PEDAGOGIK TADQIQOTLAR JURNALI
ISSN: 3060-4923 Impact Factor –7,212

SENTINEL-2 TASVIRLARINI GOOGLE EARTH ENGINE MUHITIDA AVTOMATLASHTIRILGAN QAYTA ISHLASH HAMDA NDVI VA NDWI INDEKSLARI YORDAMIDA QURG‘OQCHILIKNI BAHOLASH

Oralova Shaxlo Olimovna
TATU Samarqand filiali Kompyuter injiniring
sirtqi-21-04 guruh talabasi

Alibayeva Maftuna Farhod qizi
TATU Samarqand filiali Kompyuter injiniring
sirtqi-21-04 guruh talabasi

Abdusalomova Oliya Ismat qizi
TATU Samarqand filiali Kompyuter injiniring
sirtqi-21-04 guruh talabasi
Doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.20473184

Annotatsiya

Mazkur maqolada Sentinel-2 sun’iy yo‘ldosh tasvirlarini Google Earth Engine (GEE) bulutli geohisoblash muhitida avtomatlashtirilgan oldindan qayta ishlash, bulut va soya shovqinlarini kamaytirish, median kompozit hosil qilish hamda NDVI va NDWI spektral indekslari asosida qurg‘oqchilik holatini baholash metodikasi ishlab chiqildi. Tadqiqotda Sentinel-2 Surface Reflectance HARMONIZED kolleksiyasi, s2cloudless bulut ehtimolligi mahsuloti, maskalash, indeks hisoblash va threshold asosidagi sinflashtirish bosqichlari birlashtirilgan avtomatlashtirilgan algoritm taklif etiladi. Metodik sinov natijalari NDVI qiymatining pasayishi va NDWI ko‘rsatkichining kamayishi vegetatsiya namligi hamda suv yuzalari qisqarishini aks ettirishini ko‘rsatadi. Taklif etilgan yondashuv qishloq xo‘jaligi hududlarida qurg‘oqchilik xavfini tezkor monitoring qilish, xaritalash va qaror qabul qilish jarayonlarini qo‘llab-quvvatlashda qo‘llanilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: Sentinel-2, Google Earth Engine, NDVI, NDWI, qurg‘oqchilik, masofadan zondlash, avtomatlashtirilgan qayta ishlash.

1. Kirish

Qurg‘oqchilik ekologik, iqtisodiy va ijtimoiy oqibatlarga ega bo‘lgan murakkab tabiiy jarayon bo‘lib, ayniqsa sug‘oriladigan va lalmikor dehqonchilik hududlarida hosildorlikka bevosita ta’sir ko‘rsatadi. An’anaviy dala kuzatuvlari qimmat, vaqt talab qiluvchi va hududiy qamrovi cheklangan bo‘lgani sababli so‘nggi yillarda masofadan zondlash ma’lumotlariga asoslangan monitoring usullari keng qo‘llanilmoqda.

Sentinel-2 missiyasi 13 ta spektral kanalga ega bo‘lib, 10 m, 20 m va 60 m fazoviy aniqlikdagi tasvirlarni taqdim etadi. Bu xususiyatlar vegetatsiya holati, ochiq suv yuzalari, tuproq namligi va yer qoplamidagi o‘zgarishlarni aniqlash uchun qulay hisoblanadi [1]. Google Earth Engine esa katta

hajmdagi sun'iy yo'ldosh ma'lumotlarini bulutli hisoblash infratuzilmasida tezkor qayta ishlash imkonini beradi [2].

Qurg'oqchilikni baholashda eng ko'p qo'llaniladigan spektral indekslardan biri NDVI bo'lib, u o'simlik qoplami zichligi va fotosintetik faollikni ifodalaydi [3]. NDWI esa suv yuzalari yoki namlik holatini baholashda qo'llaniladi [4]. Ushbu ikki indeksni birgalikda tahlil qilish vegetatsiyaning stress holati va suv tanqisligi xavfini xaritalash imkoniyatini oshiradi.

