

**TUPROQ EROZIYA JARAYONLARINI GEOGRAFIK AXBOROT
TEXNOLOGIYALARI (GAT) ASOSIDA MONITORING QILISH**

Termiz Davlat muhandislik va agrotexnologiyalar Universiteti

Nazarova Gulnoza Shukur qizi, Jo'rayeva Farida Xushvaqt qizi 1-kurs magistrantlari.

nazarovagulnoza54@gmail.com, faridajorayeva362@gmail.com;

<https://orcid.org/0009-0002-4410-9617>



Annotatsiya: Ushbu maqolada tuproq eroziya jarayonlari geografik axborot texnologiyalari (GAT) asosida monitoring qilish imkoniyatlari tahlil qilindi. Masofaviy zondlash ma'lumotlari, raqamli relyef modellari va fazoviy tahlil asosida eroziya xavfni aniqlash, monitoring qilish va bashoratlashning zamonaviy yondoshuvlari ko'rib chiqildi.

Kalit so'zlar: GAT, DEM, masofadan zondlash, sun'iy intellekt, eroziya, fazoviy tahlil, monitoring.

Аннотация: В данной статье анализируются возможности мониторинга процессов эрозии почвы на основе географических информационных технологий (ГИС). Рассматриваются современные подходы к выявлению, мониторингу и прогнозированию риска эрозии на основе данных дистанционного зондирования, цифровых моделей рельефа и пространственного анализа.

Ключевые слова: ГИС, ДЕМ, дистанционное зондирование, искусственный интеллект, эрозия, пространственный анализ, мониторинг.

Abstract: This article analyzes the possibilities of monitoring soil erosion processes based on geographic information technologies (GIS). Modern approaches to identifying, monitoring and predicting erosion risk based on remote sensing data, digital terrain models and spatial analysis are considered.

Keywords: GIS, DEM, remote sensing, artificial intelligence, erosion, spatial analysis, monitoring.

Tuproq iqtisodiy, ijtimoiy va ekologik rollarni bajargani uchun muhim tabiiy resursdir. 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[1.2b]. Tuproq eroziyasi tuproq degradatsiyasining asosiy sabablaridan biridir. Tuproq eroziyasi iqlim, topografiya, tuproq

xususiyatlari, o'simliklar, geologiya va inson faoliyati ta'sirida yuzaga keladigan juda murakkab jarayondir[3.4b]. Tuproq eroziyasi hodisasini aniqlash, tahlil qilish va talqin qilishning an'anaviy usullarining kamchiliklarini hisobga olgan holda, ushbu vazifalarga erishish uchun yangi, tezkor, aniq, ekologik toza va buzilmas yondashuvlarga ehtiyoj mavjud. So'nggi yillarda tuproq unumdorligini saqlash va tiklashda GAT texnologiyalaridan foydalanish katta e'tiborga sazovor bo'ldi[3.3b]. Masofaviy zondlash (MZ), geografik axborot tizimlari (GAT) va sun'iy intellekt (AI) kabi yangi texnologiyalari tuproq eroziyasini aniqlash, monitoring qilish va bashorat qilishda keng qo'llanilmoqda[4.5b]. Ushbu integratsiya eroziya jarayonlarini yanada aniq va samarali tahlil qilish imkonini beradi. Bundan tashqari, sun'iy yo'ldosh platformalari (masalan, optik, radar va LiDAR), uchuvchisiz uchish apparatlari (UAV) va samolyotda olingan tasvirlar kabi bir nechta turdagi masofaviy sensorlar yer yuzasi va uning yerdan foydalanish va yer qoplami (LULC), topografiya, tuproq, o'simlik va boshqalar kabi hodisalari uchun fazoviy va spektral ma'lumotlarni taqdim etadi. Bundan tashqari, turli spektral diapazonlarda (masalan, ko'rinadigan "vis"; yaqin infraqizil "NIR"; qisqa to'lqinli infraqizil "SWIR"; o'rta infraqizil "MIR" va boshqalar) dala va laboratoriya spektral asboblari (masalan, analitik spektral qurilma "ASD", Fyurje konvertatsiya infraqizil "FTIR" va boshqalar) kabi yerga asoslangan sensorlar tuproq unumdorligi va mineralogik baholash uchun tuproq tadqiqotlarida tez-tez qo'llaniladi[5.12b].

