



UDK: 528.8:556.55

Odinaxon S. ORIPOVA,

Magistrant, Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, O'zbekiston

E-mail: odish.sultan@gmail.com

Dilbarxon Sh. FAZILOVA,

Fizika-matematika fanlari doktori, professor, O'zR FA Astronomiya instituti, Toshkent, O'zbekiston

E-mail: dil_faz@yahoo.com, ORCID: 0000-0002-7002-189X

Aziz N. KAZAKOV,

texnika fanlari falsafa doktori, dotsent, Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, O'zbekiston

E-mail: Azlik19@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-9862-6594

Oz'MU dotsenti, PhD O.Arabov taqrizi asosida

CHORVOQ SUV OMBORI SUV YUZASI VA QIRG'OQBO'YI VEGETATSIYASI DINAMIKASINI LANDSAT ASOSIDA BAHOLASH

Annotatsiya

Mazkur tadqiqotda 2020–2025-yillarda Chorvoq suv ombori suv yuzasi va qirg'oqbo'yi vegetatsiyasi Landsat 8/9 tasvirlari asosida baholandi. Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI) natijalari suv maydoni aprel oyida 1922.1–2588.8 ga, iyulda 3592.2–3912.8 ga bo'lganini ko'rsatdi; eng katta mavsumiy farq 1762.6 ga ni tashkil etdi. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) xaritalari iyul oyida qirg'oqbo'yi vegetatsiyasi faolligi aprelga nisbatan yuqoriroq ekanini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: masofadan zondlash, Landsat, MNDWI, NDVI, Chorvoq suv ombori, suv yuzasi, qirg'oqbo'yi vegetatsiyasi, GAT.

ASSESSMENT OF WATER SURFACE AND SHORELINE VEGETATION DYNAMICS OF THE CHARVAK RESERVOIR USING LANDSAT DATA

Annotation

This study assesses water surface area and shoreline vegetation dynamics of the Charvak Reservoir in 2020–2025 using Landsat 8/9 imagery. MNDWI results show that the water area varied from 1922.1–2588.8 ha in April to 3592.2–3912.8 ha in July, with the maximum seasonal difference reaching 1762.6 ha. NDVI maps indicate increased shoreline vegetation activity in July.

Keywords: remote sensing, Landsat, MNDWI, NDVI, Charvak Reservoir, water surface, shoreline vegetation, GIS.

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ПРИБРЕЖНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЧАРВАКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО ДАННЫМ LANDSAT

Аннотация

В работе по данным Landsat 8/9 оценена динамика водной поверхности и прибрежной растительности Чарвакского водохранилища за 2020–2025 гг. MNDWI показал, что площадь воды составляла 1922.1–2588.8 га в апреле и 3592.2–3912.8 га в июле; максимальная сезонная разница достигла 1762.6 га. Карты Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) показали более высокую активность прибрежной растительности в июле по сравнению с апрелем.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, Landsat, MNDWI, NDVI, Чарвакское водохранилище, водная поверхность, прибрежная растительность, ГИС.