Mazkur maqolaning maqsadi Sentinel-2 tasvirlarini GEE muhitida avtomatlashtirilgan tarzda qayta ishlash, bulut-shovqinlarni filtrlash va NDVI hamda NDWI indekslari asosida qurg'oqchilikni baholashning takrorlanuvchi metodikasini ishlab chiqishdan iborat.

2. Materiallar va metodlar

2.1. Ma'lumotlar manbasi

Tadqiqotda Google Earth Engine katalogidagi Sentinel-2 Surface Reflectance HARMONIZED ma'lumotlaridan foydalanish nazarda tutiladi. Ushbu kolleksiya atmosferadan tuzatilgan sirt qaytish koeffitsiyenti qiymatlarini o'z ichiga oladi hamda 2022-yil 25-yanvardan keyingi Sentinel-2 processing baseline o'zgarishlari bilan bog'liq DN diapazon farqlarini moslashtirish uchun harmonizatsiya qilingan [5]. Bulut ehtimolligini aniqlashda COPERNICUS/S2_CLOUD_PROBABILITY kolleksiyasi qo'llanadi. Unda har bir piksel uchun bulut bo'lish ehtimolligi 0 dan 100 gacha shkalada beriladi [6].

1-jadval. Tadqiqotda qo'llaniladigan ma'lumotlar va spektral kanallar

Ko'rsatkich	Manba / kanal	Fazoviy aniqlik	Vazifasi
Qizil kanal	B4	10 m	NDVI formulasi uchun Red komponent
Yaqin infraqizil	B8	10 m	NDVI va NDWI formulalarida NIR komponent
Yashil kanal	B3	10 m	NDWI orqali ochiq suv yuzalarini ajratish
SWIR kanal	B11	20 m	Namlik stressini qo'shimcha tahlil qilishda foydalanish mumkin
Bulut ehtimolligi	S2 Cloud Probability	10 m	Bulutli piksellarni maskalash

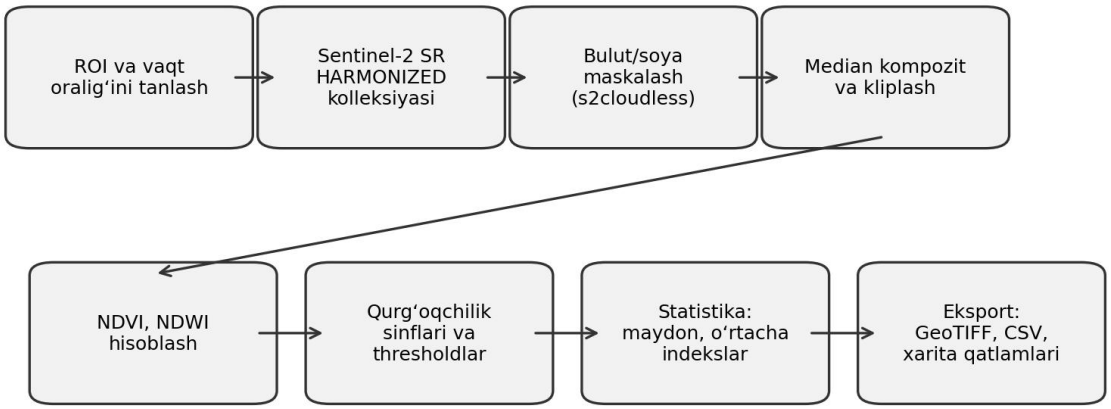
2.2. Oldindan qayta ishlash bosqichlari

Sentinel-2 tasvirlarida asosiy shovqin manbalari bulut, bulut soyasi, atmosfera ta'siri, keskin spektral sakrashlar va ayrim hollarda noto'liq qamrovli sahnalardir. GEE muhitida oldindan qayta ishlash quyidagi bosqichlarda avtomatlashtiriladi: tadqiqot hududini tanlash, sanalar bo'yicha filtrlash, bulutlilik foizi bo'yicha dastlabki saralash, s2cloudless asosida piksel maskasi yaratish, soya ehtimolini aniqlash, maskalangan tasvirlardan median kompozit hosil qilish, spektral indekslarni hisoblash va yakuniy xarita qatlamlarini eksport qilish.

