

**UGOM-CHOTQOL DAVLAT MILLIY TABIAT BOG‘IDA YER QOPLAMI VA YERDAN FOYDALANISH HOLATINING O‘ZGARISHLARINI MULTISPEKTRAL KOSMIK TASVIRLAR ASOSIDA BAHOLASH**



**B.Y. Maxsudov**  
T.f.f.d. (PhD)  
Qishloq xo‘jaligi vazirligi



**M.K. Juliyev**  
T.f.f.d., (PhD) dotsent



**N.N. Teshayev**  
O‘qituvchi

“ TIQXMMI ” MTU

**Annotatsiya.** Ugom-Chotqol milliy bog‘i 1990-yilda Chotqol biosfera rezervati qayta tashkil etilishi natijasida tashkil etilgan. Janubiy Tyan-Shan tog‘ tizmasida, Chotqol tog‘ tizimida joylashgan bo‘lib, O‘zbekistondagi eng yirik qo‘riqxona hisoblanadi. Milliy bog‘ noyob ekotizimlar va yo‘qolib borayotgan hayvonlarni himoya qilish uchun yaratilgan. Ushbu tadqiqotda 2000-2020 yillar davomida milliy bog‘ning yer qoplamining va tegishli yillarda yog‘ingarchilikning O‘zgarishi xaritasi sun‘iy yo‘ldoshdan olingan suratlar asosida tuzilgan. Yer qoplamining o‘zgarishi (YQO‘) Maksimal ehtimollik tasnifi (MET) (Maximum Likelihood Classification) nazorat etiladigan tasniflash usuli yordamida hisoblab chiqilgan. Yer qoplamining o‘zgarishidan shuni aniqlash mumkinki, oxirgi yigirma yillikda o‘simliklar miqdori ko‘paygan, qor qoplami esa aksincha kamaygan. Shuningdek, Milliy bog‘ning janubida ochiq yer qoplami ortganligi aniqlandi.

**Kalit so‘zlar:** Ugom-Chotqol davlat milliy tabiat bog‘i, yerdan foydalanish, yer qoplami o‘zgarishi, masofadan zondlash, maksimal ehtimollik tasnifi, Landsat, mavzuli xarita.

**Оценка изменений земельного покрова и землепользования по мультиспектральным космическим изображениям в национальном природном парке Угам-Чаткал**

**Аннотация.** Угом-Чоткальский национальный парк был создан в 1992 году в результате реорганизации Чоткальского биосферного заповедника. Расположенный в горах Южного Тянь-Шаня, в Чоткальской горной системе, он является крупнейшим заповедником Узбекистана. Национальный парк создан для защиты уникальных экосистем и находящихся под угрозой исчезновения животных. В данном исследовании на основе космических снимков была составлена карта изменения растительного покрова национального парка и изменения количества осадков в соответствующие годы в течение 2000-2020 гг. Изменение землепользования/покрова было рассчитано с использованием метода контролируемой классификации классификации максимального правдоподобия. По изменению земного покрова можно определить, что количество растительности увеличилось за последние два десятилетия, а снежный покров уменьшился. Было также установлено, что открытый наземный покров увеличился на юге.

**Ключевые слова:** Угам-Чаткальский государственный национальный природный парк, землепользование, изменение растительного покрова, дистанционное зондирование, максимально правдоподобная классификация, Landsat, тематическая карта

**Assessment of changes in land cover and land use based on multispectral remote sensing images in Ugam-Chotkal national nature park**

**Abstract.** The Ugom-Chotkal National Park was established in 1992 as a result of the reorganization of the Chotkal Biosphere Reserve. Located in the Southern Tien-Shan mountain range, in the Chotkal mountain system, it is the largest reserve in Uzbekistan. The national park was created to protect unique ecosystems and endangered animals. In this study, a map of the changes in the land cover of the national park and the changes in precipitation in the corresponding years during the years 2000-2020 was compiled based on satellite images. Land use/cover change (LULC) was calculated using the Maximum Likelihood Classification (MLC) supervised classification method. From the change of land cover, it can be determined that the amount of vegetation has increased in the last two decades, while the snow cover has decreased. It was also found that open land cover increased in the south of the National Park.

**Key words:** Ugam-Chatkal State National Nature Park, land use, land cover change, remote sensing, maximum likelihood classification, Landsat, thematic map.

**Kirish.** Muayyan bir hududda yer qoplami maydonining ko'payishi va kamayishi yerdan foydalanish va yer qoplaminin o'zgarishi deyiladi [1]. "Yerdan foydalanish" atamasi odamlar tomonidan o'zini o'zi ta'minlashda yerdan to'g'ri foydalanish uchun ishlatilgan. Ushbu atama yerning biofizik ko'rinishi xususiyatlarini o'zgartirishning barcha usullarini o'z ichiga oladi. Bunga, ekin yetishtirish, konchilik, uy-joy qurilishi va barcha turdagi infratuzilmani rivojlantirish misol bo'ladi [2].

