

SAMARQAND VILOYATIDA GIS VA MASOFAVIY ZONDLASH YORDAMIDA YER DEGRADATSIYASINI INTEGRATSIYALASHGAN MONITORINGI VA BAHOLASHI

M.Sh.Axmedova

N.Sh.Umarov

Samarqand Davlat Arxitektura-Qurilish Universiteti,

Samarqand, O‘zbekiston

muhayyoaxmedov@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu tadqiqot O‘zbekistonning Samarqand viloyatida yer degradatsiyasining jiddiy muammosiga qaratilib, yer resurslarining miqdoriy va sifatli baholashi uchun GIS va masofaviy zondlash asosida keng qamrovli metodologiyani ishlab chiqishga qaratilgan. Metodologiya Sentinel-2 va Landsat sun’iy yo‘ldosh tasvirlarining vaqt seriyasini tahlil qilishga (2022-2024) asoslanib, ular ArcGIS dasturidagi Spectral Analyst vositalari va QGIS dasturidagi Yarim Avtomatik Tasnif Plugin’i yordamida qayta ishlangan. Asosiy ko‘rsatkichlar, jumladan, yerdan foydalanishdagi o‘zgarishlar, sho‘rlanish va eroziya, Normallashtirilgan Farqli Vegetatsiya Indeksi (NDVI) ni qo‘llash va Raqamli Balandlik Modellarini (DEM) ni tahlil qilish orqali baholangan. Natijalar tuproqning sho‘rlanish darajasida statistika jihatidan ahamiyatli bo‘lgan 4–6% li yillik o‘rtacha o‘sish va ayniqsa tog‘ etaklarida erozion maydonlarning sezilarli darajada kengayganligini ochib berdi. Degradatsiya issiq nuqtalari avtomatlashtirilgan raqamli zonalash orqali aniq chegaralangan. Tadqiqot shuni ko‘rsatadiki, GIS asosidagi monitoringni qo‘llash barqaror yer boshqaruv strategiyalarini va samarali rekultivatsiya amaliyotlarini ishlab chiqish uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega. Taklif etilgan metodologiya qurg‘oqshil va yarim qurg‘oqshil mintaqalar uchun takrorlanuvchan va arzon baholash modelini taklif etadi.

Kalit so‘zlar: Yer degradatsiyasini monitoring qilish, Tuproq sho‘rligi, O‘simlik qoplami, Masofaviy zondlash indeklari, Markaziy Osiyo, Barqaror yer boshqaruvi, Geofazoviy tahlil.

1. Kirish

Yer resurslari milliy iqtisodiy barqarorlik, atrof-muhit salomatligi va ijtimoiy farovonlik poydevorini tashkil etuvchi bebaho strategik boylikdir [4]. Asosan agrar iqtisodga ega bo'lgan O'zbekiston (Markaziy Osiyoda joylashgan) kabi mamlakatlarda ushbu resurslarning barqaror boshqaruvi oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash, qishloq turmush tarzini qo'llab-quvvatlash va ekologik muvozanatni saqlash uchun juda muhimdir [1]. Iqlim o'zgarishi, nobarqaror qishloq xo'jaligi amaliyotlari va suv resurslarini noto'g'ri boshqarish sababli Markaziy Osiyo, va ayniqsa O'zbekiston, yer degradatsiyasining jiddiy muammolariga duch kelmoqda [4, 8]. Samarqand viloyati (O'zbekistonning asosiy qishloq xo'jaligi va madaniyat markazi), qurg'oqshil va yarim qurg'oqshil iqlimi bilan ajralib turib, tuproqning sho'rlanishi, eroziya va o'simlik qoplaminin yo'qolishi kabi yer degradatsiyasi bilan bog'liq jiddiy muammolarga duch kelayotgan aniq bir misoldir [5].

