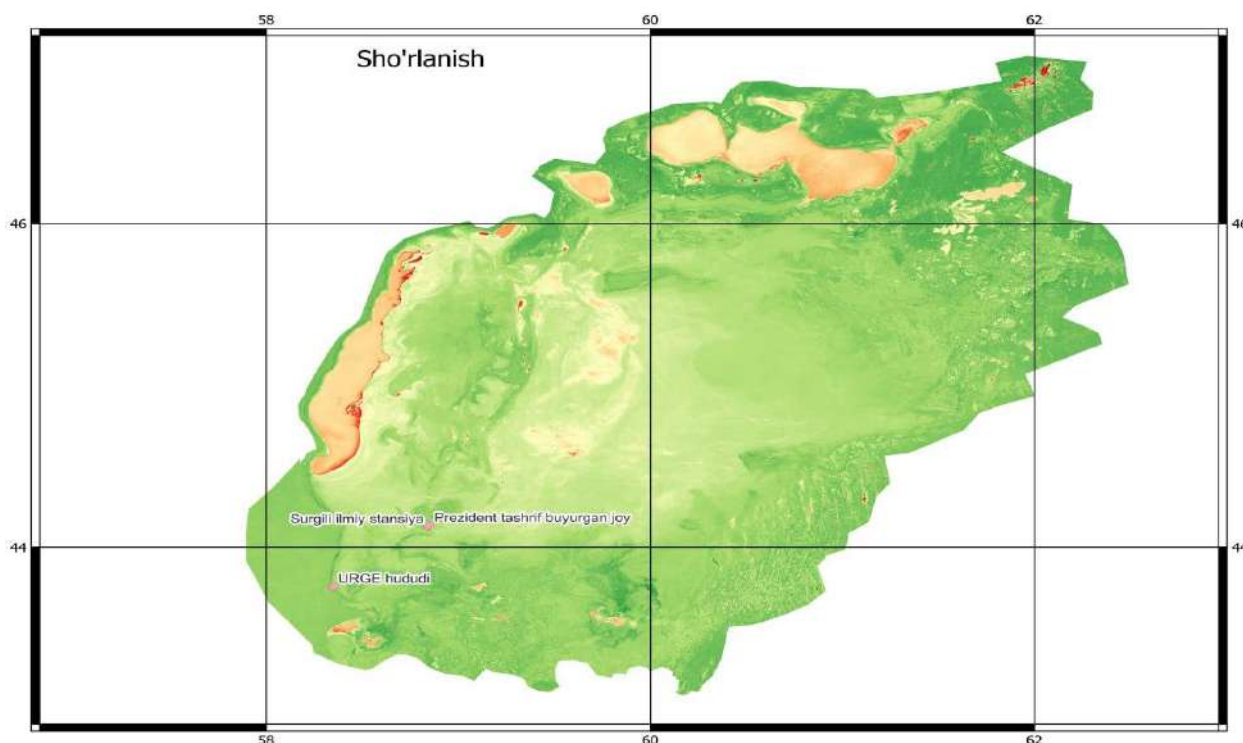
Tadqiqot hududidagi asosiy tuproq tekstura turlari

№	Tuproq tipi	Tavsif	Rang (xaritada)
1	Silt (Loyi)	Juda mayin, suvni yaxshi ushlab turadi	Sariq
2	Sandy Clay Loam (Qumli gilli)	Suv va havo o'tkazuvchanligi o'rtacha	Jigarrang
3	Silty Clay Loam (Loyli gilli)	Yopishqoq, drenaji sust	Yashil



1-rasm. Tuproq teksturasi xaritasi (USDA bo'yicha)

USDA (United States Department of Agriculture) tizimiga ko'ra tuproq teksturasi tuproq tarkibidagi uch asosiy fraksiya — qum (sand), chang (silt) va loy (clay) zarrachalarining foiz nisbatiga qarab aniqlanadi. Ushbu nisbatlar maxsus USDA tekstura uchburchagi yordamida baholanadi va natijada tuproqlar quyidagi asosiy tekstura sinflariga ajratiladi: qumli (sand), qumloq (loamy sand, sandy loam), o'rtacha aralash (loam), changli (silt, silt loam), loyli (clay, silty clay, sandy clay) hamda ularning oraliq turlari (clay loam, sandy clay loam va boshqalar). Qumli tuproqlar suvni tez o'tkazadi va oziqa moddalari kam ushlanadi, loyli tuproqlar esa aksincha, suvni yaxshi ushlab turadi, lekin havo almashinuvi sust bo'ladi, o'rtacha (loam) tuproqlar esa qishloq xo'jaligi uchun eng qulay hisoblanadi.



