4500	14,2	16,7	28,16	34,23	31,79	43,72
4000	13,5	15,3	21,45	23,16	53,55	55,85
2000	6,4	8,9	23,56	29,72	32,41	43,91
800	4,0	6,2	16,13	18,12	26,78	31,25
500	3,9	5,6	10,21	13,24	18,96	23,44

Xulosa. Daryo oqimi tezligi relyefga bog’liq holda o’zgaradi. Landshaft relyef balandligi daryo oqimi tezligiga to‘g‘ri proporsional, daryo havzasi kengligigga teskari proporsionaldir. O’z navbatida, oqim tezligi daryo yotqiziqlari tarkibiga to‘g‘ri proporsional. Daryo oqimi tezligi qancha yuqori bo’lsa, oqizib kelyotgan yotqiziqlar kimyoviy tarkibi ham shuncha ko‘p bo‘ladi, tarkibida loyqaligi ham yuqori bo‘ladi. Bu o‘z navbatida yer usti suvlarining kimyoviy tarkibiga o‘z ta’sirini o’tkazadi. Daryo yer usti suvlari sug‘orma dehqonchilik va aholi iste’moli uchun sarflanadi.[1] Natijada, mazkur hududda geoekologik vaziyatni o‘zgarishiga olib keladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Abdulqosimov A. Landshaftshunoslik tarmoqlari va ilmiy tadqiqotlarda tahlil metodidan foydalanish// Tabiatdan foydalanish va muhofaza qilishning geografik asoslari mavzuidagi Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari. Namangan, 2010 yil, -B 17-21 .
2. Nigmatov A.N., MusayevJ. Geoekologiya asoslari va tabiatdan foydalanish.Toshkent.2017. –B 47-54
3. Nigmatov A.N. Tabiiy geografiya va geoekologiya nazariyasi. Toshkent. 2018 –B 200
4. Safarov E.Yu., Meliev B.A. Landshaft tadqiqotlarining zamonaviy metodlari haqida. //O‘zbekiston geografiya jamiyati axboroti. 34 jild. -Toshkent, 2009.
5. Soliev I.R., J.T.Ma’kulov. Markaziy Osiyo mintaqalarida havzaviy suv resurslaridan foydalanish masalalari//Farg‘ona vodiysi atrof-muhitni muhofaza qilish va foydalanish muammolari ilmiy-amaliy konferensiyasi. Namangan.2014. –B 64
6. Sultonov YU., Xoliqov R., Qo‘ziboeva O. Farg‘ona vodiysining agrolandshaftlari va ularni o‘rganishning amaliy ahamiyati.//Farg‘ona vodiysi tarixining dolzarb mmuammolari. Farg‘ona. 2000. –B 50-53
7. Shuls V.L., Mashrapov R. O‘rta Osiyo gidrografiyasi. – T.: O‘qituvchi, 1969. – 328 b.

YASHIL HUDUDLAR VA ULARNING SHAHARLAR GEOEKOLOGIK HOLATIGA TA’SIRI (SENTINEL-2 SUN’IY YO‘LDOSHI MA’LUMOTLARI ASOSIDA FARG‘ONA TUMANINING 2024–2025 YILLARDAGI NDVI DINAMIKASI)

Fattoxov Ne’matullox Abdulxakim o‘g‘li
Farg‘ona davlat universiteti, Tayanch doktoranti
Rustamova Oygul Turg‘unali qizi
Farg‘onda davlat universiteti geografiya yo‘nalishi talabasi

Annotatsiya: *Ushbu maqolada Farg‘ona tumanining 2024 va 2025-yillardagi geoekologik holati Sentinel-2 sun’iy yo‘ldoshi masofadan zondlash ma’lumotlari hamda NDVI (Normalizatsiyalangan farqli vegetatsiya indeksi) orqali atroflicha tahlil qilingan. Tumandagi 12 743 589 ta pikselli kosmik tasvirlar bazasi o‘rganilib, yillik o‘rtacha NDVI ko‘rsatkichlari, kvartil taqsimotlari va mavsumiy tebranishlar aniqlandi. Tadqiqot natijalari 2024-yildan 2025-yilga o‘tishda yillik o‘rtacha NDVI ko‘rsatkichining 0.3011 dan 0.2965 ga (-0.0046 ga) biroz pasayganligini va vegetatsiya davrining ikkinchi yarmida (avgust-sentabr) o‘simlik qatlamida siyraklashish yuz berganini ko‘rsatdi. Maqolada yashil hududlarning shahar mikroklimatini mo‘tadillash hamda geoekologik muvozanatni saqlashdagi o‘rni ilmiy jihatdan asoslab berilgan.*