Shuningdek, "yer qoplami" atamasi yer yuzasi va yer ostining barcha biofizik xususiyatlarining holatini ham anglatadi. Bunga antropogen ta'sirlar, relef va tuproq mexanik tarkibidagi o'zgarishlar yaqqol misol bo'la oladi [3]. Qaror qabul qiluvchilar yer qoplami o'rganish (YQO') ning fazoviy va vaqtinchalik ma'lumotlaridan yer usti ekotizimlarida, suv ta'minotida, iqlimni modellashtirishda biogeokimyoviy sikllarni tahlil qilishda foydalanishlari mumkin [4, 5].

YQO' yerdan foydalanish va yer degradatsiyasi jarayonlarini o'rganishga, aholi punktlari hududidagi o'zgarishlarni kuzatish va tushunishga, uning intensivligi, yo'nalishi va ta'siriga katta hissa qo'shadi. U yerdan foydalanishni boshqarish va barqaror aholi punktlarini rejalashtirish uchun qimmatli ma'lumotlarni taqdim etadi [6]. Geoaxborot tizimlari (GAT) va masofadan zondlash texnologiyalari (MZT) global miqyosda yerdan foydalanish va YQO' ning fazoviy va vaqtinchalik o'zgarishlar dinamikasini baholash uchun keng qo'llaniladi [7, 8].

Sun'iy yo'ldosh tasvirlari Yer yuzasida yerdan foydalanish va YQO' ma'lumotlarini olish uchun ishlatiladi, bu o'tmishdagi yer o'zgarishlari asosida kelajakdagi yerdan foydalanish senariylarini bashorat qilishga yordam beradi. GATda ikki turdagi tasniflash usullari yerdan foydalanish va YQO' xaritalash va tahlil qilish uchun ilmiy jihatdan ishonchli natijalarni taqdim etadi: nazorat qilinadigan va nazorat qilinmaydigan tasniflar. Nazorat qilinadigan tasniflashda keng qo'llaniladigan bir nechta usullar mavjud bo'lib: yordam vektor mashinasi (YVM) (Support vector machine), k-eng yaqin qo'shni (kNN-Nearest Neighbour) va Maksimal ehtimollik tasniflagichi (MET). Nazoratsiz tasniflashda klasterlash,

ISODATA (iterativ o'z-o'zini tashkil qiluvchi ma'lumotlarni tahlil qilish texnikasi algoritmi), o'z-o'zini tashkil qiladigan karta (Self-organizing map), K-means usullari keng qo'llaniladi [9].

Taxminiy o'rmon (Random Forest) tasniflash usuli hatto sifati nisbatan past ma'lumotlar uchun ham mos bo'la oladi [1] va bir xil ma'lumotlardan foydalangan holda va yuqoridagi klassifikatorlar bilan taqqoslanganda, Taxminiy o'rmon klassifikatori eng yuqori aniqlikni qayd etgan [10].

Landsat va MODIS sun'iy yo'ldosh tasvirlaridan foydalanib, Yin va boshqalar, 2009–2011 yillar uchun Markaziy Osiyoda o'rmon yer qoplaminin o'zgarishlari xaritasi tuzgan [11]. O'zbekiston Respublikasi Qashqadaryo viloyatida 1972-2000 yillarda sug'oriladigan ekin maydonlarining kengayish dinamikasi Edlinger va boshqalar tomonidan masofadan zondlash ma'lumotlari asosida baholab chiqilgan [12].

Mazkur tadqiqotda Landsat OLI va TM ma'lumotlari ishlatilgan va qaror qabul qilish daraxtlari (Decision tree) asosida ekin maydonlarining o'zgarishini hisoblash eng yaxshi usul sifatida ko'rsatilgan. 1953-2010 yillarda Qozog'istonning Qostanay viloyatida qishloq xo'jaligi yerlari qoplaminin o'zgarishi tahlili Kramer va boshqalar tomonidan amalga oshirildi. [13].

Ushbu tadqiqotda ko'p spektrli Landsat TM/ETM+ tasvirlari asosida yordam vektor mashinasi texnikasi yordamida qishloq xo'jaligi yerlari qoplaminin o'zgarishi xaritasi tuzilgan. Aslanov va boshqalar, [14] Toshkent viloyati misolida masofadan zondlash ma'lumotlaridan shaharlar va har qanday o'sib borayotgan shaharlarning aglomeratsiyasini o'rganish uchun YQO' indeksini modellashtirish usullaridan samarali foydalanish bo'yicha tadqiqot o'tkazgan. Ushbu uslub yerdan foydalanish yer qoplaminin o'zgarishi va tendensiyasi haqida yaxshiroq ma'lumot berish uchun yuqori darajadagi talqin va spektral identifikatsiya sinflaridan foydalangan. Fazoviy suratlarni raqamli qayta ishlash natijalari asosida muhim tavsiyalar berilgan.