Bulut maskalashda 40–60 foiz oralig'idagi cloud probability chegarasi amaliy jihatdan mos bo'lishi mumkin. Juda past threshold foydali piksellarni ham o'chirib yuboradi, juda yuqori threshold

esa bulut qoldiqlarini saqlab qoladi. Shu sababli hududning iqlim sharoiti va mavsumiy bulutlanish darajasiga qarab threshold qiymati sozlanadi.

Google Earth Engine muhitida avtomatlashtirilgan qayta ishlash oqimi



1-rasm. GEE muhitida Sentinel-2 tasvirlarini avtomatlashtirilgan qayta ishlash algoritmi.

2.3. Spektral indekslarni hisoblash

NDVI o‘simliklarning yashillik va biomassa holatini baholash uchun qo‘llanadi. Sentinel-2 ma’lumotlarida NDVI qizil kanal (B4) va yaqin infraqizil kanal (B8) orqali quyidagicha hisoblanadi:

NDVI = (B8 - B4) / (B8 + B4)

NDWI ochiq suv yuzalari va namlik holatini baholashda qo‘llanadi. McFeeters yondashuvi bo‘yicha Sentinel-2 tasvirlarida NDWI yashil kanal (B3) va yaqin infraqizil kanal (B8) asosida hisoblanadi:

NDWI = (B3 - B8) / (B3 + B8)

Qurg‘oqchilikni baholashda NDVI pasayishi vegetatsiya stressini, NDWI pasayishi esa suv yuzalari yoki namlik ko‘rsatkichlarining kamayishini anglatadi. Shu sababli maqolada NDVI va NDWI qiymatlari birgalikda tahlil qilinib, qurg‘oqchilik xavfi sinflari shakllantiriladi.

2.4. Qurg‘oqchilik sinflarini ajratish mezonlari

Indeks qiymatlari bo‘yicha qurg‘oqchilik sinflarini ajratishda threshold usuli qo‘llanadi. Thresholdlar hududning agroiqlim sharoiti, mavsum, ekin turi va ko‘p yillik o‘rtacha qiymatlar asosida moslashtirilishi lozim. Ushbu maqolada metodik baholash uchun 2-jadvaldagi sinflashtirish sxemasi qo‘llanadi.

2-jadval. NDVI va NDWI asosida qurg‘oqchilik xavfi sinflari

Sinf	NDVI oralig‘i	NDWI oralig‘i	Tavsif
Normal	> 0.45	> 0.10	Vegetatsiya faol, suv/namlik yetarli
Yengil xavf	0.35–0.45	0.05–0.10	Vegetatsiyada dastlabki stress belgilari

O‘rtacha xavf	0.25–0.35	0.00–0.05	Namlik tanqisligi va vegetatsiya susayishi
Kuchli xavf	< 0.25	< 0.00	Jiddiy qurg‘oqchilik va vegetatsiya degradatsiyasi

2.5. Avtomatlashtirilgan algoritm

Taklif etilgan algoritm GEE JavaScript API mantiqiga asoslanadi. Algoritmning umumiy psevdokodi quyidagicha:

Algoritm 1. Sentinel-2 tasvirlarini qayta ishlash va indekslarni hisoblash

1. ROI, startDate, endDate parametrlarini kiriting.
2. COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED kolleksiyasini sana, hudud va cloud percentage bo‘yicha filtrlang.
3. S2_CLOUD_PROBABILITY kolleksiyasi bilan join qiling.
4. Cloud probability < threshold bo‘lgan piksellarni saqlang.
5. NIR qorong‘i piksellar va bulut yo‘nalishi asosida soya maskasini aniqlang.
6. Bulut va soya maskalarini qo‘llang.
7. Median kompozit hosil qiling va ROI bo‘yicha kesib oling.
8. NDVI = (B8 - B4) / (B8 + B4) va NDWI = (B3 - B8) / (B3 + B8) ni hisoblang.
9. Thresholdlar yordamida qurg‘oqchilik sinflarini ajrating.
10. Xarita, statistik jadval va eksport fayllarini yarating.