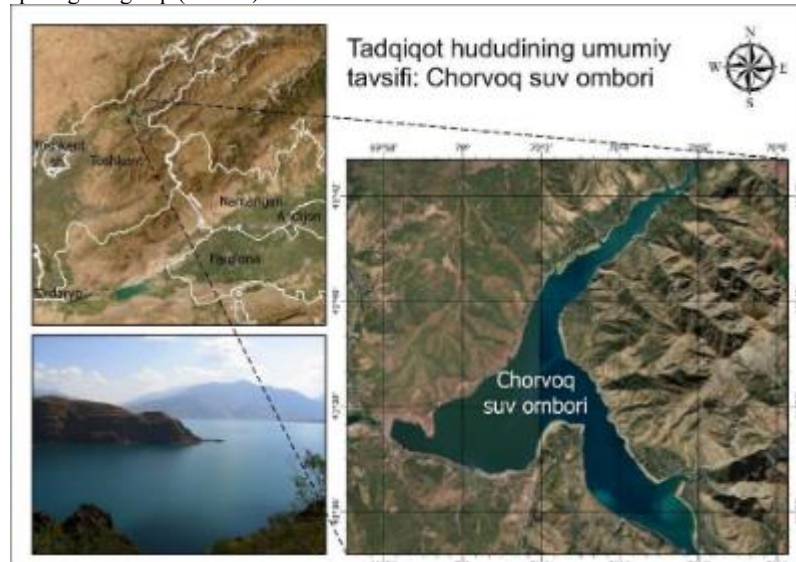
Kirish. So'nggi yillarda iqlim o'zgarishi, suvga bo'lgan talabning ortishi va tog'li hududlarda gidrologik rejimning mavsumiy o'zgaruvchanligi suv omborlarini muntazam monitoring qilish zaruratini kuchaytirmoqda. Markaziy Osiyoda suv resurslari qishloq xo'jaligi, energetika, rekreatsiya va ekologik barqarorlik uchun strategik ahamiyatga ega. Shu bois suv omborlari akvatoriyasi hamda qirg'oqbo'yi hududlaridagi o'zgarishlarni baholash dolzarb ilmiy-amaliy masala hisoblanadi [1, 2]. Chorvoq suv ombori Toshkent viloyati Bo'stonliq tumanida, Chirchiq daryosi havzasida joylashgan yirik gidrotexnik obyekt bo'lib, suv ta'minoti, sug'orish, gidroenergetika va turizm uchun muhimdir. Tog'li relyef, murakkab qirg'oq chizig'i va mavsumiy suv tebranishlari ekologik monitoringni talab qiladi.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. Suv havzalari va qirg'oqbo'yi hududlaridagi o'zgarishlarni aniqlashda masofadan zondlash ma'lumotlari hamda geografik axborot tizimlari (GAT) keng qo'llaniladi. Landsat arxivi suv yuzasi maydoni va qirg'oq chizig'i dinamikasini ko'p yillik kesimda baholash imkonini beradi. Global suv yuzasi xaritalari Landsat tasvirlarining suv obyektlarini monitoring qilishdagi samaradorligini ko'rsatgan [3]. Markaziy Osiyo sharoitida esa suv resurslarini monitoring qilish alohida ahamiyatga ega bo'lib, bu yo'nalishda masofadan zondlash texnologiyalaridan foydalanish dolzarb hisoblanadi [4].

Landsat 8 OLI/TIRS va Landsat 9 OLI-2/TIRS-2 tasvirlari 30 metr fazoviy aniqlikka ega bo'lib, mintaqaviy darajada suv yuzasi va yer qoplamini o'zgarishlarini tahlil qilish uchun qulay manba hisoblanadi. USGS Collection 2 Level-2 mahsulotlari radiometrik va geometrik tuzatishlardan o'tgan holda taqdim etiladi, bu esa indekslar asosidagi taqqoslama tahlil ishonchligini oshiradi [6, 7]. Suv obyektlarini ajratishda spektral suv indekslari muhim o'rin tutadi. McFeeters tomonidan taklif etilgan NDWI ochiq suv yuzalarini aniqlashda keng qo'llaniladi [8]. Xu tomonidan ishlab chiqilgan MNDWI esa suv obyektlarini yalang'och tuproq, vegetatsiya va qurilgan hududlar fonidan aniqroq ajratishga yordam beradi [9]. Murakkab fon sharoitlarida Automated Water Extraction Index (AWEI) kabi qo'shimcha indekslar ham samarali yondashuv sifatida qo'llaniladi [10].

Qirg'oqbo'yi vegetatsiyasi holatini baholashda NDVI eng ko'p ishlatiladigan indekslardan biri hisoblanadi. Rouse va hammualliflar tomonidan ishlab chiqilgan ushbu indeks o'simlik qoplarning fotosintetik faolligi va zichligini baholashga xizmat qiladi [11]. Chorvoq suv ombori bo'yicha avvalgi GAT asosidagi tadqiqotlar hududning morfologik va geofazoviy xususiyatlarini o'rganish muhimligini ko'rsatgan [5]. Mazkur tadqiqot esa 2020-2025-yillar kesimida MNDWI va NDVI indeksleri asosida suv yuzasi hamda qirg'oqbo'yi vegetatsiyasi dinamikasini birgalikda baholashga qaratilgan.

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqot obyekti sifatida Toshkent viloyati Bo'stonliq tumanidagi Chorvoq suv ombori tanlandi. U Chirchiq daryosining yuqori oqimida, murakkab tog'li relyef sharoitida joylashgan bo'lib, suv sathi qor-muzlik erishi, yog'ingarchilik va boshqaruvga bog'liq. (1-rasm).



