

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

FARG'ONA DAVLAT UNIVERSITETI

**FarDU.
ILMIY
XABARLAR**

1995-yildan nashr etiladi
Yilda 6 marta chiqadi

4-2025
TABIY FANLAR

**НАУЧНЫЙ
ВЕСТИК.
ФерГУ**

Издаётся с 1995 года
Выходит 6 раз в год

M.U.Mahmudov <i>Zicrona caerulea</i> (Heteroptera) turining Farg'ona vodiysidagi ekologik xususiyatlari va biologik nazoratdagi ahamiyati.....	119
D.R.Kapizova, A.N.Jumayeva, Sh.I.Temirova, I.I.Zokirov Entomofaglardagi morfologik moslanishlar haqida (koksidlir entomofaglari misolida).....	123
N.O.Odilov, M.V.Obidov Foydali mikroorganizmlarning o'simlik biomassasiga ta'sirini baholash.....	127
N.B.Fayziyeva, A.H.Vaxobov Loviya oddiy mozaikasi virusi (LoMV) ta'sirida transpiratsiya intensivligining fiziologik tahlili.....	137
Sh.X.Yusupova, G.M.Zokirova, K.H.G'aniyev, I.I.Zokirov No'xat shirasi (<i>Acyrtosiphon pisum</i>) mavsumiy populyatsiya dinamikasini gibril stokastik-deterministik modellashtirish.....	144
E.A.Botirov Noctuini tunlamlari (Lepidoptera, Noctuidae) xilma-xillik ko'rsatkichlarining ekotopik tahlili.....	150
S.S.Umarov Farg'ona vodiysida kulrang g'oz <i>Anser anser</i> (Linnaeus, 1758) (Aves: Anatidae) ning tarqalishi va qishlovchi populyatsiyalari holati.....	155
E.A.Botirov Farg'ona vodiysi Noctuini tunlamlarining (Lepidoptera, Noctuidae) rivojlanish sikli, fenologiyasi va ozuqa o'simliklari bilan trofik aloqalari.....	161

GEOGRAFIYA

O.I.Abdug'aniev, E.G'.Maxkamov, KH.Abdullaeva Farg'ona viloyatida agroturizmni rivojlantirishda tabiiy sharoit va rekreatsion infratuzilmaning ahamiyati.....	167
D.G'.Mo'minov Landshaft va undan foydalanish imkoniyatlarining hududiy jihatlari (Farg'ona viloyati misolida).....	176
M.R.Qoriyev, G.R.Toshmirzayeva Global iqlim ilishini tuproq qurg'oqchiligiga ta'siri (Shimoliy Farg'ona tuproqlari misolida).....	182
I.I.Muxitdinov Farg'ona viloyatining umumiy kriminogen vaziyati va uning hududiy farqlari.....	189
B.B.Umarov Andijon viloyati geoekologik holatini geografik axborot tizimlari yordamida baholash.....	194
I.Z.Akaboyev, Z.Y.Ayubova, D.B.Ro'zmatov Chust tumani aholisini balandlik mintaqalari bo'yicha joylashuvini o'rganish.....	198
E.A.Soliyev, M.A.Kosimov, I.Z.Akaboyev Global iqlim o'zgarishi sharoitida Farg'ona vodiysi iqlimidagi o'zgarishlar.....	205
B.X.Kamolov Ekoturistik hududlarning imkoniyatlarini GAT texnologiyalari asosida aniqlash va kartalashtirish (Namangan viloyati misolida).....	211
N.S.Pardaev Surxondaryo viloyati mehnat resurslari tarkibidagi o'zgarishlar.....	217
A.F.Raxmatov Ekologik zo'riqishni kamaytirish orqali qishloq xo'jaligida barqarorlikni taminlash.....	222
B.Y.Zikirov, H.Z.Tilovberdiyeva Sirdaryo viloyatida yashil maydonlarning hududiy jihatlari va tahlili.....	226
O'.K.Nargizaxon Diniy turizmni rivojlantirishda ziyoratgohlarning o'rni va ahamiyati.....	232
O.I.Abdug'aniyev, D.B.Kosimov Ekologik karkas – jamiyatning barqaror rivojlanish strategiyasining asosi sifatida.....	237
X.A.Abdvaluiev Aholi zichligini aniqlashda qo'llaniladigan an'anaviy usullar.....	249
G'.Z.Tovbayev Sirdaryo viloyati o'simlik qoplamining NDVI ko'rsatkichlar va uning gat tahlili.....	256