Ruandada olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki RUSLE modeli GIS va masofaviy zondlash ma'lumotlari bilan integratsiya qilinib har yili 745 ming gektardan ortiq qishloq xo'jaligi yerlarida unumdor tuproq qatlamining yo'qolishi aniqlangan. Turkiyaning Kartalkaya to'g'oni suv havzasida CORINE modeli asosida eroziya xavfi baholangan. Yerdan foydalanish va o'simlik qoplami ma'lumotlarini aniqlash uchun ASTER sun'iy yo'ldosh tasvirlari asosida tasniflash amalga oshirilgan. Topografik ma'lumotlar raqamli balandlik modeli (DEM) orqali olinib, qiyalik xaritalari yaratilgan. Tadqiqot maydonining 33,82% qismi past, 35,44% o'rtacha va 30,74% yuqori eroziya xavfi ostida ekanligi aniqlangan. Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, RS va GIS texnologiyalarini CORINE modeli bilan integratsiya qilish eroziya xavfini baholashda samarali yondashuv hisoblanadi[6.8b]. Ruminiyada joylashgan qishloq xo'jaligi hududlarida olib borilgan tadqiqotda tuproq eroziyasi jarayonlari GAT texnologiyalari va USLE modeli yordamida baholangan. GAT dasturlari yordamida tahlil natijalarini, kengroq ma'lumotlarni olish imkonini beradi[7]. Iordaniyaning shimoliy qismidagi qishloq xo'jaligi hududlarida olib borilgan tadqiqotda GIS asosidagi RUSLE modeli yordamida 1992 va 2009 yillardagi tuproq eroziyasi baholandi, ushbu tadqiqotda butun jarayonda ArcGIS 9.2 versiyasidan foydalanildi, chunki u RUSLE modeli yordamida tuproq eroziyasini baholash uchun zarur bo'lgan barcha funktsiyalarni taqdim etadi. 1992 va 2009 yillar oralig'ida eroziya xavfi sinflari uchun LULC sinflari maydonining nisbatidagi farqlar taqqoslandi. Har bir eroziya xavfi xaritasidagi LULC sinflari maydonini tahlil qilish uchun zonal statistika C koeffitsienti NDVI dan olinib, o'rtacha eroziya yo'qotilishi 9,53 va 8,97 t/ga/yil deb aniqlandi [8].

Masofaviy zondlash ma'lumotlarining ko'p fazoviy va vaqtinchalik aniqligi va yer qoplami, yog'ingarchilik intensivligi va topografik parametrlar kabi asosiy eroziya omillarini ajratib olishdagi afzalliklari uni tuproq eroziyasi monitoringining ajralmas qismiga aylantiradi. Ko'plab kuzatuv sun'iy yo'ldoshlari yer atrofida aylanib, mintaqaviy cheklovlersiz uzoq vaqt ketma-ket tasvirlarni taqdim etadi va ma'lumotlarni qayta ishlash nisbatan soddaroq. Shuning uchun, sun'iy yo'ldosh masofaviy zondlash ma'lumotlari hozirda tuproq eroziyasi tadqiqotlarida eng keng qo'llaniladigan ma'lumotlar

hisoblanadi va quyidagi jadvalda turli fazoviy miqyoslarda tuproq eroziyasi tadqiqotlarida keng tarqalgan masofaviy zondlash ma'lumotlar manbalari qisqacha bayon etilgan (1-jadval)[9.3b].