2-rasm. Tuproq sho'rlanishi xaritasi (NDSI)

Tuproq teksturasini aniqlash jarayonida har bir piksel bo'yicha sand, silt va clay qiymatlari tahlil qilinib, USDA klassifikatsiya qoidalariga mos ravishda tekstura sinflari ajratildi. Klassifikatsiya asosan qoidaviy (rule-based) yondashuv orqali amalga oshirildi, ya'ni ma'lum foiz oraliqlariga mos keluvchi shartlar belgilandi va raster calculator yordamida har bir piksel tegishli tekstura turiga birlashtirildi. Natijada tuproqlar qumli (sandy), qumloq (loamy), loyli (clayey) hamda ularning oraliq turlari kabi sinflarga ajratildi. Hosil bo'lgan natijaviy raster qatlam GIS dasturlarida (QGIS) qayta ishlanib, vizualizatsiya qilindi, bunda har bir tekstura turi alohida ranglar bilan ifodalanib, xaritaning o'qilishini yaxshilash maqsadida mos rang sxemasi tanlandi. Yakuniy bosqichda xaritaga kartografik elementlar, jumladan legenda, masshtab, koordinata to'ri va sarlavha qo'shildi.

Olingan natijalar asosida tadqiqot hududida tuproq teksturasining fazoviy taqsimlanishi tahlil qilinib, turli landshaft zonalari va yer foydalanish shakllari bilan bog'liq farqlar aniqlashtirildi. Ushbu metodologiya USDA standartlariga asoslanganligi sababli tuproqning mexanik tarkibini ishonchli va solishtiriladigan tarzda baholash imkonini beradi hamda qishloq xo'jaligini rejalashtirish, yer resurslarini boshqarish va ekologik monitoring jarayonlarida samarali qo'llanilishi mumkin.

Mazkur tadqiqotda tuproq sho'rlanish darajasini aniqlash va baholash maqsadida Sentinel-2 sun'iy yo'ldosh tasvirlari asosida Normalized Difference Salinity Index (NDSI) hisoblandi. Tadqiqot uchun Google Earth Engine platformasidan olingan Sentinel-2 tasvirlari tanlanib, ular dastlab bulutlardan tozalandi (cloud masking), atmosferik tuzatishdan o'tkazildi hamda tadqiqot hududi



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIK KARANTINI

chegarasiga mos ravishda kesildi. Tahlilda asosan yuqori fazoviy aniqlikka ega bo'lgan 10 metrli spektral kanallar ishlatildi.

Tuproq sho'rlanishini aniqlashda NDSI indeksi quyidagi spektral nisbat asosida hisoblandi: qisqa to'lqinli infraqizil (SWIR) va yaqin infraqizil (NIR) kanallar o'rtasidagi farq va yig'indi orqali har bir piksel uchun indeks qiymatlari olindi. Ushbu indeks tuproq yuzasida tuzlarning to'planishi natijasida yuzaga keladigan spektral o'zgarishlarga sezgir bo'lib, sho'rlangan hududlarni aniqlash imkonini beradi. NDSI qiymatlari odatda -1 dan +1 gacha oraliqda bo'lib, yuqori musbat qiymatlar kuchli sho'rlanishni, past yoki manfiy qiymatlar esa sho'rlanmagan yoki kam sho'rlangan hududlarni ifodalaydi.

Tuproq sho'rlanishini baholashda ishlatiladigan NDSI (Normalized Difference Salinity Index) formulasi quyidagicha ifodalanadi:

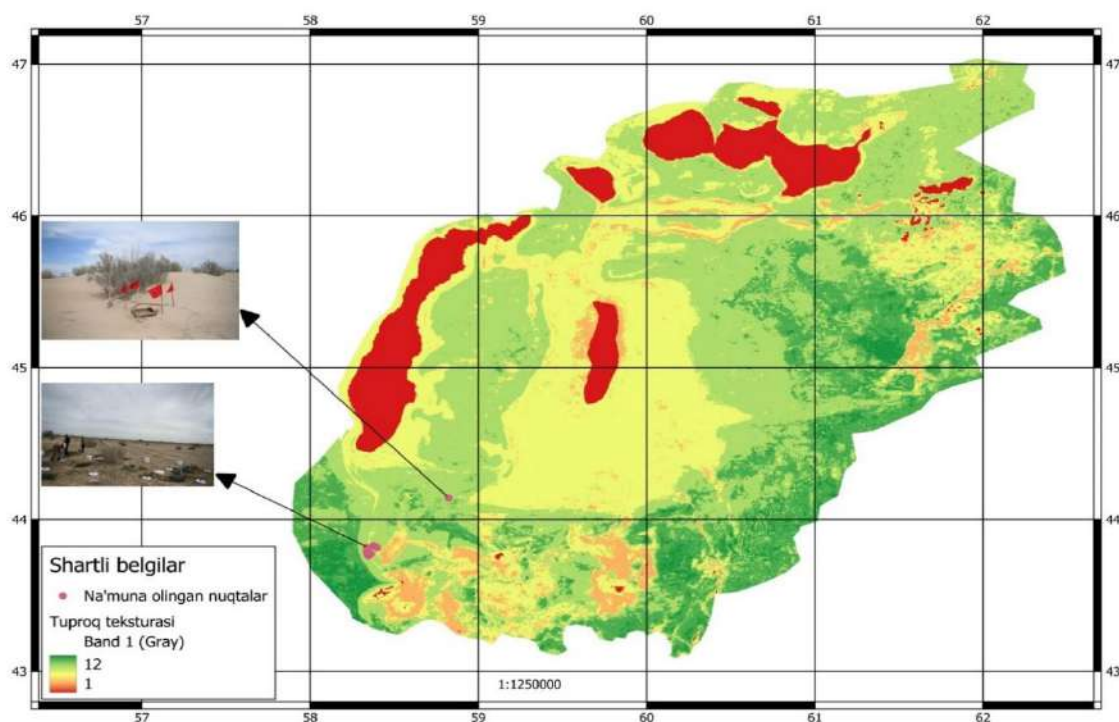
$$NDSI = \frac{R - SWIR}{R + SWIR}$$

Bu yerda:

SWIR — qisqa to'lqinli infraqizil diapazon (Sentinel-2 da odatda B11 yoki B12)

NIR — yaqin infraqizil diapazon (Sentinel-2 da B8)

Ushbu indeks tuproq yuzasidagi tuzlarning spektral aks ettirish xususiyatlariga asoslanadi: sho'rlangan hududlarda SWIR aks ettirish yuqori, NIR esa nisbatan past bo'ladi. Natijada NDSI qiymati oshadi va bu sho'rlanish darajasining ortganini ko'rsatadi.



3-rasm. Vegetatsiya holati xaritasi (NDVI)

1. Silt (Loyi) [Sariq]
2. Sandy Clay Loam (Qumli gilli tuproq) [jigarrang]
3. Silty Clay Loam (Loyli gilli tuproq) [yashil]



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLER KARANTINI

Hisoblangan NDSI raster qatlam GIS muhitiga eksport qilinib, qiymatlar asosida klassifikatsiya qilindi. Klassifikatsiya jarayonida chegaraviy (threshold) yondashuv qo'llanilib, hudud sho'rlanish darajasiga ko'ra bir necha toifalarga ajratildi: past sho'rlangan, o'rtacha sho'rlangan va kuchli sho'rlangan tuproqlar. Natijaviy xaritada ranglar gradatsiyasi orqali sho'rlanish darajasi vizual ifodalandi, bunda och yashil ranglar sho'rlanish darajasi past hududlarni, sariq va to'q ranglar esa sho'rlanish darajasi yuqori bo'lgan maydonlarni ko'rsatadi.

Olingan natijalar asosida hududda tuproq sho'rlanishining fazoviy taqsimlanishi tahlil qilindi, ayniqsa pastqam relyefli joylar, suv to'planadigan hududlar hamda sug'oriladigan maydonlarda sho'rlanish darajasi yuqoriroq ekanligi aniqlandi. Ushbu metodologiya masofadan zondlash ma'lumotlari yordamida tezkor va samarali tarzda tuproq sho'rlanishini baholash imkonini berib, meliorativ holatni monitoring qilish va qishloq xo'jaligi yerlaridan oqilona foydalanishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Bu xarita uchun ishlatiladigan NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) formulasi quyidagicha:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

Bu yerda:

NIR — yaqin infraqizil diapazon (Sentinel-2 da **B8**)

RED — qizil diapazon (Sentinel-2 da **B4**)

NDVI vegetatsiya holatini baholash uchun ishlatiladi: qiymatlar -1 dan +1 gacha bo'ladi, yuqori musbat qiymatlar (0.5–1) zich va sog'lom o'simliklarni, o'rtacha qiymatlar siyrak vegetatsiyani, past yoki manfiy qiymatlar esa yalang'och yer, suv yoki sho'rlangan hududlarni ko'rsatadi.