UO'K: 911.2, 528.8

SIRDARYO VILOYATI O'SIMLIK QOPLAMINING NDVI KO'RSATKICHLAR VA UNING GAT TAHLILI**ПОКАЗАТЕЛИ NDVI РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СЫРДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ И ИХ GAT-АНАЛИЗ****INDICES OF NDVI PLANT COVER OF SYRDARYA PROVINCE AND THEIR GAT-ANALYSIS**

Tovbayev G'ofur Zulkaynar o'g'li 
Guliston davlat universiteti tayanch doktoranti

Annotatsiya

Ushbu maqola Sirdaryo viloyatida 2005-yilda o'simlik qoplamining mavsumiy o'zgarishlarini NDVI ko'rsatkichlari asosida chuqur o'rganadi. Tadqiqotda Landsat 7 tasvirlari yordamida 7-may, 8-iyun, 10-iyul va 28-sentyabr kunlari olingan ma'lumotlar tahlil qilindi. Natijalar tabiiy va antropogen o'simlik qoplamining zichligi, ularning rivojlanish holati va mavsumiy o'zgarishlarini, xususan, iyul oyidagi sezilarli kamayishni va sentyabrda barqarorlashishni ko'rsatdi. Ushbu tadqiqot natijalari suv resurslarini boshqarish, qishloq xo'jaligi samaradorligini oshirish va iqlim o'zgarishiga moslashish strategiyalari uchun muhim ahamiyatga ega. Tadqiqot masofaviy zondlashdagi fazoviy tahlil va uning ArcGIS yordamida qayta ishlanishi hamda statistik ma'lumotlar orqali geografik-ekologik monitoringni rivojlantirishga xissa qo'shadi.

Аннотация

Данная статья глубоко исследует сезонные изменения покрова растительности в Сырдарьинской области в 2005 году на основе показателей NDVI (нормализованный индекс растительности). В исследовании анализировались данные, собранные 7 мая, 8 июня, 10 июля и 28 сентября с использованием изображений Landsat 7. Результаты указывают на плотность естественного и антропогенного покрова растительности, их состояние развития и сезонные изменения, особенно значительное снижение в июле и стабилизацию в сентябре. Эти результаты имеют важное значение для управления водными ресурсами, повышения производительности сельского хозяйства и разработки стратегий адаптации к изменению климата. Исследование вносит вклад в развитие географо-экологического мониторинга посредством пространственного анализа в дистанционном зондировании и его обработки с помощью ArcGIS, а также статистических данных.

Abstract

This article deeply examines the seasonal changes in the vegetation cover in Sirdaryo region in 2005 based on NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) indicators. The study analyzed data collected on May 7, June 8, July 10, and September 28 using Landsat 7 imagery. The results indicate the density of natural and anthropogenic vegetation cover, their development status, and seasonal changes, particularly a significant decrease in July and stabilization in September. These findings hold significant importance for water resource management, enhancing agricultural productivity, and developing strategies to adapt to climate change. The study contributes to the advancement of geographic-ecological monitoring through spatial analysis in remote sensing and its processing using ArcGIS, as well as statistical data.

Kalit so'zlar: NDVI, o'simlik qoplamasi, Sirdaryo viloyati, mavsumiy dinamika, geografik-ekologik monitoring, Landsat 7 tasvirlari, qishloq xo'jaligi.

Ключевые слова: NDVI, растительный покров, Сырдарьинская область, сезонная динамика, географо-экологический мониторинг, изображения Landsat 7, сельское хозяйство.

Key words: NDVI, plant cover, Sirdaryo region, seasonal dynamics, geographic-ecological monitoring, Landsat 7 imagery, agriculture.