1-rasm. Chorvoq suv ombori tadqiqot hududining geografik joylashuvi

Tadqiqotda 2020–2025-yillar uchun Landsat 8 OLI va Landsat 9 OLI-2 tasvirlaridan foydalanildi. Har bir yil bo'yicha aprel va iyul oylariga oid bulutlilik darajasi past tasvirlar tanlanib, ArcGIS Pro muhitida qayta ishlov berildi. Tasvirlar tadqiqot hududi chegarasi bo'yicha kesildi hamda suv yuzasi va qirg'oqbo'yi vegetatsiyasini baholash uchun MNDWI va NDVI indeksleri hisoblandi. Suv yuzasini ajratish uchun MNDWI quyidagi formula asosida hisoblandi:

$$MNDWI = (Green - SWIR1) / (Green + SWIR1) \quad (1)$$

bu yerda Green - yashil diapazon, SWIR1 - qisqa to'liqlik infragizil diapazon. MNDWI qiymatlari asosida suv yuzasi ajratilib, maydon gektarda hisoblandi.

Qirg'oqbo'yi vegetatsiyasi holatini baholash uchun NDVI indeksi quyidagi formula asosida hisoblandi:

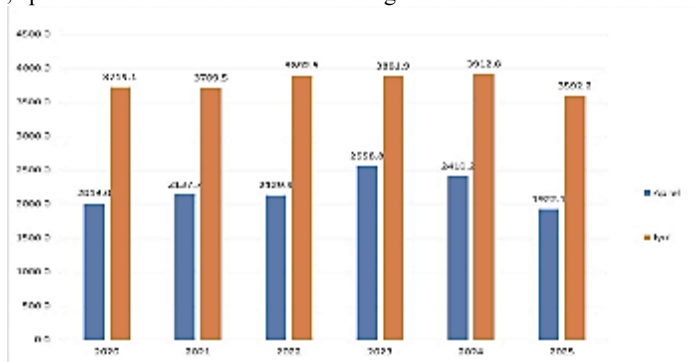
$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red) \quad (2)$$

bu yerda NIR - yaqin infragizil diapazon, Red - qizil diapazon. NDVI tahlili suv ombori qirg'oq chizig'i bo'ylab shakllantirilgan bufer zonada bajarildi.

Indekslar asosida olingan raster natijalar vizual nazorat qilindi. Suv yuzasini ajratishda MNDWI ning ijobiy qiymatlari asosiy mezon sifatida qabul qilindi, qirg'oq yaqinidagi noaniq piksellar esa xaritalar bilan taqqoslab tekshirildi. Bu yondashuv tog'li relyef, soya va nam tuproq ta'sirini kamaytirishga yordam berdi.

Tahlil va natijalar. Landsat 8/9 tasvirlari asosida hisoblangan MNDWI va NDVI indeksleri Chorvoq suv ombori suv yuzasi hamda qirg'oqbo'yi vegetatsiyasida 2020–2025-yillarda aniq mavsumiy farqlar mavjudligini ko'rsatdi. Tahlilda aprel past suv sathi, iyul esa suv yuzasi kengayadigan davr sifatida baholandi. MNDWI xaritalari aprel oyida ayrim qirg'oq qismlari ochiq qolishini, iyulda esa suv maydoni qor-muzlik erishi va daryo oqimi ortishi hisobiga kengayishini ko'rsatdi.

2020 va 2025-yillar xaritalarini taqqoslash iyul oyida suv yuzasi aprelga nisbatan sezilarli kengayganini ko'rsatdi. 2020-yilda aprel oyida qirg'oq chizig'i ayrim joylarda chekingan bo'lsa, iyulda asosiy akvatoriya to'liqroq shakllangan. 2025-yilda ham shu qonuniyat kuzatilib, aprel ko'rsatkichi nisbatan kichik bo'lgan.



2-rasm. 2020–2025-yillarda Chorvoq suv ombori suv yuzasi maydonining aprel va iyul oylaridagi dinamikasi
1-jadvalga ko'ra, suv maydoni aprelda 1922.1–2588.8 ga, iyulda 3592.2–3912.8 ga oralig'ida o'zgarib, mavsumiy gidrologik rejim barqarorligini tasdiqlaydi.