Kalit so‘zlar : *Yashil hududlar, geoekologiya, Farg‘ona tumani, Sentinel-2, NDVI indeksi, masofadan zondlash, vegetatsiya dinamikasi, GIS texnologiyalari.*

Kirish. Bugungi kunda global iqlim o‘zgarishi, haroratning ko‘tarilishi va shaharlashuv (urbanizatsiya) sur’atlarining jadallashuvi shahar va shahar atrofi hududlarining geoekologik barqarorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Shahar infratuzilmasining kengayishi, binolar va asfalt qoplamalarining ko‘payishi yer yuzasining issiqlik sig‘imini oshirib, “shahar issiqlik orollari” (Urban Heat Island - UHI) va mikroklimatik buzilishlarni keltirib chiqarmoqda. Ushbu salbiy ekologik oqibatlarni yumshatuvchi eng asosiy va samarali omil bu - yashil hududlar va o‘simlik qatlamidir. Yashil hududlar fotosintez jarayoni orqali uglerod neytralligini ta’minlash, kislorod ishlab chiqarish, chang va zararli gazlarni filtrlash, shuningdek, transpiratsiya orqali havo haroratini 2–4°C ga pasaytirish xususiyatiga ega. Farg‘ona tumani o‘zining geografik joylashuvi va agrosanoat salohiyati bilan shahar-atrofi ekologik belbog‘i sifatida muhim o‘rin tutadi. Farg‘ona tumanida o‘simlik qatlamining holatini Sentinel-2 sun’iy yo‘ldosh tasvirlari hamda GIS texnologiyalari orqali uzluksiz monitoring qilish geoekologik muammolarni vaqtida aniqlash hamda oldini olish imkonini beradi.

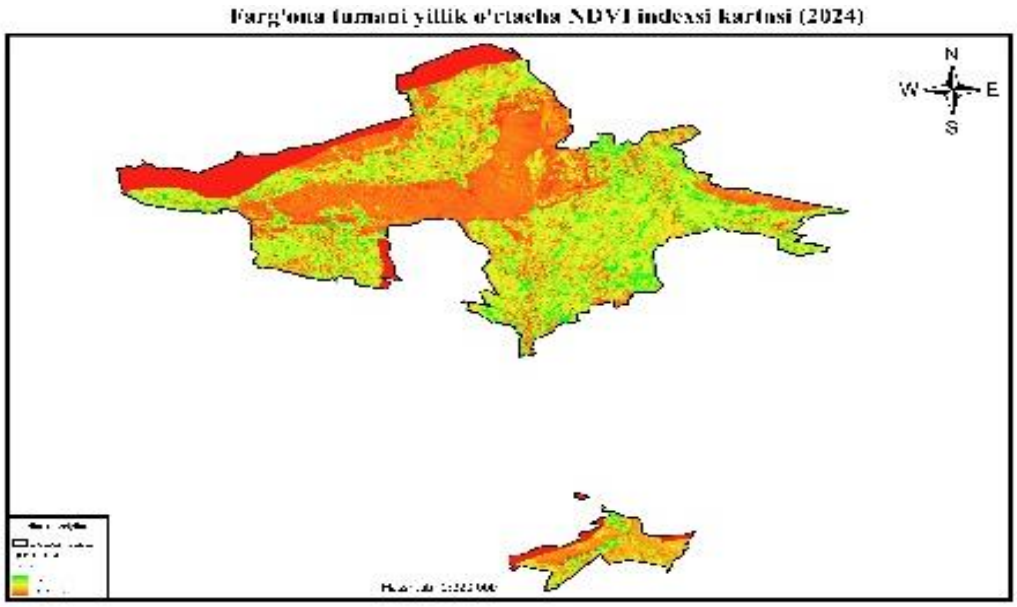
Adabiyotlar tahlili. O'zbekistonda GIS va masofadan zondlash texnologiyalari yordamida geoekologik monitoring olib borish **E.Y. Safarov va X.T. Egamberdiyev (2017)** hamda **A.N. Nigmatov (2012)** ishlarida asoslangan. Farg'ona viloyati hududida yer usti vegetatsiyasi dinamikasi va ekologik barqarorlikka antropogen omillar ta'sirini baholash mezonlari **F.H. Hikmatov, Z.S. Sirliboeva (2018)** va **P. Baratov va boshqalar (2002)** tomonidan tadqiq etilgan bo'lib, ushbu izlanishlar tadqiqotimiz uchun nazariy-amaliy manba bo'lib xizmat qiladi.