KIRISH

O'simlik qoplamining holatini baholashda NDVI (Normalizatsiyalangan Farq Vegetatsiya Indeksi) ko'rsatkichlari zamonaviy ekologik va qishloq xo'jalik tadqiqotlarida muhim o'rin tutadi. Chunki u vegetatsiya davridagi o'simlik zichligi, uning rivojlanishi, fotosintez faolligi va suv ta'minoti darajasini aniqlashga imkon beradi [1]. Sirdaryo viloyati nafaqat O'zbekiston, balki O'rta Osiyo

GEOGRAFIYA

mintaqasida ham qishloq xo'jaligi uchun strategik ahamiyatga ega bo'lib, uning iqlimiy sharoitlari, suv resurslariga bog'liqligi va iqlim o'zgarishi ta'siri tufayli o'simlik qoplamini doimiy monitoring qilish zaruriyatini oshirmoqda. Viloyatning asosiy ekinlari, jumladan, paxta va don mahsulotlari, suv yetishmovchiligi va issiq ob-havo sharoitlaridan jiddiy ta'sirlanishi mumkin, bu esa hosilning kamayishiga olib keladi.

Ushbu tadqiqot 2005-yilda olingan Landsat 7 tasvir ma'lumotlariga asoslanib, Sirdaryo viloyatida o'simlik qoplamining mavsumiy dinamikasini o'rganishga qaratilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadlari quyidagilardan iborat:

- NDVI ko'rsatkichlari orqali o'simlik qoplamining o'zgarishini aniqlash;
- suv yetishmovchiligi, harorat o'zgarishi yoki boshqa ekologik omillarning ta'sirini baholash;
- qishloq xo'jaligi uchun monitoring strategiyalarini rivojlantirish uchun ilmiy asos yaratish.

Ushbu maqola muallif tomonidan ArcGIS dasturi yordamida yaratilgan xarita va jadval ma'lumotlariga asoslanib, mavsumiy o'zgarishlarni fazoviy jihatdan batafsil tahlil qiladi. Tadqiqot natijalari nafaqat mahalliy fermer xo'jaliklari uchun, balki mintaqaviy ekologik barqarorlikni ta'minlashda ham foydali bo'lishi mumkin.

ADABIYOTLAR TAHLILI

NDVI o'simlik zichligini aniqlashda va qishloq xo'jaligida hosildorlikni baholash hamda prognoz qilish, ekinlarning rivojlanishini monitoring qilish va suv ta'minotini baholashda keng qo'llaniladi. Rouse va boshqalar (1973) o'z ishlarida NDVI ni birinchi marta taqdim etib, uning o'simlik qoplamini masofadan turib monitoring qilishda samaradorligini ko'rsatganlar[1]. Tucker (1979) o'z ishida NDVI ning qishloq xo'jaligi ekinlarining hosildorligi bilan bog'liqligini o'rgangan[4].

FAO (2020) hisobotida NDVI Markaziy Osiyo mintaqasida sug'orish tizimlarini optimallashtirishda muhim vosita sifatida qayd etilgan[3, 7]. NDVI tabiiy sharoitlarni monitoring qilishda, ayniqsa iqlim o'zgarishi, o'rmonlarning holati va cho'llashuv jarayonlarini o'rganishda keng qo'llaniladi. Pettorelli va boshqalar (2005) o'z tadqiqotlarida NDVI ning ekologik o'zgarishlarga sezgir ekanligini ko'rsatgan.

AQSHning Copernik va Landsat sun'iy yo'ldoshlari ma'lumotlar bazasini shakllantirgan USGS (2023) manbaiga ko'ra, Landsat 7 sun'iy yo'ldoshlari orqali olingan NDVI tasvirlari tabiiy sharoitlarni global miqyosda monitoring qilishda foydalaniladi. Tucker (1979) va Pettorelli (2005) ishlarida NDVI ning yuqori sezuvchanligi va iqtisodiy samaradorligi ta'kidlangan[2, 4]. Bu usul qishloq xo'jaligi fermerlariga hosildorlikni oshirish va tabiiy resurslarni boshqarishda yordam beradi.

Biroq, NDVI ning cheklovlari ham mavjud. Rouse va boshqalar (1973) ishida ta'kidlanishicha, bulutli ob-havo sharoitida sun'iy yo'ldosh tasvirlari sifati pasayishi mumkin, bu NDVI qiymatlarining aniqligiga ta'sir qiladi[1,3]. Shuningdek, USGS (2005) ma'lumotlariga ko'ra, NDVI sho'r yoki yalang tuproq qismlari yoki irrigatsiya sirtini aks etishi tufayli noto'g'ri natijalar berishi mumkin. Bundan tashqari, NDVI faqat o'simlik zichligini aniqlaydi, lekin o'simlik turlari yoki ularning sog'lomligi haqida aniq ma'lumot bera olmaydi [6, 7].