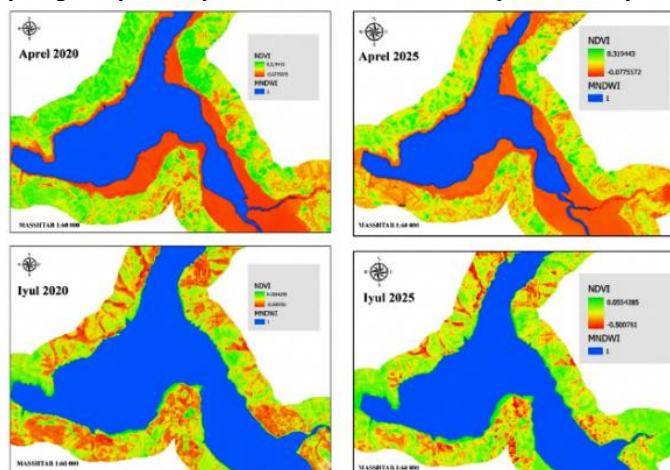
1-jadval. Suv yuzasi maydonining mavsumiy o'zgarishi

| Yil | Aprel, ga | Iyul, ga | Mavsumiy farq, ga | Farq, % |
|-----|-----------|----------|-------------------|---------|
|-----|-----------|----------|-------------------|---------|

| | | | | |
|------|--------|--------|--------|------|
| 2020 | 2031.0 | 3719.1 | 1688.1 | 83.1 |
| 2021 | 2137.7 | 3709.5 | 1571.8 | 73.5 |
| 2022 | 2129.9 | 3892.5 | 1762.6 | 82.8 |
| 2023 | 2588.8 | 3881.9 | 1293.1 | 49.9 |
| 2024 | 2410.2 | 3912.8 | 1502.6 | 62.3 |
| 2025 | 1922.1 | 3592.2 | 1670.1 | 86.9 |

Mavsumiy farq eng yuqori qiymatga 2022-yilda yetgan va 1762.6 ga ni tashkil etgan. 2020 va 2025-yillarda ham aprel–iyul farqi 1600 ga dan ortiq bo'lgan. Bu ko'rsatkichlar Chorvoq suv ombori qirg'oq zonasida yil davomida sezilarli maydonlar suv ostida qolishi yoki aksincha ochiq yer yuzasiga aylanishini ko'rsatadi. Shuning uchun suv yuzasi dinamikasini faqat gidrologik ko'rsatkich sifatida emas, balki qirg'oqbo'yi landshaftlari va vegetatsiya holatiga ta'sir qiluvchi muhim ekologik omil sifatida ham baholash zarur.

NDVI natijalari qirg'oqbo'yi vegetatsiyasi suv yuzasi dinamikasi bilan bir vaqtda mavsumiy o'zgarishini ko'rsatdi (3-rasm).



3-rasm. Qirg'oqbo'yi hududlarida NDVI va MNDWI asosida olingan mavsumiy xaritalar: 2020 va 2025-yillar

Aprel oylarida vegetatsiya rivojlanishining boshlang'ich bosqichi kuzatilib, ochiq qirg'oq maydonlari va tik yonbag'irli hududlarda NDVI qiymatlari pastroq bo'ladi. Iyulda esa namlik sharoitining yaxshilanishi, haroratning qulaylashishi va o'simlik qoplarning faollashuvi natijasida NDVI qiymatlari ortadi. Xaritalar qirg'oqbo'yi vegetatsiyasi fazoviy jihatdan notekis tarqalganini ko'rsatadi. Bu holat suv sathi bilan birga relyef, tuproq namligi va antropogen yuklama ham muhim omil ekanini anglatadi (2-jadval).

2-jadval. NDVI natijalarining mavsumiy talqini

| Mavsum | NDVI holati | Talqin |
|--------|--------------------------|--|
| Aprel | Nisbatan past va notekis | Vegetatsiya davrining boshlanishi, qirg'oqbo'yi hududlarida ochiq yer maydonlarining ko'pligi va o'simlik qoplarning hali to'liq rivojlanmaganligi bilan izohlanadi. |
| Iyul | Nisbatan yuqori | Namlik sharoitining yaxshilanishi, haroratning vegetatsiya uchun qulaylashishi va o'simlik qoplarning faollashuvi bilan bog'liq. |