Natijalar va muhokama. Shaharlashuv sharoitida geoekologik barqarorlik va Sentinel-2 masofadan zondlash usullarining dolzarbligi. Shaharlarning jadal kengayishi tabiiy landshaftlarning antropogen landshaftlarga aylanishiga olib kelmoqda. Geoekologik muvozanatni saqlashda yashil hududlarning ulushi va ularning biomasofa zichligi hal qiluvchi rol o‘ynaydi. An’anaviy yer usti kuzatuv usullari katta hududlarni bir vaqtning o‘zida va uzluksiz baholash imkonini bermaydi. Shu sababli, Yevropa Koinot Agentligi (ESA) tomonidan uchirilgan Sentinel-2 sun’iy yo‘ldosh turkumining masofadan zondlash (Remote Sensing) texnologiyalari ushbu muammoni hal etishning eng samarali va aniq vositasi hisoblanadi. Sentinel-2 sun’iy yo‘ldoshining yuqori fazoviy ajratish qobiliyati (10 metrli piksellar) o‘simlik va yer qoplamasini doimiy monitoring qilish imkonini beradi.

Kosmik tasvirlardan foydalanib o‘simlik qatlamini baholashda eng keng tarqalgan va ishonchli ko‘rsatkich NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) hisoblanadi. NDVI qiymati Sentinel-2 ning spektral kanallari asosida quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$\mathbf{NDVI = (Band\ 8 - Band\ 4) / (Band\ 8 + Band\ 4)}$$

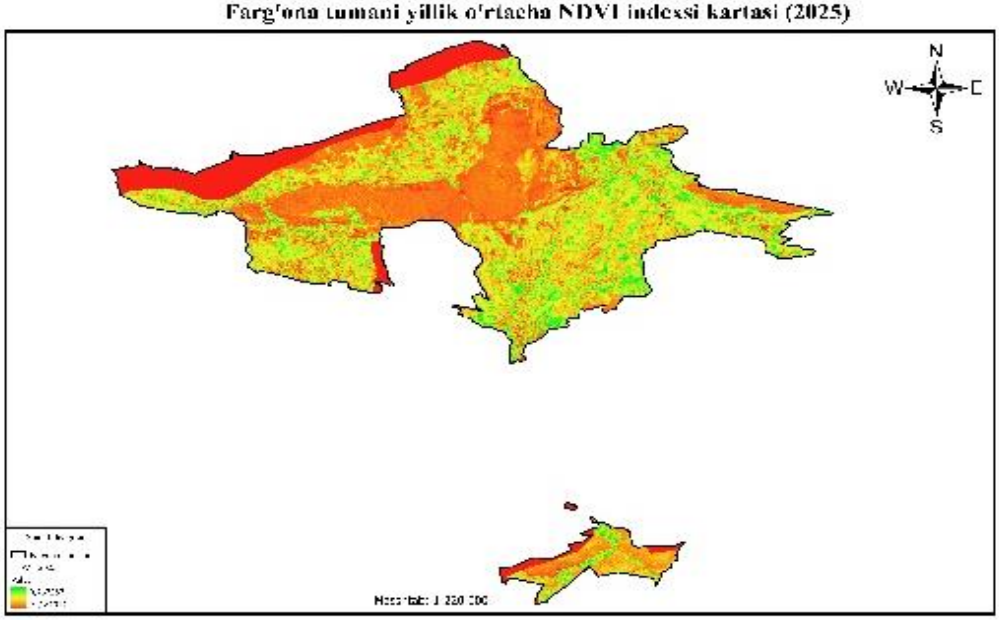
O‘simlik xlorofilli ko‘rinuvchi qizil nurni (Red) yutadi va yaqin infraqizil nurni (NIR) kuchli qaytaradi. NDVI qiymati -1.0 dan +1.0 gacha o‘zgaradi. Suv ob’ektlari va qor qatlami manfiy qiymatlarni, ochiq tuproq va binolar 0.0 - 0.2 oralig‘ini, siyrak o‘simliklar 0.2 - 0.4 ni, zich yashil hududlar va ekinzorlar esa 0.5 - 0.8 yuqori qiymatlarni tashkil etadi.