Yer osti suvlarini tahlil qilish jarayonida Alixonov va boshqalar, [15] Toshkent viloyati misolida YQO' xaritasini yaratdi va GAT asosidagi ko'p mezonli qarorlar tahlili (Multi-Criteria

Decision Analysis) orqali yer osti suvlari bilan bog'liqligini tahlil qildi. Chukvudi va boshqalar, [19] yog'ingarchilikning o'ziga xos xususiyatini hisobga olgan holda janubi-g'arbiy Nigeriyadagi yillik yog'ingarchilikning o'zgaruvchanlik darajasi va tendentsiyalarini o'rganib chiqdi. Bu ma'lumotlar bashoratli modellashtirish va havzadagi uzoq muddatli iqlim o'zgarishi moslashish dasturlariga ta'sir qilishi isbotlangan. Yer qoplaminig o'zgarish tendentsiyasida muhim faktor ekanligi ko'rsatilgan.

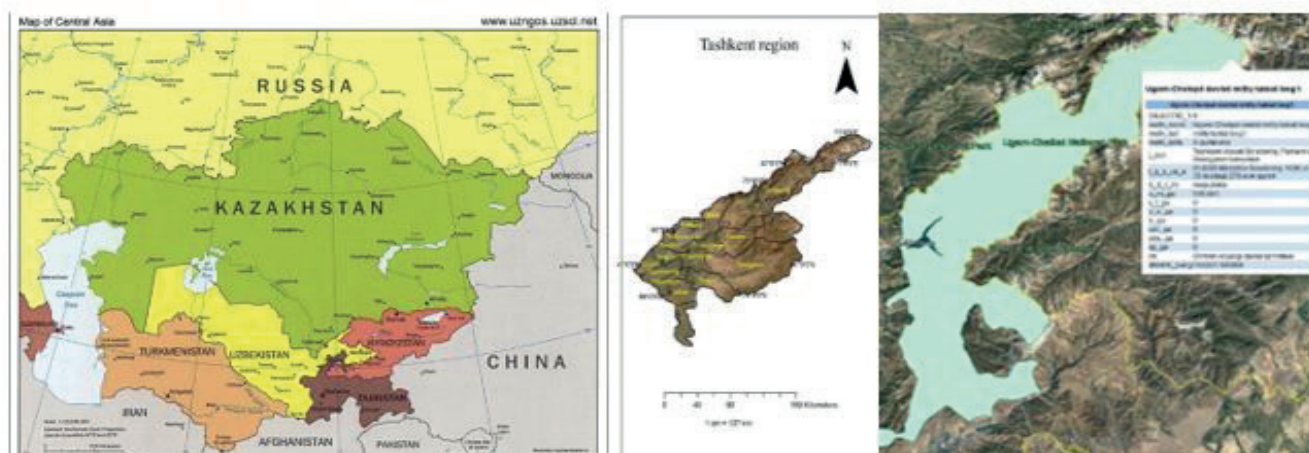
Toshkent viloyati juda boy tabiiy resurslarga ega, xususan, Ugom-Chotqol davlat milliy tabiat bog'i O'zbekistondagi eng yirik tabiiy muhofaza hududi hisoblanadi [16].

Bog'da 2200 dan ortiq O'simlik turlarining mavjudligi va katta o'rmon maydonlarining mavjudligi milliy bog'ni 2016-yilda YuNESKOning Butunjahon merosi obyektiga aylantirdi [17], [18]. Ushbu tadqiqotda biz fazoviy ma'lumotlar tahlili yordamida Milliy bog'ning yer qoplami va yerdan foydalanish

o'zgarish dinamikasi, o'simlik qoplaminig o'zgarish dinamikasi va so'ngi o'n yillikda yog'ingarchilik o'zgarishi xaritalarini tuzdik. Maqolaning maqsadi global iqlim o'zgarishi, milliy bog'ning yer qoplami va yerdan foydalanishga ta'sirini o'rganishdir.

### Tadqiqot obyekti va uslublari.

Tadqiqot maydoni Ugom-Chotqol davlat milliy tabiat bog'i Toshkent viloyatining Bo'stonliq, Parkent va Ohangaron tumanlaridagi tog'li hududida joylashgan. Vazirlar Mahkamasining 1990-yil 30-iyundagi 270-son qarori bilan tuzilgan. Umumiy maydoni 574,6 ming ga, shundan 56,4 ming ga o'rmonlar bilan qoplangan; archa - 64679 ga, pechak - 139 ga, chinor - 565 ga, qayrag'och - 1670 ga, oq qayin - 985 ga, findiq - 1424 ga, yovvoyi - 1451 ga, do'lana - 2056 ga. Milliy bog'da jami 70 dan ortiq daraxt va 80 ga yaqin buta turlari o'sadi. O'simlik turlari 1000 dan ortiq. O'rmonlar asosan shimoliy va sharqiy yon bag'rlarida joylashgan. Janubiy yon bag'rlari siyrak daraxt shoxlari yoki zich



1-rasm. Tadqiqot hududining joylashuvi

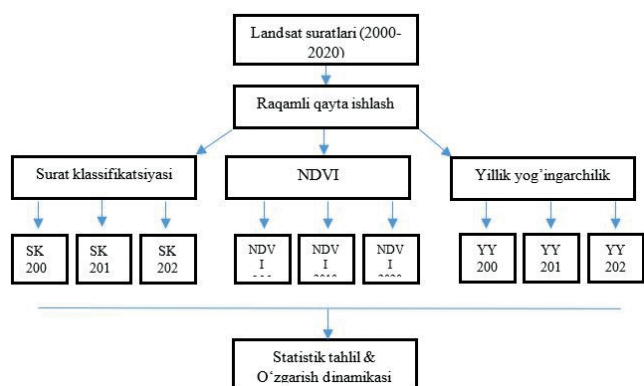
1-jadval. Landsat - 7 va Landsat - 8 spectral kanallari.