Ma'lumotlar turlari	Sun'iy yo'ldosh	Sensor	Fazoviy ruxsat (m)	Vaqtinchalik ruxsat (kun)	Spektal Domenlar ishtirok etgan	Sotib olish usullari
Past fazoviy aniqlik	NOAA	AVHRR	1100	6	VNIR, SWIR, TIR	Bepul foydalanish mumkin
O'rta fazoviy aniqlik	Landsat	MSS	80	18	VNIR	Bepul foydalanish mumkin
		TM	30/120	16	VNIR, SWIR, TIR	
		ETM+	15/30/60	16	VNIR, SWIR, TIR	
		OLI TIRS	15/30/100	16	VNIR, SWIR, TIR	
Yuqori fazoviy aniqlik	NOQTA	HRV	10/20	26	VNIR	Cheklangan kirish
		HRVIR	10/20	26	SWIR, SWIR	
	Sentinel-2A	MSI	20/10/60	5	VNIR, SWIR	Bepul foydalanish mumkin
	IKONOS	Panxromatik Ko'p spektral	0.82/3.2	3	VNIR	Tijorat xizmati
	QuickBird	Panxromatik Ko'p spektral	0.61/2.44	1-6	VNIR	Tijorat xizmati
	Worldview-2	Panxromatik Ko'p spektral	0.46/1.85	1.1/3.7	VNIR	Tijorat xizmati
	ZY-1-02C	PMS, HR	2.36/5/10	3-5	VNIR	Tijorat xizmati
	CBERS	vCCD, HR, WFI	2.36/20/258	3	VNIR	Tijorat xizmati
Radar data	Sentinel-1	PAN, IRSMUX, WFI	5/10/20/40/73/80	3/26	VNIR, SWIR, TIR	Cheklangan kirish
		C-SAR	5-40	12	C-tasmasi	Ochiq kirish

Mazkur jadval masofadan zondlash tizimlarining fazoviy aniqligi, vaqtinchalik ruxsati va spektral imkoniyatlari asosida ularning qo'llanish sohasini baholash imkonini beradi. Fazoviy aniqlik nuqtai nazaridan tizimlar uch guruhga ajratiladi: past, o'rta va yuqori aniqlik. Past fazoviy aniqlikdagi tizimlar (masalan, NOAA/AVHRR) taxminan 1.1 km (1100 m) aniqlikda ishlaydi. Ularning asosiy yutug'i katta hududlarni tez-tez (taxminan 6 kunlik intervalda) qamrab olishidir. Shu sababli ular global iqlim monitoringi va yirik hududlarni kuzatishda samarali. Biroq, kamchiligi — kichik obyektlarni aniqlay olmasligi va detallashtirish darajasining pastligidir. O'rta fazoviy aniqlikdagi tizimlar (Landsat, Sentinel-2) odatda 10–30 m (0.01–0.03 km) aniqlikda ishlaydi. Bu

tizimlar fazoviy va vaqtinchalik (5–16 kun) ruxsat o‘rtasida optimal muvozanatni ta‘minlaydi. Ularning yutuqlari — bepul va ochiq ma‘lumotlar, keng spektral diapazon (VNIR, SWIR, TIR) va turli ilmiy tadqiqotlarda keng qo‘llanishidir. Kamchiligi esa juda yuqori detallashtirish talab etilgan hollarda yetarli aniqlik bermasligida. Yuqori fazoviy aniqlikdagi tizimlar (IKONOS, QuickBird, WorldView) 0.3–2 m (0.0003–0.002 km) aniqlikda ishlaydi. Ularning asosiy yutug‘i — juda yuqori detallashtirish orqali kichik obyektlarni aniq ajratish imkoniyati. Biroq, kamchiliklari — yuqori narx (tijorat xizmatlari), qamrov hududining kichikligi va ma‘lumotlarga cheklangan kirish. Tuproq monitoringi uchun eng qulay va samarali variant — **Sentinel-2** hisoblanadi. U 10–20 m (0.01–0.02 km) aniqlikda ishlaydi, 5 kunda yangilanadi va VNIR hamda SWIR diapazonlari orqali tuproq namligi, sho‘rlanish va tarkibini tahlil qilish imkonini beradi. Eng katta yutug‘i — ma‘lumotlari bepul va muntazam. Qo‘shimcha ravishda **Landsat** (30 m \approx 0.03 km) uzoq muddatli tahlil uchun foydali, chunki katta tarixiy arxivga ega. Bulutli sharoitda esa **Sentinel-1** (radar) ishlatiladi, sababi u ob-havoga bog‘liq emas va tuproq namligini aniqlash imkoniyatiga ega.