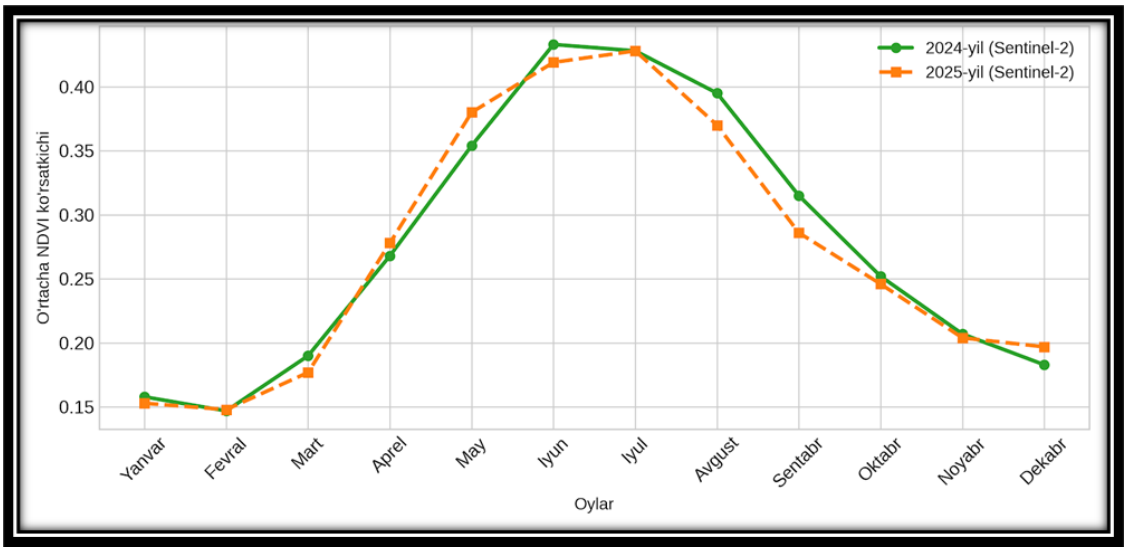
1-rasm : ***Farg‘ona tumani Sentinel-2 sun’iy yo‘ldoshi ma’lumotlari asosida yillik o‘rtacha NDVI indeksining 2024-yilgi kartasi***

Sentinel-2 ma’lumotlariga ko‘ra, 2024-yilda Farg‘ona tumani bo‘yicha yillik o‘rtacha NDVI qiymati minimal -0.1577 va maksimal +0.7689 ko‘rsatkich oralig‘ida shakllangan.

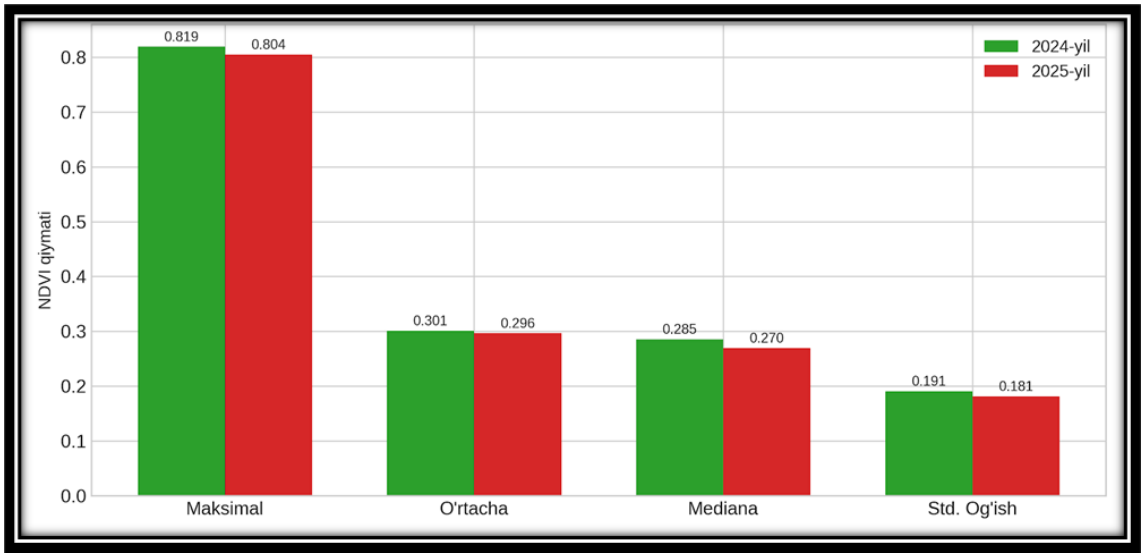
Farg‘ona tumanining geofizik xususiyatlari, Sentinel-2 tasvirlari va NDVI indeksini hisoblash metodologiyasi. Farg‘ona tumani Farg‘ona vodiysining janubiy qismida, Oloy tizmasi etaklarida joylashgan bo‘lib, uning hududi ham tog‘ oldi adirlari, ham tekislik agrolandshaftlarini o‘z ichiga oladi. Hududning iqlimi keskin kontinental bo‘lib, yoz oylarida issiq va quruq havo massalari ustunlik qiladi. Shu sababli, ekinlar va yashil hududlarning holati sug‘orish tizimlari hamda mavsumiy yog‘ingarchilikka juda bog‘liq. Tadqiqotda Farg‘ona tumanining to‘liq ma’lumotlar bazasini qamrab oluvchi 12 743 589 ta piksel tahlil qilindi. Sentinel-2 sun’iy yo‘ldoshining 2024 va 2025-yillardagi oylik kosmik tasvirlari qayta ishlanib, statistik ko‘rsatkichlar ajratib olindi.