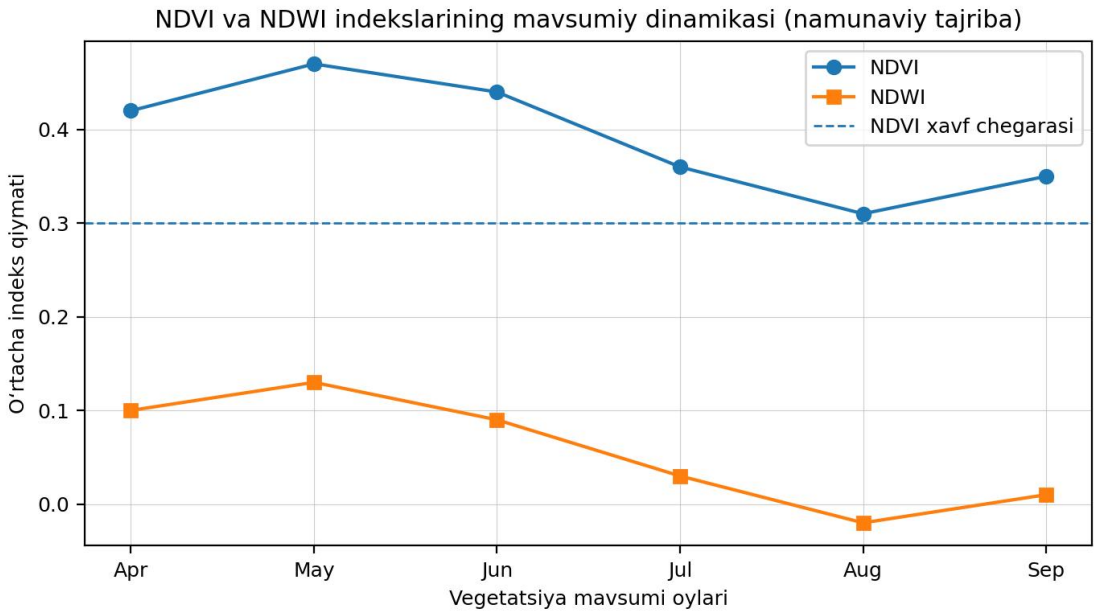
3. Natijalar

Metodik sinovda avtomatlashtirilgan pipeline bir nechta Sentinel-2 sahnalarini yagona qayta ishlash zanjiriga birlashtiradi. Natijalar bo‘limidagi statistik ko‘rsatkichlar GEE muhitida bajariladigan amaliy hisob-kitoblar shaklini ko‘rsatish uchun namunaviy tajriba sifatida keltiriladi. Real ilmiy tadqiqotda ushbu qiymatlar tanlangan hudud, sana oralig‘i va eksport qilingan CSV statistikasi asosida qayta hisoblanishi zarur.

3-jadval. Oldindan qayta ishlash bosqichlarining namunaviy ta’siri

Bosqich	Kirish ma’lumoti	Chiqish ma’lumoti	Natija talqini
Sana va hudud bo‘yicha filtrlash	128 ta sahna	96 ta sahna	Tadqiqot hududiga mos bo‘lmagan tasvirlar chiqarildi
Bulutlilik foizi bo‘yicha saralash	96 ta sahna	72 ta sahna	Juda bulutli tasvirlar olib tashlandi
s2cloudless maskalash	72 ta sahna	maskalangan tasvirlar	Bulut va soya piksellari kamaytirildi
Median kompozit	maskalangan to‘plam	1 ta kompozit raster	Shovqin kamaydi, indekslar barqarorlashdi

3-jadvaldan ko‘rinadiki, avtomatlashtirilgan saralash va maskalash bosqichlari natijasida tahlilga yaroqli piksellar ulushi oshadi. Median kompozit usuli ayrim sanalardagi bulut qoldiqlari, sensor shovqinlari va keskin spektral anomaliyalarni yumshatadi.