Landsat -7 ETM+Bands (um)		Landsat -8 OLI and TIRS Bands (um)	
		30 m Coastal / Aerosol	0.435-0.451
Band 1	30 m Blue 0.441-0.514	30 m Blue	0.452-0.512
Band 2	30 m Green 0.519-0.601	30 m Green	0.533-0.590
Band 3	30 m Red 0.631-0.692	30 m Red	0.636-0.673
Band 4	30 m NIR 0.772-0.898	30 m NIR	0.851-0.879
Band 5	30 m SWIR-1 1.547-1.749	30 m SWIR-1	1.566-1.651
Band 6	60 m TIR 10.31-12.36	100 m TIR -1	10.60-11.19
		100 m TIR -2	11.50-12.51
Band 7	30 m SWIR-2 2.064-2.345	30 m SWIR-2	2.107-2.294
Band 8	15 m Pan 0.515-0.896	15 m Pan	0.503-0.676
		30 m Cirrus	1.363-1.384

butalar, ko‘pincha yaylovlardan iborat. Chotqol milliy bog‘i tog‘lari va o‘rmonlari bilan Toshkent viloyatida joylashgan [21].

Ma‘lumotlar. Landsat-7 ETM+ va Landsat 8 (OLI & TIRS) sun‘iy yo‘ldoshlari tasvirlarini yuklab olish uchun Earth Explorer platformasidan foydalanilgan. 2000–2020 yillar davri uchun sun‘iy yo‘ldosh tasvirlari iyun-avgust oyida tanlab olindi, bu bizga bulut qoplami minimal ta‘minlash imkonini beradi. Landsat sun‘iy yo‘ldosh tasvirlari 30x30 m/pixel fazoviy o‘rta aniqlikka ega, sakkizta aks ettirish diapazoni 30 m, panxromatik diapazon 15 m va ikkita termal diapazon 100 m. Yuklab olingan ma‘lumotlar ArcGIS 10.8 dasturida qayta ishlandi. Sun‘iy yo‘ldoshning qolgan texnik parametrlarini quyidagi jadvalda ko‘rish mumkin.

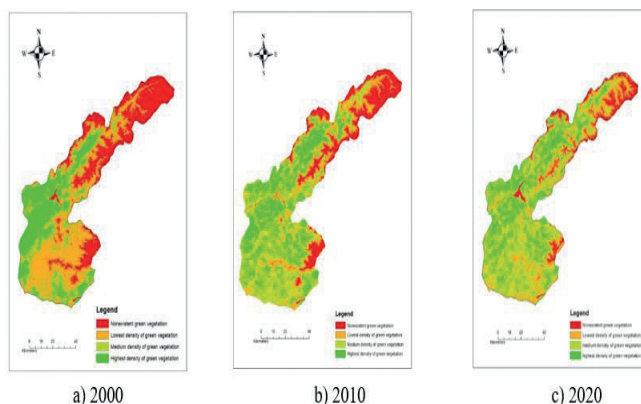
**Usullar.** Tadqiqotchilar tomonidan masofadan zondlash materiallarini tahlil qilishda, turli bosqichlarida foydalaniladigan turli xil geofazoviy dasturiy vositalar mavjud. Ulardan ba‘zilari: ArcGIS, ENVI, ERDAS Imagine, QGIS va Google Earth [9]. Yer qoplami o‘zgarishi tasnifi va tushunish turli masofadan zondlash indeksleri yordamida ham baholanishi mumkin: NDVI, NDWI, NDBI, SAVI va boshqalar shu jumladandir [24]. Sun‘iy yo‘ldosh tasvirlari yordamida hisoblangan indekslar GATning ko‘plab indekslarini tizimli, ishonchli va fazoviy ravishda har tomonlama nazorat qilish qobiliyatini ko‘rsatdi [8], [24]. Quyidagi rasmda ilmiy tadqiqotning



2-rasm. Uslubiy ish jarayoni va ma‘lumotlarni tahlil qilish uslubiy ish jarayoni va ma‘lumotlar tahlili “yo‘l xaritasi” ko‘rinishida berilgan (2-rasm).