2-rasm bu: ***Farg‘ona tumani Sentinel-2 sun’iy yo‘ldoshi ma’lumotlari asosida yillik o‘rtacha NDVI indeksining 2025-yilgi kartasi***



1-diagramma. ***Sentinel-2 ma’lumotlari bo‘yicha 2024 va 2025-yillardagi oylik o‘rtacha NDVI dinamikasi grafigi***



2-diagramma. ***2024 va 2025-yillardagi Sentinel-2 NDVI asosiy statistik ko‘rsatkichlari solishtirma ustunli diagrammasi***

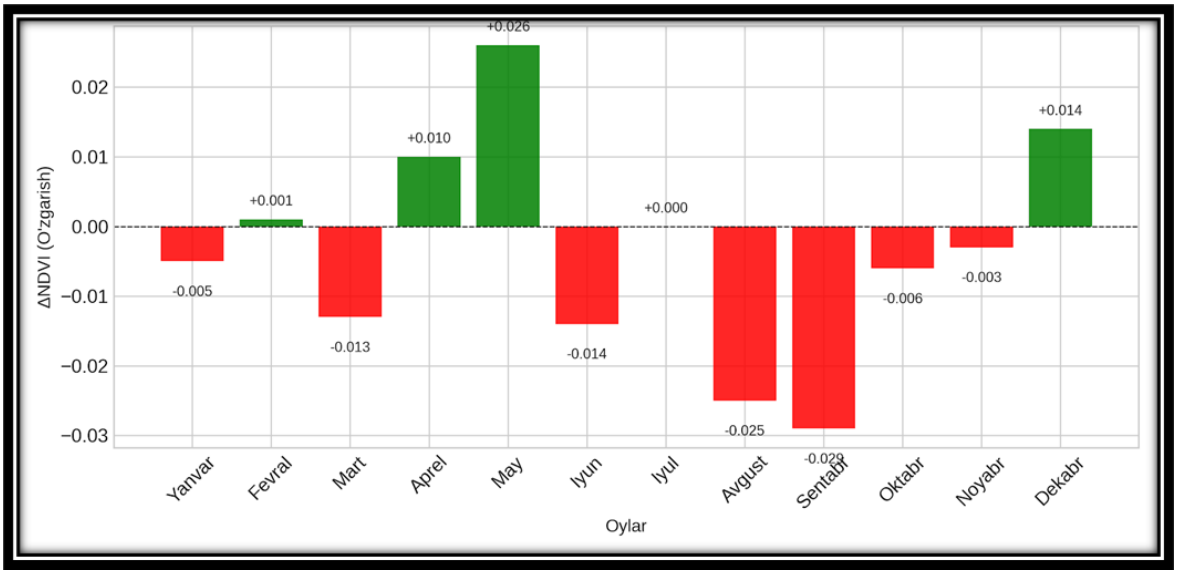
2024 va 2025-yillardagi NDVI ko‘rsatkichlarining qiyosiy, statistik va mavsumiy dinamikasi. O‘simlik qatlamining rivojlanishi yil davomida mavsumiy o‘zgarishlarga uchraydi. Farg‘ona tumanida o‘simliklarning faol vegetatsiya davri aprel oyidan e’tiboran boshlanib, iyul-avgust oylarida cho‘qqiga erishadi va kuz oylarida so‘nish bosqichiga o‘tadi.