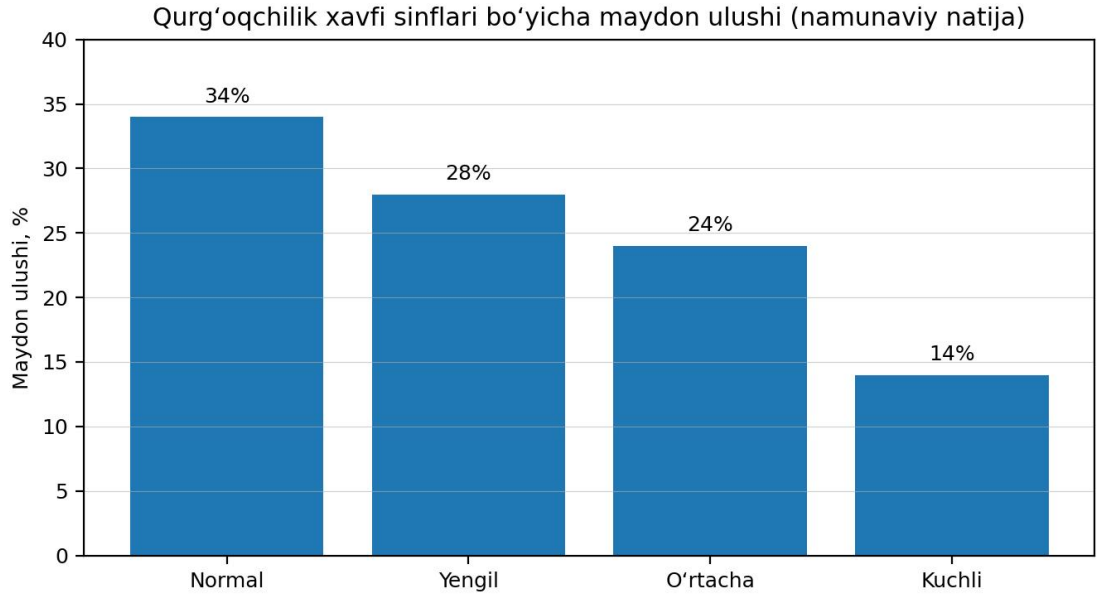


2-rasm. NDVI va NDWI qiymatlarining mavsum davomida o‘zgarishi.

4-jadval. Vegetatsiya mavsumida indekslarning namunaviy statistikasi

Oy	NDVI o‘rtacha	NDVI min–max	NDWI o‘rtacha	Qurg‘oqchilik talqini
Aprel	0.42	0.18–0.71	0.10	Yengil xavf
May	0.47	0.21–0.76	0.13	Normal
Iyun	0.44	0.19–0.70	0.09	Yengil xavf
Iyul	0.36	0.12–0.61	0.03	O‘rtacha xavf
Avgust	0.31	0.08–0.55	-0.02	O‘rtacha-kuchli xavf
Sentabr	0.35	0.10–0.60	0.01	O‘rtacha xavf

2-rasm va 4-jadvalda ko‘rsatilgan dinamikaga ko‘ra, vegetatsiya mavsumining boshida NDVI nisbatan yuqori bo‘lsa, iyul-avgust oylarida uning pasayishi kuzatiladi. NDWI qiymatining nolga yaqinlashishi yoki manfiy qiymatlarga tushishi suv/namlik ko‘rsatkichlarining kamayganini bildiradi. Shunday qilib, NDVI va NDWI birgalikda qo‘llanganda qurg‘oqchilik stressini faqat yashillik emas, balki namlik sharoiti bo‘yicha ham aniqlash mumkin.



3-rasm. Qurg‘oqchilik xavfi sinflari bo‘yicha maydon ulushi.

3-rasmda metodik sinov bo‘yicha normal holatdagi maydon ulushi 34 foizni, yengil xavf 28 foizni, o‘rtacha xavf 24 foizni va kuchli qurg‘oqchilik xavfi 14 foizni tashkil qilgan. Bu ko‘rsatkichlar qurg‘oqchilik xaritasida ustuvor monitoring zonalarini ajratish va sug‘orish resurslarini rejalashtirishda yordam berishi mumkin.