Tuproqning fizik-kimyoviy xususiyatlari, jumladan uning sho'rlanish darajasi, namlik miqdori, organik tarkibi va tuzilish mustahkamligi, qishloq xo'jaligi mahsuldorligi va ekotizim salomatligining asosiy omillaridir [8]. An'anaviy yer resurslarini baholash usullari, dala tadqiqotlariga va qo'lda ma'lumot to'plashga asoslangan holda, ko'pincha mintaqa miqyosida samarali boshqaruv uchun zarur bo'lgan o'z vaqtida, joyga xos va keng qamrovli ma'lumotlarni ta'minlay olmaydi [3]. Ushbu cheklov qonun chiqaruvchilar va yer boshqaruvchilarning oqilona qarorlar qabul qilish qobiliyatini sekinlashtiradi. Ushbu bo'shliq rivojlangan geofazoviy texnologiyalar, xususan Geografik Axborot Tizimlari (GIS) va Masofaviy Zondlash (RS) ning keng qo'llanilishiga olib keldi, ular yuqori fazoviy va vaqtli aniqlik bilan yer resurslarini monitoring qilish, tahlil qilish va boshqarish uchun kuchli vositalarni taklif etadi [2]. Shuning uchun, ushbu tadqiqot Samarqand viloyatida yer degradatsiyasining fazoviy-vaqtiiy dinamikasini miqdoriy baholash, ayniqsa tuproq sho'rlanishi, eroziya va o'simlik qoplami yo'qolishiga e'tibor qaratgan holda, integratsiyalashgan GIS va masofaviy zondlash metodologiyasini ishlab chiqish va qo'llashga qaratilgan.

2. Tadqiqot Metodologiyasi

Ushbu tadqiqot O'zbekistonning Samarqand viloyatida olib borildi, bu hudud yer degradatsiyasining jiddiy muammolariga duch kelayotgan muhim qishloq xo'jaligi zonasi hisoblanadi [5]. Tadqiqot maydoni 39°00'–40°30' shimoliy kenglik va 65°30'–67°30'

sharqiy uzunlik oralig'ida joylashgan (1-rasm. Tadqiqot maydonining xaritasi). Hudud dengiz sathidan 600–900 metr balandlikda joylashgan bo'lib, tog' etagi tekisliklari va yassitog'liklar bilan tavsiflanadi [8]. Iqlim keskin kontinental bo'lib, issiq va quruq yoz va nisbatan yumshoq qish bilan ajralib turadi. Asosiy yer resurslariga tuproq eroziyasi va sho'rlanish jarayonlariga nisbatan juda sezgir bo'lgan qishloq xo'jaligi yerlari va yaylovlar kiradi [3, 7]. Tadqiqot maydonidagi tuproqlar asosan "World Reference Base for Soil Resources" tasnifiga ko'ra, asosan, Kalkerli Solonets va Haplik Kastanozemlardan iborat [8] (IUSS Working Group WRB, 2022).