Oy	**2024-yil (O‘rtacha NDVI)**	**2025-yil (O‘rtacha NDVI)**	**O‘zgarish (ΔNDVI)**	**Holat / Izoh**
Yanvar	0.158	0.153	-0.005	Bir oz pasayish
Fevral	0.147	0.148	+0.001	Deyarli bir xil
Mart	0.190	0.177	-0.013	Bir oz pasayish

Aprel	0.268	0.278	+0.010	O‘sish (Erta bahor)
May	0.354	0.380	+0.026	Sezilarli o‘sish
Iyun	0.433	0.419	-0.014	Yuqori ko‘rsatkich
Iyul	0.428	0.428	0.000	Barqaror yuqori
Avgust	0.395	0.370	-0.025	Sezilarli pasayish
Sentabr	0.315	0.286	-0.029	Keskin pasayish
Oktabr	0.252	0.246	-0.006	Deyarli bir xil
Noyabr	0.207	0.204	-0.003	Deyarli bir xil
Dekabr	0.183	0.197	+0.014	Bir oz o‘sish

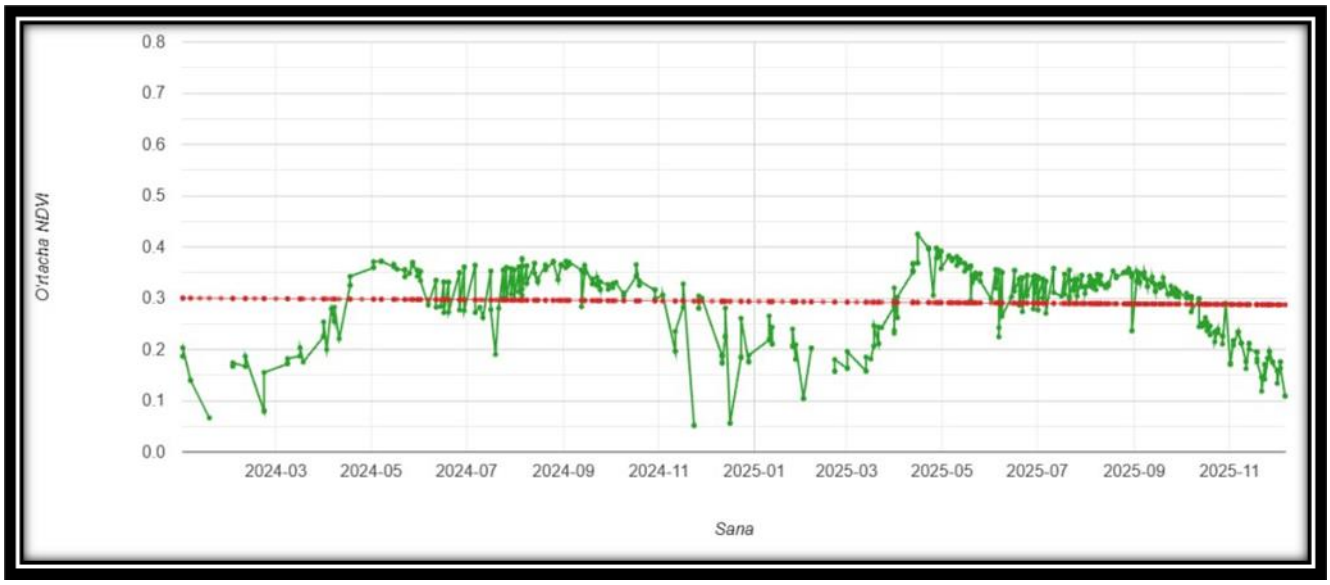
2-jadval. ***Farg‘ona tumanida Sentinel-2 ma’lumotlari bo‘yicha oylar kesimida o‘rtacha NDVI ko‘rsatkichlari dinamikasi (2024–2025 yillar)***

2-jadval Sentinel-2 tasvirlari asosida oylik dinamika tahlilini taqdim etadi. 2024-yilda eng yuqori NDVI ko‘rsatkichi iyun oyida (0.433) qayd etilgan bo‘lsa, 2025-yilda eng yuqori ko‘rsatkich iyul oyiga (0.428) va may oyiga (0.380) to‘g‘ri kelgan. Diqqatga sazovor jihati shundaki, 2025-yilning aprel (+0.010) va may (+0.026) oylarida vegetatsiya faolroq boshlangan, ammo avgust (-0.025) va sentabr (-0.029) oylarida o‘simlik indeksi 2024-yilga nisbatan sezilarli darajada tushib ketgan. Bu holat yoz oxiridagi gidrologik va harorat stresi bilan izohlanadi.