Mazkur tadqiqotda hududning relyef xususiyatlarini aniqlash va baholash maqsadida SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) ma'lumotlari asosida raqamli balandlik modeli (DEM) yaratildi. Tadqiqot uchun 30 metr fazoviy aniqlikka ega bo'lgan SRTM ma'lumotlari tanlanib, ular Google Earth Engine platformasidan yuklab olindi va dastlabki qayta ishlash bosqichidan o'tkazildi. Ushbu bosqichda ma'lumotlar tadqiqot hududi chegarasiga mos ravishda kesildi

(clip), kerakli proyeksiyaga keltirildi hamda relyef yuzasidagi noaniqliklarni kamaytirish maqsadida silliqlash (smoothing) amallari bajarildi.

DEM ma'lumotlari asosida hududning balandlik qiymatlari har bir piksel kesimida tahlil qilindi va natijalar GIS muhitiga eksport qilindi. Olingan balandlik qiymatlari asosida klassifikatsiya jarayoni amalga oshirilib, hudud relyefi pasttekislik, o'rtacha balandlik va baland hududlar kabi toifalarga ajratildi. Klassifikatsiya jarayonida raster qiymatlar ma'lum diapazonlar bo'yicha guruhlanib, har bir balandlik zonasi alohida rang bilan ifodalandi. Vizualizatsiya bosqichida past balandliklar yashil ranglarda, o'rtacha balandliklar sariq va och jigarrang ranglarda, yuqori balandliklar esa qizil ranglarda tasvirlandi, bu esa relyefning fazoviy farqlarini aniq ko'rsatishga imkon berdi.



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLER KARANTINI

Olingan DEM xaritasi asosida hududning geomorfologik tuzilishi tahlil qilinib, pastqam hududlar, balandliklar va ularning o'zaro joylashuvi aniqlashtirildi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, hududning markaziy va pastki qismlarida pasttekisliklar ustunlik qiladi, chekka hududlarda esa nisbatan balandroq relyef shakllari kuzatiladi. Ushbu metodologiya relyefni tezkor va aniq baholash imkonini berib, gidrologik tahlillar, tuproq sho'rlanishi, vegetatsiya holati va qishloq xo'jaligi rejalashtirish jarayonlarida muhim ahamiyat kasb etadi.

XULOSA VA TAVSIYALAR

Masofadan zondlash va GIS texnologiyalari tuproq va vegetatsiyani tezkor baholash imkonini beradi. Natijalar Orolbo'yi hududida tuproq degradatsiyasini monitoring qilish uchun asos bo'la oladi.

Tavsiyalar: Yillik monitoring tizimini joriy etish, mahalliy tuproq tahlillari bilan SoilGrids ma'lumotlarini kalibrlash, qaror qabul qilishda GIS asosidagi xaritalardan foydalanish.

ADABIYOTLAR

1. Hengl T. et al. (2017). SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. PLoS ONE, 12(2): e0169748.
2. Soil Science Division Staff. (2017). Soil Survey Manual. USDA Handbook No. 18.
3. Metternicht G.I., Zinck J.A. (2003). Remote sensing of soil salinity... Remote Sensing of Environment, 85(1): 1-20.
4. Drusch M. et al. (2012). Sentinel-2. Remote Sensing of Environment, 120: 25-36.
5. FAO, IIASA va boshq. (2012). Harmonized World Soil Database (version 1.2).
6. Gorelick N. et al. (2017). Google Earth Engine. Remote Sensing of Environment, 202: 18-27.
7. Qadir M. et al. (2014). Economics of salt-induced land degradation. Natural Resources Forum.
8. Shadramova K.I., Namozov X.Q. Lalmikor tuproqlar bonitirovkasi, ularni iqtisodiy va qiymat bahosi. T., 2003.