Olingan natijalar Chorvoq suv ombori suv yuzasi maydonida aprel va iyul oylarida barqaror mavsumiy farq mavjudligini ko'rsatdi. Aprelda qirg'oqbo'yi zonalari ko'proq ochiq qolsa, iyulda suv maydoni qor-muzlik erishi va daryo oqimi ortishi hisobiga kengaydi. MNDWI suv yuzasini ajratishda samarali bo'ldi va Landsat asosidagi tadqiqotlar bilan mos keladi [6, 7, 9]. Biroq tog'li relyef, soya va nam tuproq ayrim piksel qiymatlariga ta'sir qilishi mumkin [9, 10, 12]. NDVI esa suv sathi va qirg'oqbo'yi vegetatsiyasi o'rtasidagi mavsumiy bog'liqlikni tasdiqladi [8, 11]. Yillar kesimidagi farqlar ham alohida e'tiborga loyiqdir. 2023-yilda aprel va iyul oylari orasidagi farq boshqa yillarga nisbatan kichikroq bo'lib, bu aprel oyida suv yuzasining nisbatan katta bo'lgani bilan bog'liq. 2025-yilda esa aprel ko'rsatkichi eng past qiymatni tashkil etgani sababli qirg'oqbo'yi ochiq maydonlari kengroq namoyon bo'lgan. Bu holatlar suv ombori rejimi faqat tabiiy yog'ingarchilik va qor-muzlik erishi bilan emas, balki suvdan foydalanish, gidrotexnik boshqaruv va mavsumiy xo'jalik ehtiyojlari bilan ham bog'liq ekanini ko'rsatadi.

Qirg'oqbo'yi vegetatsiyasi natijalari suv yuzasi kengaygan davrda namlik sharoiti yaxshilanib, o'simlik qoplami faollashishini ko'rsatdi. Biroq NDVI qiymatlari faqat suv sathi bilan emas, balki yonbag'ir ekspozitsiyasi, tuproq qoplami, rekreatsion bosim va ochiq qirg'oq maydonlari bilan ham bog'liq. Kelgusida natijalarni Sentinel-2, meteorologik va dala ma'lumotlari bilan to'ldirish maqsadga muvofiq.

Xulosa va takliflar. Landsat 8/9 tasvirlari, MNDWI va NDVI indeksleri asosida olib borilgan tadqiqot Chorvoq suv ombori suv yuzasi maydoni hamda qirg'oqbo'yi vegetatsiyasi 2020-2025-yillar davomida aniq mavsumiy o'zgarishlarga ega ekanini ko'rsatdi. Barcha yillarda suv yuzasi aprel oyida nisbatan kichik, iyul oyida esa ancha keng bo'lgan. Hisob-kitoblarga ko'ra, aprel oylarida suv yuzasi maydoni 1922.1-2588.8 ga, iyul oylarida esa 3592.2-3912.8 ga oralig'ida o'zgargan. Mavsumiy farq ayrim yillarda 1700 ga dan ortiq bo'lib, qirg'oqbo'yi hududlarida katta fazoviy o'zgarishlar yuzaga kelishini tasdiqlaydi. Olingan natijalar Chorvoq suv ombori atrofida ekologik monitoring, suv resurslarini boshqarish va rekreatsion hududlarni rejalashtirish uchun ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi. Xaritalar qirg'oqbo'yi landshaftlaridagi mavsumiy o'zgarishlar va ekologik sezgir hududlarni aniqlashda qo'llanishi mumkin. Kelgusida tadqiqotni instrumental suv sathi kuzatuvlari va dala ma'lumotlari bilan to'ldirish tavsiya etiladi.

ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining Farmoni. (2020). O'zbekiston Respublikasi suv xo'jaligini rivojlantirishning 2020-2030-yillarga mo'ljallangan konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida. PF-6024-son, 10.07.2020. <https://lex.uz/docs/-4892953>
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining Farmoni. (2023). "O'zbekiston - 2030" strategiyasi to'g'risida. PF-158-son, 11.09.2023. <https://lex.uz/docs/-6600413>
3. Pekel, J.F., Cottam, A., Gorelick, N., & Belward, A.S. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*, 540, 418-422. <https://doi.org/10.1038/nature20584>
4. Gafurov, A., Nurbatsina, A., & Kalashnikova, O. (2018). Water resources monitoring using remote sensing data in Central Asia.
5. Ikramova, M., et al. (2023). Charvak reservoir modeling based on geoinformation systems. *E3S Web of Conferences*, 401, 02007. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340102007>
6. U.S. Geological Survey. (2024). Landsat 8-9 Collection 2 Level-2 Science Product Guide. <https://www.usgs.gov/media/files/landsat-8-9-collection-2-level-2-science-product-guide>
7. U.S. Geological Survey. (2022). Landsat Collection 2 Level-2 Science Products. <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-collection-2-level-2-science-products>
8. McFeeters, S.K. (1996). 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. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>
9. Xu, H. (2006). Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 3025-3033. <https://doi.org/10.1080/01431160600589179>
10. Feyisa, G.L., Meilby, H., Fensholt, R., & Proud, S. R. (2014). Automated Water Extraction Index: a new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 140, 23-35. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.029>
11. Rouse, J. W., Haas, R.H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, NASA SP-351.