ArcGIS 10.8 da ma‘lumot manbai sifatida suniy yo‘ldosh tasvirlaridan foydalangan holda o‘rganilgan hududga asoslanib, yer qoplami bir nechta turlari ajratildi. Rasm tasnifi Maksimal ehtimollik tasnifi usuli yordamida amalga oshirildi. Yuklab olingan fazoviy ma‘lumotlarning iyun

oyida olinganligining asosiy sababi, o‘simliklar indeksining maksimal nuqtaga yaqinligi, shuningdek, bulutsiz tasvirni tanlashdir. Yuqorida aytib o‘tilganidek, yerdan foydalanish va YQO‘ tahlili uchun 8 ta diapazondan faqat to‘rttasi - RED, NIR, SWIR va TIRS1 diapazoni talab qilinadi (5-rasm). O‘simlik qoplami tahlili NDVI bo‘yicha hisoblanadi; formula quyida keltirilgan (1). Indeks -1 va 1 orasida o‘zgarib turadi. Bu holda, qiymat qanchalik katta bo‘lsa, sog‘lom yoki zich o‘simlik qoplami tushuniladi va yoki aksincha. Salbiy ishorali qiymat esa o‘simlik deb



3-rasm. Tadqiqot hududida yerdan foydalanish va o‘simlik qoplami o‘zgarish dinamikasi hisoblanmaydi (3-rasm).

$$NDVI = (NIR-RED)/(NIR+RED),$$

$$\text{Landsat 7 uchun: } NDVI = (\text{Band 4} - \text{Band 3}) / (\text{Band 4} + \text{Band 3}). \quad (1)$$

$$\text{Landsat 8 uchun: } NDVI = (\text{Band 5} - \text{Band 4}) / (\text{Band 5} + \text{Band 4}).$$

bu yerda: NIR - Landsat sensorining yaqin infraqizil diapazoni Landsat-7 ETM+ uchun 4-band; Landsat 8 OLI uchun 5-band); RED esa Landsat sensorining qizil diapazoni (Landsat 7 ETM+ uchun 3-band; Landsat 8 OLI uchun 4-band) [25].

CRU TS (Climatic Research Unit (University of East England)) 1901-yildan boshlab yuqori aniqlikdagi, yog‘ingarchilikning kunlik, oylik, yillik kuzatuvlar to‘plamini taqdim etib keladi [26]. Bu to‘plam o‘nta kuzatilgan va olingan o‘zgaruvchilardan iborat. Ushbu to‘plamdagi yog‘ingarchilik ma‘lumotlari MS Excel va ArcGIS 10.8 dasturiy ta‘minotlari yordamida tahlil qilindi va xaritaga tushirildi (7-rasm).

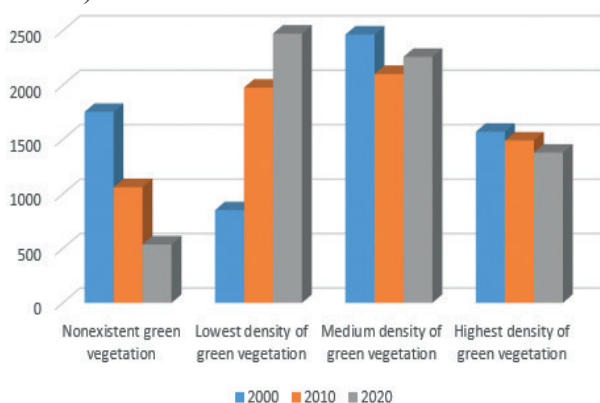
**Tadqiqot natijalar va muhokamasi.** Erishilgan natijalar shuni ko‘rsatadiki, so‘nggi 20-yil ichida Milliy bog‘ning yerdan foydalanish va YQO‘ sezilarli darajada o‘zgargan. Shunga

2-jadval. Milliy bog'da YQO' baholash natijalari

Turlar	Hudud (km <sup>2</sup> )		
	2000	2010	2020
Qor	3200.3	1513.96	587.019
Ochiq yer	1686.68	2239.74	2273.74
Suv	54.3852	73.8441	45.8622
O'simlik qoplami	1684.19	2798	3741.37

o'xshash ma'lumotlar [27] tomonidan olingan. Olingan natijalar muzliklarni monitoring qilish, muzlik ko'llarining toshqinini aniqlash, O'rmon biomassasini baholash va milliy bog'da bioxilma-xillikni saqlash uchun ishlatilishi mumkin.

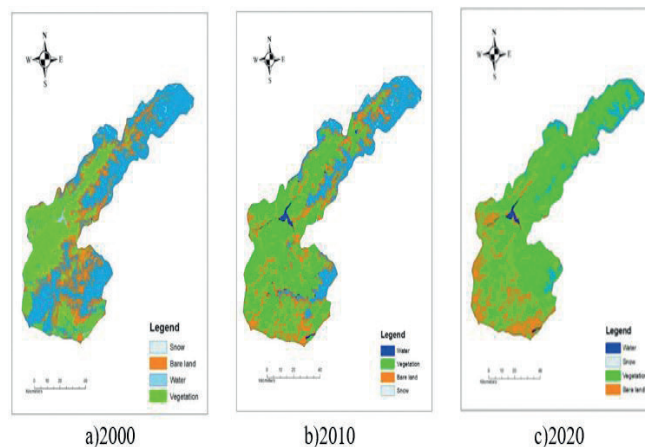
Muzliklar va qorlarning erishi natijasida o'simlik qoplaminig sezilarli o'zgarishlari kuzatildi. NDVI o'sishi kuzatilgan bo'lsa-da, yashil o'simliklarning eng yuqori zichligi muntazam ravishda kamayib borayotganini ko'rish mumkin (4-rasm).