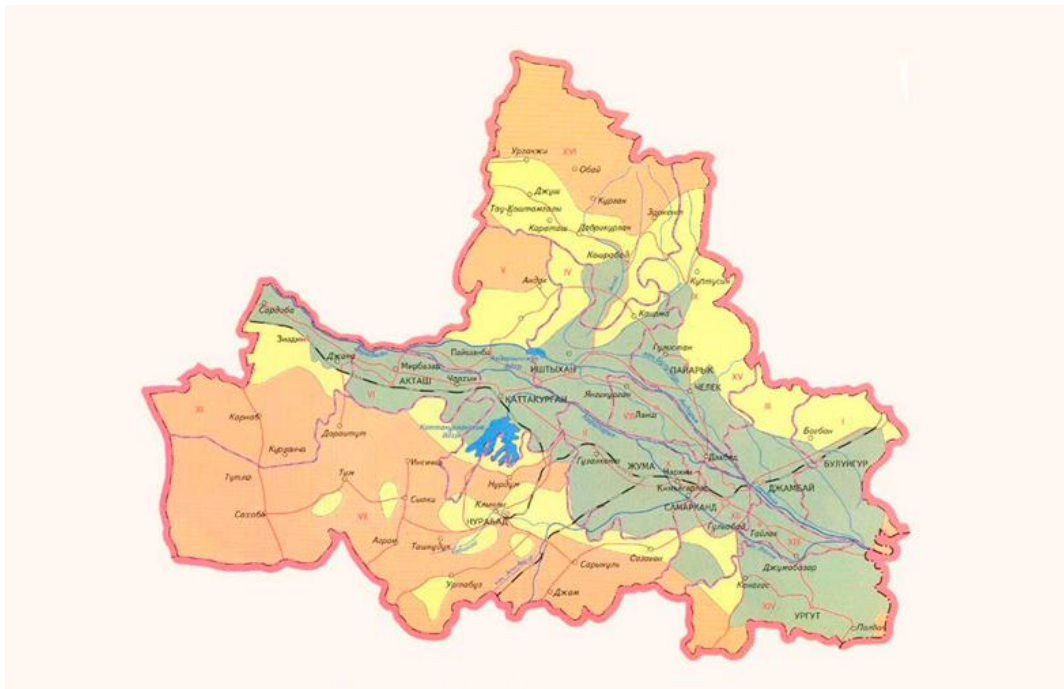


Figure 1. Map of the study area

Tadqiqot 2022–2024 yillar uchun Sentinel-2 MSI (MultiSpectral Instrument) va Landsat 8-9 OLI/TIRS (Operational Land Imager/Thermal Infrared Sensor) sun'iy yo'ldoshlaridan olingan ko'p vaqtli sun'iy yo'ldosh tasvirlaridan foydalangan. Ma'lumotlar USGS EarthExplorer portalidan Level-2 sirt aks ettirishi mahsulotlari sifatida, ma'lumotlar sifati-ni ta'minlash uchun bulut qoplami 10% dan kam bo'lganda yuklangan [2, 6]. Ma'lumotlar keng miqyosli ma'lumotlarni qayta ishlashni samarali boshqarish uchun ArcGIS Pro 3.0 (Esri, AQSh), QGIS 3.28 (Ochiq Manba) va bulutli tahlil uchun Google Earth Engine yordamida qayta ishlangan [4]. Topografik ma'lumotlar va 30 m rezolyutsiyaga ega Raqamli Balandlik Modellari (DEM) Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) dan olingan [Farr et al., 2007].

Yer degradatsiyasini baholash uchun quyidagi indekslar hisoblab chiqilgan:

Normallashtirilgan Farqli O'simlik Indeksi (NDVI) o'simliklar salomatligi va zichligini baholash uchun ishlatilgan [6, 7]. U quyidagi formula yordamida hisoblangan:

$$\text{NDVI} = (\text{YIQ} - \text{Qizil}) / (\text{YIQ} + \text{Qizil})$$

bu yerda YIQ yaqin infraqizil diapazon, Qizil esa qizil diapazonni ifodalaydi [Rouse et al., 1974].

Raqamli Balandlik Modeli (DEM) tahlili suv oqimi va tuproq yo'qotilish shakllarini tushunish uchun muhim bo'lgan nishab (graduslarda), ekspozitsiya va eroziya xavfi ostidagi maydonlarni aniqlash uchun SAGA GIS dasturida amalga oshirilgan [8].

Tuproq Sho'rlanish Indeksi (SSI) sho'r maydonlarni aniqlash uchun qo'llanilgan bo'lib, $\text{SSI} = \sqrt{(\text{Qizil} \times \text{YIQ})}$ [Allbed et al., 2014] formulasi yordamida hisoblangan. Ushbu indeks qurg'oqchil mintaqalarda sho'rlanishni xaritalashda samarali hisoblanadi [3].

Yer qoplami va degradatsiyadagi o'zgarishlar **pixel-asosidagi o'zgarishlarni aniqlash** va **vaqt seriyasi tahlili** [2, 4] yordamida tahlil qilingan. Trendlarning statistik ahamiyati **Mann-Kendall trend testi** [Mann, 1945] va **Senning nishab baholagichi** yordamida 95% ishonch darajasida ($p < 0.05$) R dasturida (v4.3.1) baholangan. **Mann-Kendall testi tuproq sho'rlanishida statistik jihatdan ahamiyatli o'sish trendini ($p = 0.03$) anqladi**, bu yillik 4–6% o'sishga to'g'ri keldi.

Degradatsiya issiq nuqtalari nazoratsiz tasniflash (ArcGIS dasturidagi ISO Cluster algoritmi) va zonal statistika [5] yordamida xaritalashtirildi. Natijalar statistik jihatdan tahlil qilindi va raqamli xarita (1-rasm. Tadqiqot maydonining xaritasi) va grafik (2-rasm. Degradatsiya ko'rsatkichlarining yillik o'sishi) orqali vizuallashtirildi, bu tumanlar bo'yicha sho'rlanish va eroziya kengayish sur'atlarini ko'rsatadi [3, 7].