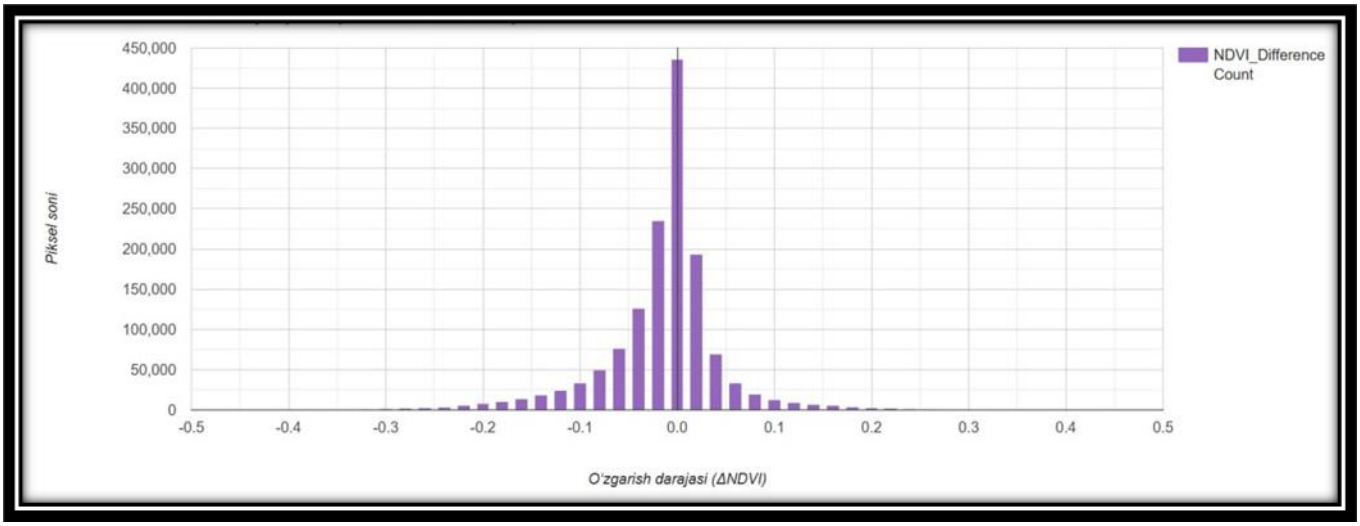


3-diagramma. *Oylar kesimida NDVI farqi (Delta NDVI = 2025 - 2024) gisterogramma diagrammasi*

Vegetatsiya davri (Aprel - oktabr) Farg‘ona tumani geoekologik holatini belgilovchi asosiy davr hisoblanadi. Ushbu 7 oy davomida o‘rtacha NDVI ko‘rsatkichi 2024-yilda 0.349 ni, 2025-yilda esa 0.344 ni tashkil etdi.



3-rasm. *NDVI ko‘rsatkichining yillik dinamikasi va trend chizig‘i tasviri*



4-rasm. *NDVI farqi piksellar soni taqsimoti gisterogrammasi*

4-rasmda keltirilgan Sentinel-2 piksellar farqi taqsimoti (Difference = 2025 - 2024) ko‘rsatadiki, piksellarning doimiy ko‘pchiligi 0.0 atrofida to‘plangan (430,000 dan ortiq piksel) va -0.1 dan +0.1 gacha bo‘lgan diapazonda taqsimlangan. Biroq, manfiy tomondagi piksellar soni (0.0 dan chapda) musbat tomondagilarga nisbatan ustunlik qiladi, bu esa umumiy hudud bo‘yicha yashil qatlamning biroz pasayish yo‘nalishida ekanligini tasdiqlaydi.

Xulosa. Ushbu ilmiy tadqiqotda Farg‘ona tumanining 2024 va 2025-yillardagi geoekologik holati hamda o‘simlik qatlami dinamikasi Yevropa Koinot Agentligining

Sentinel-2 sun’iy yo‘ldosh tasvirlari (12 743 589 ta piksel ma’lumotlar bazasi) hamda GIS texnologiyalari yordamida chuqur va atroflicha tahlil qilindi.