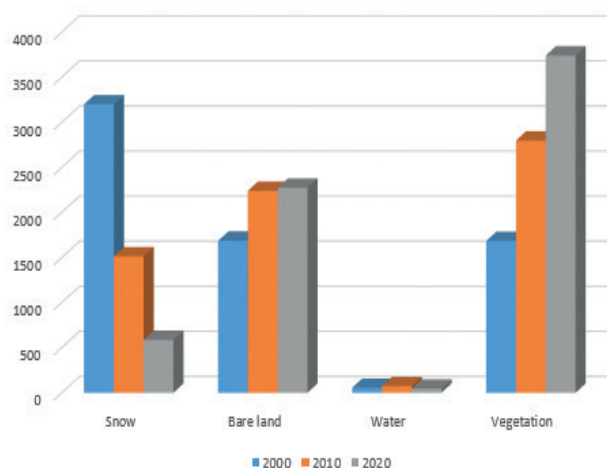
4-rasm. Tadqiqot hududidagi o'simlik qoplami o'zgarishining statistik tahlili (km<sup>2</sup>)

YQO' ning amalga oshirishning asosiy sababi tabiiy sabablarga ko'ra uzoq vaqt davomida quruqlik yuzasida sezilarli o'zgarishlarni baholashdir. Yer qoplaminig jiddiy o'zgarishlari global iqlim o'zgarishi fonida qor qoplaminig keskin o'zgarishiga olib keldi. Natijada qor qoplaminig erishi tufayli hosil bo'lgan yerlarda o'simlik qoplami hosil bo'lganligi, aksincha, yashil qoplami bo'lgan yerlarda aholi turar-joylari va kurort zonalarida bo'sh yerlar ko'payganini ko'rish mumkin (6-rasm).

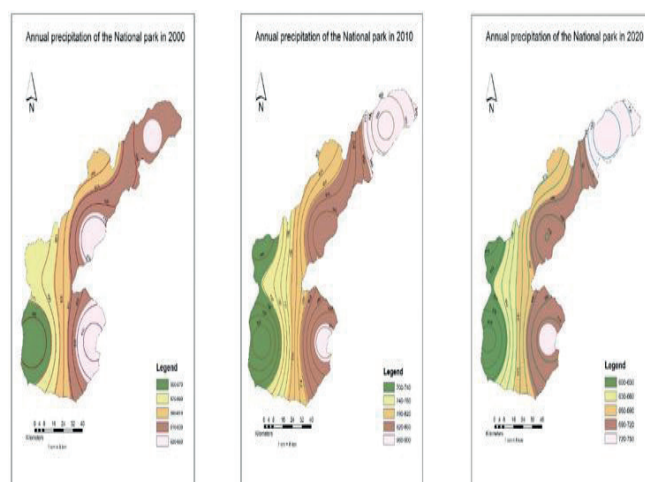
Yillik yog'ingarchilik ma'lumotlari CRU TS oylik yuqori aniqlikdagi gridlangan ko'p o'zgaruvchan iqlim ma'lumotlar to'plaminig 4-versiyasidan olingan [26]. Yuklab olingan ma'lumotlar tegishli yillar uchun yog'ingarchilik xaritalarini yaratish uchun ArcGIS dasturida tahlil qilindi. Milliy bog'ning bo'sh yerlar o'sadigan



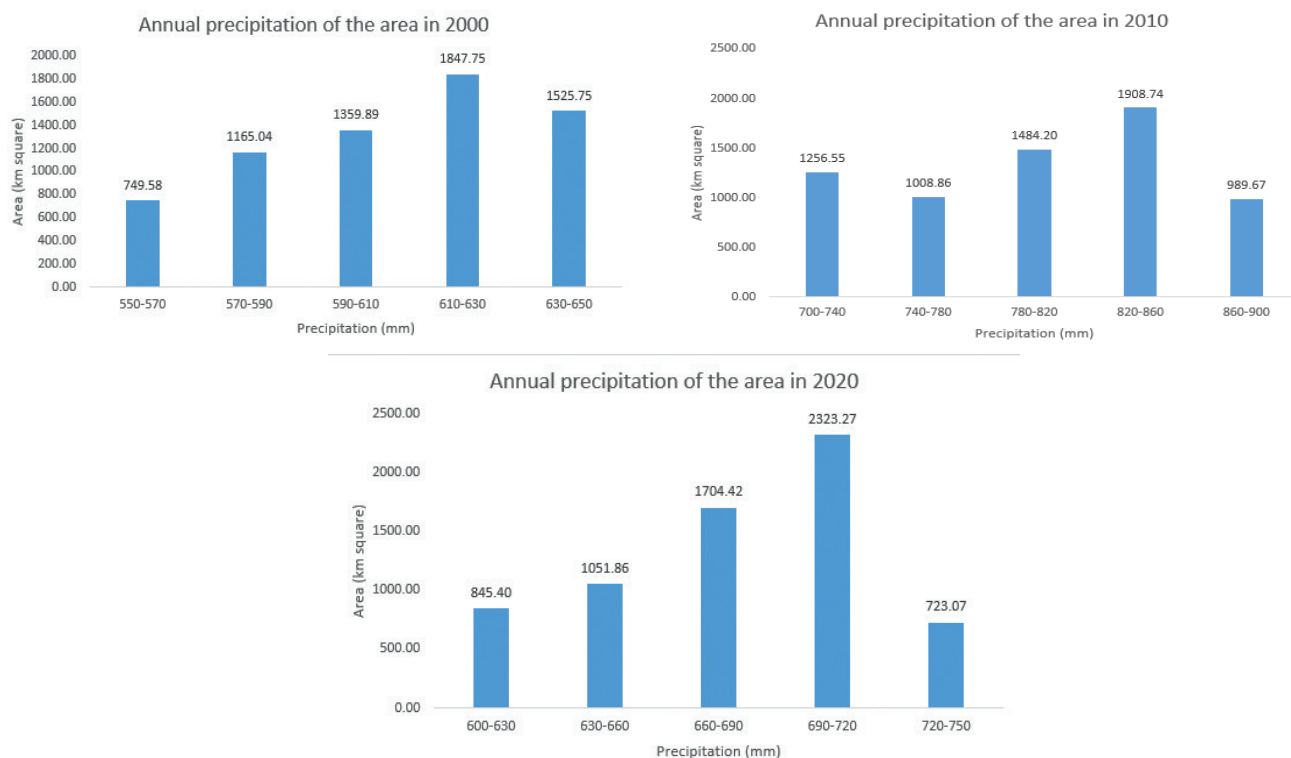
5-rasm. 2000-2020 yil oralig'ida yerdan foydalanish va YQO' dinamikasi