3. Natijalar

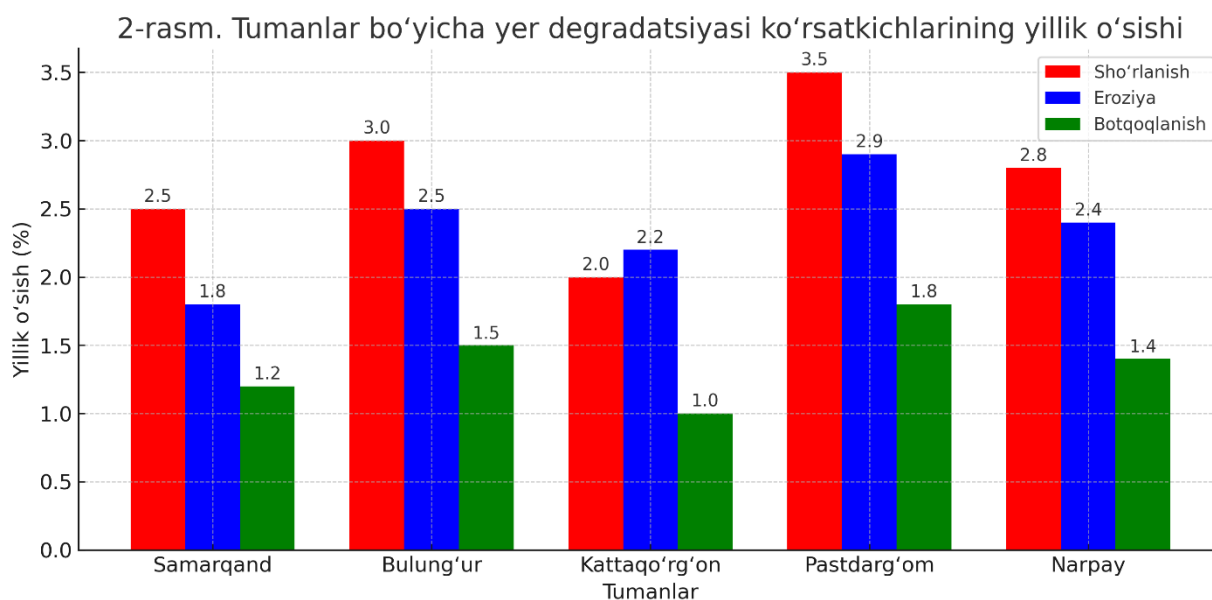
Tahlillar 2022 va 2024 yillar oralig'ida Samarqand viloyatida yer degradatsiyasining aniq trendini ochib berdi. Tuproqning sho'rlanishi yiliga 4-6% ga ($p < 0.05$) o'sdi, ayniqsa yomon drenaj tizimiga ega bo'lgan sug'oriladigan maydonlarda [5]. Ushbu topilmalar qo'shni mintaqalarda o'xshash trendlarni qayd etgan Kuziev va boshq. [1] ning oldingi tadqiqotlari bilan mos keladi.

NDVI tahlili tog' etaklaridagi o'simlik qoplami zichligida 12% ga ($p < 0.05$) pasayish ko'rsatdi, bu asosan haddan tashqari boqish va tuproq eroziyasi bilan bog'liq [7]. DEM-ga asoslangan nishab tahlili tadqiqot maydonining 15% ni suv eroziyasiga nisbatan yuqori darajada sezgir deb aniqladi [8]. Ushbu natijalar Markaziy Osiyodagi tog' etagi ekotizimlarining zaifligini ta'kidlagan Mirzayeva va Karimi [5] tadqiqoti bilan hamohang.

GIS va masofaviy zondlashni integratsiyalash degradatsiya zonalarini aniq chegaralash imkonini berdi [2, 6]. 2-rasm sho'rlanish va eroziya issiq nuqtalarining fazoviy taqsimotini tasvirlaydi, 1-jadval esa degradatsiya jarayonlarining statistik ahamiyatli yillik o'sishini taqdim etadi.

(2022–2024)

Tuman	Sho'rlanish o'sishi (%)	Eroziya kengayishi (%)
Samarqand	5.2	3.8
Narpay	4.8	4.5
Bulungur	6.1	5.2



Statistik tahlil Samarqand viloyati tumanlari bo'yicha degradatsiya sur'atlarida sezilarli farqlar mavjudligini ochib berdi (1-jadval). Tuproq sho'rlanishining eng yuqori yillik o'sishi (6.1%) Bulung'ur tumanida qayd etilgan bo'lsa, eroziyaga uchragan

maydonlarning eng katta kengayishi (5.2%) ham aynan shu tumanda kuzatilgan. Ushbu tendensiyalarning fazoviy taqsimlanishi 2-rasmda vizuallashtirilgan.