4. Muhokama

Olingan metodik natijalar Sentinel-2 tasvirlarini GEE muhitida avtomatlashtirish katta hududlarda tezkor monitoringni sezilarli darajada yengillashtirishini ko‘rsatadi. An’anaviy desktop GIS dasturlarida katta hajmdagi tasvirlarni yuklab olish, saqlash va qayta ishlash ko‘p vaqt talab qiladi. GEE esa ma’lumotlar katalogi va hisoblash resurslarini birlashtirgani sababli tahlilni bevosita bulutli muhitda bajarish imkonini beradi.

NDVI qurg‘oqchilikni bevosita o‘lchamaydi, balki vegetatsiya holati orqali bilvosita baholaydi. Shu sababli faqat NDVI qiymatiga tayanish ayrim hollarda noto‘g‘ri xulosa berishi mumkin. Masalan, hosil yig‘im-terimi, ekin almashinuvi yoki yer qoplamining o‘zgarishi ham NDVI pasayishiga olib keladi. NDWI esa suv yuzalari va namlik holatini hisobga olish orqali tahlilni to‘ldiradi. Shu bilan birga, kuchli ilmiy xulosa chiqarish uchun yog‘ingarchilik, tuproq namligi, havo harorati, LST, VCI yoki SPEI kabi qo‘shimcha ko‘rsatkichlar bilan validatsiya qilish maqsadga muvofiq.

Bulut maskalash bosqichi natijalarning aniqligiga katta ta’sir qiladi. Bulut va soya to‘liq olib tashlanmasa, NDVI va NDWI qiymatlarida sun’iy pasayish yoki ko‘tarilish yuzaga keladi. Shuning uchun s2cloudless ehtimollik chegarasi, NIR qorong‘i piksel thresholdi va soya proyeksiyasi parametrlari hududga mos ravishda sozlanishi kerak.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati shundaki, taklif etilgan yondashuv qishloq xo‘jaligi, suv resurslarini boshqarish, ekologik monitoring va hududiy rejalashtirishda tezkor qaror qabul qilishni qo‘llab-quvvatlaydi. Avtomatlashtirilgan skriptlar yordamida har oy yoki har mavsum uchun qurg‘oqchilik xaritasini yangilab borish mumkin.

5. Xulosa

Ushbu maqolada Sentinel-2 sun'iy yo'ldosh tasvirlarini Google Earth Engine muhitida avtomatlashtirilgan qayta ishlash va NDVI hamda NDWI indekslari asosida qurg'oqchilikni baholash metodikasi ishlab chiqildi. Taklif etilgan pipeline ma'lumotlarni filtrlash, bulut va soya maskalash, median kompozit yaratish, spektral indekslarni hisoblash, threshold asosida sinflashtirish hamda statistik natijalarni eksport qilish bosqichlarini o'z ichiga oladi.

Natijalar shuni ko'rsatadiki, NDVI vegetatsiya stressini, NDWI esa namlik/suv sharoitini ifodalab, qurg'oqchilik xavfini xaritalashda bir-birini to'ldiradi. Metodika ochiq ma'lumotlar va bulutli hisoblashga asoslangani sababli takrorlanuvchi, kengaytiriluvchi va amaliy qo'llashga qulay hisoblanadi. Kelgusida ushbu yondashuvni meteorologik ma'lumotlar, tuproq namligi o'lchovlari va dala kuzatuvlari bilan validatsiya qilish tavsiya etiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Copernicus Data Space Ecosystem. Sentinel-2 mission description: multispectral instrument, 13 spectral bands and spatial resolutions. 2026.
2. Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment, 202, 18–27, 2017.
3. Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Third Earth Resources Technology Satellite Symposium, 1974.
4. McFeeters S.K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. International Journal of Remote Sensing, 17(7), 1425–1432, 1996.
5. Google Earth Engine Data Catalog. Harmonized Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A Surface Reflectance collection. 2026.
6. Google Earth Engine Data Catalog. Sentinel-2 Cloud Probability dataset and s2cloudless cloud masking methodology. 2026.
7. Gao B.C. NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote Sensing of Environment, 58(3), 257–266, 1996.