6-rasm. 2000-2020 yil oralig'ida yerdan foydalanish va YQO' dinamikasining statistik tahlili



7-rasm. Tadqiqot hududidagi yillik o'rtacha yog'ingarchilik



8-rasm. Yillik o'rtacha yog'ingarchilikning statistik tahlili

hududlarida yillik yog'ingarchilik miqdori kamaygan, shimoliy qismida esa yog'ingarchilik miqdori ortgan (8-rasm).

**Xulosa.** Global iqlim o'zgarishining Markaziy Osiyo mintaqasiga ta'siri yildan-yilga keskinlashib bormoqda. Ushbu o'zgarishlar dinamikasini tahlil qilishda MZ va GAT tizimlarining ahamiyati yildan-yilga kuchayib bormoqda

- so'nggi 20 yil davomida milliy bog'da yashillik ko'rsatkichi ortib bormoqda. Bu asosan, mintaqaning shimoliy va sharqiy qismlarida

kuzatiladi.

- milliy bog' hududida so'nggi 20 yilda qor qoplarning qisqarishi kuzatildi, buning natijasida o'simliklar hududining kengayishi tezlashdi.

- antropogen ta'sirlar natijasida janubi-g'arbiy yerlarda bo'sh yerlarning ko'payishi kuzatildi.

- yillik yog'ingarchilik miqdoring o'zgarishi asosan shimoliy mintaqada ortishi, janubiy hududlarda kamayishi qayd qilindi.

**Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati**

1. H. Tian, K. Banger, T. Bo, and V. K. Dadhwal, 'History of land use in India during 1880–2010: Large-scale land transformations reconstructed from satellite data and historical archives', *Glob. Planet. Change*, vol. 121, pp. 78–88, Oct. 2014, doi: 10.1016/j.gloplacha.2014.07.005.
2. E. F. Lambin and H. J. Geist, *Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts*. Springer Science & Business Media, 2008.
3. E. F. Lambin and H. J. Geist, *Land-use and land-cover change: local processes and global impacts*. Springer Science & Business Media, 2008.
4. H. Chen et al., 'Changes of the spatial and temporal characteristics of land-use landscape patterns using multi-temporal Landsat satellite data: A case study of Zhoushan Island, China', *Ocean Coast. Manag.*, vol. 213, p. 105842, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.ocecoaman.2021.105842.
5. M. S. Meer and A. K. Mishra, 'Land Use/Land Cover Changes over a District in Northern India using Remote Sensing and GIS and their Impact on Society and Environment', *J. Geol. Soc. India*, vol. 95, no. 2, pp. 179–182, Feb. 2020, doi: 10.1007/s12594-020-1407-2.
6. C. Kontgis, A. Schneider, J. Fox, S. Saksena, J. H. Spencer, and M. Castrence, 'Monitoring peri-urbanization in the greater Ho Chi Minh City metropolitan area', *Appl. Geogr.*, vol. 53, pp. 377–388, Sep. 2014, doi: 10.1016/j.apgeog.2014.06.029.