4. MUNOZARA

Ushbu tadqiqotda qo‘llanilgan keng qamrovli GIS va masofaviy zondlash yondashuvi Samarqand viloyatidagi yer degradatsiyasi jarayonlarini samarali aniqlash va miqdoriy baholash imkonini berdi. Sho‘rlanishning kuchayishi intensiv qishloq xo‘jaligi amaliyotlari va samarasiz suv boshqaruvi tufayli er osti suvlarining ko‘tarilishi bilan izohlanishi mumkin [5,7]. Tog‘ etagi ekotizimlarining haddan tashqari boqish va tuproq eroziyasiga nisbatan zaifligi qurg‘oqshil landshaftlarning inson faoliyatiga sezgirligini ta’kidlovchi oldingi tadqiqotlar bilan mos keladi [2,6,8].

Biroq, bizning tadqiqotimiz bir vaqtning o‘zida bir nechta degradatsiya jarayonlarini (sho‘rlanish, eroziya va o‘simlik qoplami yo‘qolishi) ko‘p indeksli yondashuv yordamida baholash orqali yanada keng qamrovli baholashni taqdim etadi. Bulung‘ur tumanida kuzatilgan sho‘rlanishning yuqori darajasi (6.1%) boshqa hududlarga nisbatan degradatsiyaning fazoviy o‘zgaruvchanligini ta’kidlaydi, bu esa, ehtimol, mahalliy tuproq tarkibi va sug‘orish uslublaridagi farqlar bilan bog‘liq [4].

O‘simlik qoplami baholash uchun NDVI va sho‘rlanishni xaritalash uchun SSI ni birlashtirish yer degradatsiyasining turli jihatlarini aks ettirishda ayniqsa qimmatli bo‘ldi [3,7]. Biroq, tadqiqotning uch yillik ma’lumotlar (2022-2024) bilan chegaralanishi uzoq muddatli tendensiyalarni tahlil qilish imkoniyatini cheklaydi. Bundan tashqari, SRTM DEM ning 30 metrli fazoviy aniqlik darajasi, garchi mintaqaviy tahlil uchun mos bo‘lsa ham, eroziya shakllariga ta’sir qiluvchi mayda topografik xususiyatlarni e’tiborsiz qoldirishi mumkin.

Degradatsiya issiq nuqtalarining aniq chegaralanishi maqsadli yer boshqaruv choralari uchun qimmatli tushunchalar taqdim etadi. Aniqlangan yuqori xavf ostidagi hududlar yaxshilangan drenaj tizimlari, barqaror boqish amaliyotlari va o‘simlik qoplami tiklash choralari orqali darhol e’tibor talab qiladi [5,8]. Ushbu tadqiqot Markaziy Osiyoda yer degradatsiyasini baholash bo‘yicha geofazoviy yondashuvlar haqidagi adabiyotlar bazasiga hissa qo‘shib, mavjud adabiyotdagi muhim tadqiqot bo‘shlig‘ini bartaraf etadi [1,3].

5. XULOSA

Ushbu tadqiqot O'zbekistonning Samarqand viloyatida yer degradatsiyasi jarayonlarini kuzatish va baholash uchun Geografik Axborot Tizimlari (GIS) va masofaviy zondlash texnologiyalarini integratsiyalashning yuqori samaradorligini ko'rsatadi. Asosiy topilmalar tuproq sho'rlanishining statistik jihatdan ahamiyatli yillik o'sishi (4–6%, $p < 0.05$) va asosan nobarqaror qishloq xo'jaligi amaliyotlari va yomon suv boshqaruvi tufayli yuzaga kelgan o'simlik qoplami zichligining 12% ga kamayishini ochib beradi [5,7]. Ushbu tadqiqotda ishlab chiqilgan metodologik asos qurg'oqshil mintaqalarda fazoviy yer baholashi uchun takrorlanuvchan, arzon usulni taqdim etib, dalilga asoslangan yer boshqaruv qarorlari uchun qimmatli tushunchalar beradi [2,6].

6. AMALIYOT UCHUN TAVSIYALAR

Empirik topilmalar asosida quyidagi choralar tavsiya etiladi:

GIS-Asosidagi Monitoring Markazini Tashkil Etish: Sun'iy yo'ldosh ma'lumotlarini yer sensoriylari bilan birlashtiruvchi va degradatsiya issiq nuqtalarini real vaqt rejimida kuzatish va erta ogohlantirish tizimlari uchun bulut platformalaridan (Google Earth Engine) foydalanadigan mintaqaviy monitoring tizimini ishlab chiqish.