Xulosa. Tuproq eroziyasining murakkab tabiati va uning ekologik, iqtisodiy hamda ijtimoiy oqibatlarini kamaytirishda zamonaviy texnologiyalarning ahamiyatini katta. Masofaviy zondlash (MZ), geografik axborot tizimlari (GAT) va sun‘iy intellekt texnologiyalarining integratsiyasi eroziya jarayonlarini aniqlash, monitoring qilish va prognozlashda yuqori samaradorlikni ta‘minlaydi. Sun‘iy yo‘ldosh ma‘lumotlari, UAV tasvirlari hamda yerga asoslangan sensorlar tuproq xususiyatlari, yer qoplami va topografik omillarni keng miqyosda tahlil qilish imkonini beradi. Shuningdek, sun‘iy yo‘ldosh platformalarining turli fazoviy va vaqtinchalik aniqlikdagi ma‘lumotlari tuproq monitoringi uchun muhim manba bo‘lib xizmat qiladi. Ayniqsa, Sentinel-2 va Landsat kabi ochiq ma‘lumot manbalari uzoq muddatli va keng ko‘lamli tahlillar uchun juda muhim ahamiyatga ega. Umuman olganda, zamonaviy GIS va masofaviy zondlash texnologiyalarining qo‘llanilishi tuproq eroziyasini chuqurroq tushunish, uning oldini olish va barqaror yer boshqaruvini ta‘minlashda eng samarali yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Shu sababli, kelgusida ushbu texnologiyalarni yanada rivojlantirish va integratsiyalashgan yondashuvlarni keng joriy etish dolzarb vazifa bo‘lib qoladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Samarqand viloyatida GAT va masofaviy zondlash yordamida yer degradatsiyasini integratsiyalashgan monitoringi va baholash M.Sh.Axmedova N.Sh.Umarov
2. Research on Soil Erosion Based on Remote Sensing Technology: A Review Jiaqi Wang 1,2, Jiuchun Yang, Zhi Li, Liwei Ke Agriculture 2025,
3. BIO Veb-konferensiyalar 173, 03024 (2025) GIS assessment of soil erosion in Uzbekistan's rainfed mountain lands Gulchekhra Sodikova, Tulkin Shamsiddinov.
4. Integrating Remote Sensing, GIS, and AI Technologies in Soil Erosion Studies Salman A.H. Selmy, Dmitry E. Kucher and Ali R.A. Liwei Ke Agriculture 2025,
5. Chapter Integrating Remote Sensing, GIS, and AI Technologies in Soil Erosion Studies Salman A.H. Selmy, Dmitry E. Kucher and Ali R.A. Moursy.
6. Using the Remote Sensing and GIS Technology for Erosion Risk Mapping of Kartalkaya Dam Watershed in Kahramanmaras, Turkey Alaaddin Yuksel.
7. Monitoring Soil Erosion Using Geographic Information Systems Technology IFRIM Vasile Dorinel, Town Hall Bacau.
8. Impact of land cover change on soil erosion hazard in northern Jordan using remote sensing and GIS M. Minwer Alkharabsheha, T.K. Alexandridisa, G. Bilasb



9. Research on Soil Erosion Based on Remote Sensing Technology: A Review Jiaqi Wang 1,2, Jiuchun Yang 1, Zhi Li 1,2, Liwei Ke 1 , Qingyao Li 1 , Jianwei Fan 3 and Xue Wang 1 Agriculture 2025,