Olingan statistik, mavsumiy va kartografik natijalardan quyidagi asosiy ilmiy xulosalar kelib chiqadi: Integrallashgan statistik dinamika: Farg‘ona tumanida yillik o‘rtacha NDVI ko‘rsatkichi 2024-yildagi 0.3011 birlikdan 2025-yilda 0.2965 birlikka pasaygan bo‘lib, umumiy pasayish -0.0046 ni tashkil etdi. Shuningdek, mediana ko‘rsatkichi 0.2852 dan 0.2695 ga, maksimal vegetatsiya qiymati esa 0.8191 dan 0.8045 ga tushgan. Bu raqamli ko‘rsatkichlar tumandagi umumiy yashil biomasa va o‘simlik zichligida kichik, ammo barqaror pasayish tendensiyasi mavjudligini tasdiqlaydi.

Mavsumiy va fenologik o‘zgarishlar: Sentinel-2 oylik ma’lumotlari tahlili shuni ko‘rsatadiki, 2025-yilning bahor oylarida (Aprel +0.010, may +0.026) o‘simliklarning rivojlanishi 2024-yilga nisbatan ertaroq va jadallik bilan boshlangan. Biroq yoz oylarining ikkinchi yarmi hamda kuz boshida (Avgust -0.025, sentabr -0.029) NDVI qiymatlarida keskin orqaga chekinish kuzatildi. Bu holat yoz va kuz oylarida sug‘orish suvlari resurslarining yetishmovchiligi, havo haroratining ko‘tarilishi va qurg‘oqchilik oqibatida me’yoriy transpiratsiyaning buzilishi bilan bevosita bog‘liq.

Fazoviy taqsimot va geoekologik xatarlar: Piksellar farqi taqsimoti (Difference Distribution) va kvartil tahlili zich va faol vegetatsiyali yashil maydonlar ulushining qisqarganligini ko‘rsatadi. Shahar atrofi va sanoatlashgan zona tutashgan hududlarda antropogen bosim, qurilishlar ko‘lami hamda infratuzilma kengayishi natijasida tabiiy va sun’iy yashil belbog‘lar zanjirida uzilishlar hosil bo‘lmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Safarov E.Y., Egamberdiyev X.T. Geoinformatsion tizimlar va masofadan zondlash. – Toshkent: "Fan va texnologiya", 2017. – 216 b. (GIS va kosmik tasvirlarni qayta ishlash usullari va algoritmlari uchun).

2. Nig‘matov A.N. Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish. – Toshkent: "O‘zbekiston faylasuflari milliy jamiyati", 2012. – 320 b. (Geoekologik muvozanat va shahar ekologiyasi nazariyasi bo‘yicha).

3. Hikmatov F.H., Sirliboeva Z.S. Farg‘ona vodiysi agrolandshaftlari va gidroekologik monitoringi. – Toshkent: "Universitet", 2018. – 164 b. (Farg‘ona vodiysining o‘ziga xos iqlim va landshaft xususiyatlari bo‘yicha).

4. Baratov P., Mamatqulov M., Rafiqov A. O‘zbekiston geoekologiyasi va tabiatdan oqilona foydalanish. – Toshkent: "O‘qituvchi", 2002. – 180 b. (O‘zbekiston hududidagi antropogen ta’sirlarni baholash uchun).

5. Gartland L. Heat Islands: Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas. – London: Routledge, 2012. – 216 p. (Shaharlardagi issiqlik orollari va yashil hududlarning mikro-iqlimga ta’sirini baholash bo‘yicha xalqaro qo‘llanma).

6. Drusch M., Del Bello U., Carlier S., et al. Sentinel-2: ESA’s Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services // Remote Sensing of Environment. – 2012. – Vol. 120. – P. 25–36. (Sentinel-2 sun’iy yo‘ldoshining spektral kanallari va texnik imkoniyatlari tasviri).

7. Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS // Third ERTS Symposium, NASA. – 1974. – P. 309–317. (NDVI formulasining ilmiy asosi va birinchi qo‘llanilishi).

8. Gorelick N., Hancher M., Dixon M., et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis platform for everyone // Remote Sensing of Environment. – 2017. – Vol. 202. – P. 18–27. (Katta hajmli kosmik piksellar va vaqt seriyalarini tahlil qilish metodologiyasi).

9. Akbari H., Pomerantz M., Taha H. Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas // Solar Energy. – 2001. – Vol. 70(3). – P. 295–310. (Yashil qatlamning shahar haroratini pasaytirish va havo sifatini yaxshilashdagi o‘rni).