7. E. Lambin, H. Geist, and E. Lepers, 'Dynamics of Land-use and land-cover change in tropical regions', *Annu Rev Env. Resour*, vol. 20, pp. 49205–41, Jan. 2003.
8. S. Huang, L. Tang, J. P. Hupy, Y. Wang, and G. Shao, 'A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing', *J. For. Res.*, vol. 32, no. 1, pp. 1–6, Feb. 2021, doi: 10.1007/s11676-020-01155-1.
9. S. N. MohanRajan, A. Loganathan, and P. Manoharan, 'Survey on Land Use/Land Cover (LU/LC) change analysis in remote sensing and GIS environment: Techniques and Challenges', *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 27, no. 24, pp. 29900–29926, Aug. 2020, doi: 10.1007/s11356-020-09091-7.
10. M. Schmidt, M. Pringle, R. Devadas, R. Denham, and D. Tindall, 'A Framework for Large-Area Mapping of Past and Present Cropping Activity Using Seasonal Landsat Images and Time Series Metrics', *Remote Sens.*, vol. 8, no. 4, Art. no. 4, Apr. 2016, doi: 10.3390/rs8040312.
11. H. Yin, A. Khamzina, D. Pflugmacher, and C. Martius, 'Forest cover mapping in post-Soviet Central Asia using multi-resolution remote sensing imagery', *Sci. Rep.*, vol. 7, May 2017, doi: 10.1038/s41598-017-01582-x.
12. J. Edlinger, C. Conrad, J. P. A. Lamers, G. Khasankhanova, and T. Koellner, 'Reconstructing the Spatio-Temporal Development of Irrigation Systems in Uzbekistan Using Landsat Time Series', *Remote Sens.*, vol. 4, no. 12, Art. no. 12, Dec. 2012, doi: 10.3390/rs4123972.
13. R. Krämer et al., 'Long-term agricultural land-cover change and potential for cropland expansion in the former Virgin Lands area of Kazakhstan', *Environ. Res. Lett.*, vol. 10, May 2015, doi: 10.1088/1748-9326/10/5/054012.
14. I. Aslanov et al., 'Applying remote sensing techniques to monitor green areas in Tashkent Uzbekistan', *E3S Web Conf.*, vol. 258, p. 04012, 2021, doi: 10.1051/e3sconf/202125804012.
15. B. Alikhanov, M. Juliev, S. Alikhanova, and I. Mondal, 'Assessment of influencing factor method for delineation of groundwater potential zones with geospatial techniques. Case study of Bostanlik district, Uzbekistan', *Groundw. Sustain. Dev.*, vol. 12, p. 100548, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.gsd.2021.100548.
16. B. USAID, 'CHEMONICS INTERNATIONAL INC'. 2001. Accessed: Jan. 21, 2023. [Online]. Available: [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/pnacn336.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnacn336.pdf)
17. U. W. H. Centre, 'Iran (Islamic Republic of) - UNESCO World Heritage Convention', UNESCO World Heritage Centre. <https://whc.unesco.org/en/statesparties/ir> (accessed Jan. 22, 2023).
18. N. Ryadovkina, 'UNESCO Sites and Experiences in Uzbekistan | MIR Corporation', MIR, Aug. 31, 2021. <https://www.mircorp.com/insiders-guide-to-the-top-8-unesco-sites-experiences-in-uzbekistan/> (accessed Jan. 22, 2023).
19. C. Emeribe Ph.D, N. Uwadia, O. Fasipe, and E. Isagba, 'Inter-Decadal Nature of Rainfall Character Over SudanoSahel, North-West Nigeria', *AFRREV*, vol. 11, pp. 55–73, Sep. 2017, doi: 10.4314/afrev.v11i4.6.
20. 'Tashkent Region', Wikipedia. Jan. 14, 2023. Accessed: Jan. 22, 2023. [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Tashkent\\_Region&oldid=1133605494](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Tashkent_Region&oldid=1133605494)
21. The Joint Stock Companies "Uzsuvtaminot" for the Asian Development and Bank., 'Uzbekistan: Tashkent Province Sewerage Improvement Project'. the Joint Stock Companies "Uzsuvtaminot" for the Asian Development Bank., 2021.
22. 'What are the band designations for the Landsat satellites? | U.S. Geological Survey'. <https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites> (accessed Jan. 22, 2023).
23. I. Aslanov et al., 'Applying remote sensing techniques to monitor green areas in Tashkent Uzbekistan', *E3S Web Conf.*, vol. 258, p. 04012, Jan. 2021, doi: 10.1051/e3sconf/202125804012.
24. N. Teshae, B. Mamadaliyev, A. Ibragimov, and S. Khasanov, 'The soil-adjusted vegetation index for soil salinity assessment in Uzbekistan', vol. 26. 2020. doi: 10.35595/2414-9179-2020-3-26-324-333.
25. J. W. Rouse, R. H. Haas, J. A. Schell, and D. W. Deering, 'Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS', Jan. 1974. Accessed: Jan. 22, 2023. [Online]. Available: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19740022614>
26. I. Harris, T. J. Osborn, P. Jones, and D. Lister, 'Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset', *Sci. Data*, vol. 7, no. 1, Art. no. 1, Apr. 2020, doi: 10.1038/s41597-020-0453-3.
27. B. Alikhanov, S. Alikhanova, R. Oymatov, Z. Fayzullaev, and A. Pulatov, 'Land cover change in Tashkent province during 1992 – 2018', *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 883, no. 1, p. 012088, Jul. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/883/1/012088.