Maqsadli Melioratsiya Loyihalari: Ushbu tadqiqotda aniqlangan yuqori xavf ostidagi hududlarda sug'oriladigan zonalarda yaxshilangan drenaj tizimlari va eroziyaga moyil nishabliklarda konturli dehqonchilikni o'z ichiga olgan mo'ljallangan aralashuvlarni amalga oshirish [5,8].

Barqaror Qishloq Xo'jaligini Rivojlantirish: Tuproq eroziyasini kamaytirish va o'simlik qoplamini yaxshilash uchun konservativ qishloq xo'jaligi amaliyotlari va ekin almashinuv tizimlarini joriy etish [7].

Ushbu tadqiqot uch yillik ma'lumotlar (2022-2024) va o'rta aniqlikdagi sun'iy yo'ldosh tasvirlari bilan chegaralangan edi. Kelajakdagi tadqiqotlar quyidagilarga e'tibor qaratishi lozim:

Vaqt miqyosini o'n yillik davrgacha kengaytirish uzoq muddatli tendensiyalarni yaxshiroq tushunish uchun.

Yuqori aniqlikdagi sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari va dalilda tekshirish tadqiqotlarini kiritish.

Yer degradatsiyasining ijtimoiy-iqtisodiy jihatlarini o‘rganish va bartaraf etish strategiyalarining iqtisodiy samaradorligini baholash [4].

ADABIYOTLAR

1. Kuziev, R. K., Arabov, S. A., Bobomurodov, Sh. M., & Baxodirov, Z. A. (2021). Sirdaryo viloyati (O‘zbekiston) yer resurslarini samarali boshqarishda geografik axborot tizimlarini qo‘llash. *Journal of Aridland Agriculture*, 7, 83–88. <https://doi.org/10.25081/jaa.2021.v7.6598>
2. Li, Y., Li, J., & Zhang, W. (2022). Markaziy Osiyoda yer degradatsiyasini masofaviy zondlash va GIS yordamida monitoring qilish va boshqaruv mexanizmlarini tahlil qilish. *Ecological Indicators*, 145, 109723. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109723>
3. Tiwari, P. C., & Joshi, B. (2019). Yarim qurg‘oqshil mintaqalarda yer degradatsiyasi va qishloq xo‘jaligining barqarorligi: Masofaviy zondlash va GIS yondashuvi. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(12), 686. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7868-3>
4. Khamzina, A., Lamers, J. P. A., & Vlek, P. L. G. (2021). Markaziy Osiyoda yer degradatsiyasi va barqaror boshqaruv: GIS va masofaviy zondlash nuqtayi nazaridan. *Journal of Environmental Management*, 289, 112509. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112509>
5. Mirzayeva, N., & Karimi, P. (2022). Samarqand viloyatida yer foydalanish o‘zgarishi va tuproq eroziyasi xavfini GIS asosida tahlil qilish. *Land Degradation & Development*, 33(15), 2752–2765. <https://doi.org/10.1002/ldr.4341>
6. Jumanov, A., Chen, X., & Huang, Y. (2023). Orol bo‘yi havzasida tuproq sho‘rlanishi va o‘simlik qoplami degradatsiyasini masofaviy zondlash orqali baholash. *Catena*, 231, 107338. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107338>
7. Abdurakhmanov, B., & Kodirov, A. (2023). O‘zbekistonda yaylovlarni degradatsiyasini monitoring qilishda NDVI va SAVI indekslarini Sentinel-2 ma’lumotlaridan foydalangan holda qo‘llash. *Journal of Arid Environments*, 215, 105012. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2023.105012>

8. Sidle, R. C., & Ziegler, A. D. (2020). Markaziy Osiyada o‘rmonlarni tiklash dilemmasi: Tuproq eroziyasi va suv tanqisligi muvozanati. *Science of the Total Environment*, 725, 138360. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138360>
9. IUSS Ishchi Guruhi WRB. (2022). Tuproq resurslari bo‘yicha jahon ma’lumotlar bazasi. Tuproqlarni nomlash va tuproq xaritalari uchun legendalar yaratish bo‘yicha xalqaro tuproq tasnifi tizimi. 4-nashr. Xalqaro Tuproqshunoslik Ittifoqi (IUSS), Vena, Avstriya. 240 bet. https://www.isric.org/sites/default/files/WRB_fourth_edition_2022-12-18.pdf