METODOLOGIYASI

Tadqiqotda Sirdaryo viloyati hududining umumiy maydoni 4224,3 km² ni tashkil etib, uning NDVI ko'rsatkichlari 2005-yilning 7-may, 8-iyun, 10-iyul va 28-sentyabr kunlari tadqiqot sanalarida olindi. Ma'lumotlar Landsat 7 tasvirlari asosida ishlab chiqarildi, bu tasvirlar 705 metrlik fazoviy ruxsatga ega bo'lib, o'simlik qoplamining keng miqyosdagi taqsimotini o'rganishga imkon berdi. NDVI qiymatlari quyidagi to'rtta sinfga tasniflandi:

- < 0,15 (past zichlik) – o'simlik qoplami juda siyrak, ko'pincha ochiq tuproq, yalanglik yoki o'simlik vegetatsiyasining tugashi;
- 0,15-0,2 (o'rtacha- past zichlik) – past zichlikka ega o'simlik qoplami;
- 0,2-0,3 (o'rtacha zichlik) – o'rtacha zichlikka ega o'simlik qoplami, efemeroid o'simliklar, butalar bilan qoplanishi;
- 0,3-0,5 (o'rtacha yuqori zichlik) – yuqori zichlikka ega o'simlik qoplami, asosan o'simliklarning yuqori darajada rivojlangan holati.

Har bir sinf uchun maydon hajmi (km²) va foizdagi ulush hisoblandi.

Ma'lumotlarning oldindan qayta ishlashi jarayonida Landsat 7 tasvirlari atmosferik tuzatishlardan o'tkazildi va geomorfologik xususiyatlar hisobga olindi.

Xarita tasvirlari ArcGIS dasturi yordamida yaratildi, unda har bir NDVI sinfi uchun rang kodlari (qizil, jigarrang, sariq va yashil) ishlatildi, bu esa fazoviy taqsimotni vizual tarzda ko'rsatishga yordam berdi.

Ma'lumotlarning statistik tahlili ArcGIS dasturining maxsus funksiyasidan foydalanildi. Bu jarayonda mavsumiy o'zgarishlarning qiymatlari aniqlandi va jadval hamda diagramma ko'rinishda taqdim etildi [1-jadval; 1-rasm]. Xarita tahlilida viloyatning har bir hududidagi o'zgarishlar alohida ko'rib chiqildi, bu esa mahalliy ekologik omillarni aniqlashga yordam berdi.

Tadqiqot natijalari va muhokama

Tadqiqot natijalari Sirdaryo viloyatida o'simlik qoplamining mavsumiy dinamikasini chuqur aks ettiradi. Quyidagi jadvalda NDVI ko'rsatkichlari bo'yicha maydonlarning hajmi va ulushlari keltirilgan:

1-jadval

Sirdaryo viloyati maydonida o'simlik qoplamining NDVI ko'rsatkichlar bo'yicha ulushi (2005-yil holatiga ko'ra)

T/r	NDVI ko'rsatkichlari	7-may		8-iyun		10-iyul		28-sentyabr	
		Maydoni, gektar hisobiga (km ²)	Foiz hisobida, %	Maydoni, gektar hisobiga (km ²)	Foiz hisobida, %	Maydoni, gektar hisobiga (km ²)	Foiz hisobida, %	Maydoni, gektar hisobiga (km ²)	Foiz hisobida, %
1	< 0,15	2684,7	63,6	2802,7	66,3	2026,8	48,0	2562,0	60,6
2	0,15-0,2	525,4	12,4	846,8	20,0	922,5	21,8	1289,5	30,5
3	0,2-0,3	692,6	16,4	528,3	12,5	1122,1	26,6	365,0	8,6
4	0,3-0,5	321,7	7,6	46,5	1,1	153,0	3,6	7,8	0,2
Umumiy maydoni		4224,3	100,0	4224,3	100,0	4224,3	100,0	4224,3	100,0

Xarita tasvirlari NDVI qiymatlarining fazoviy taqsimotini chuqur tahlil qilishga imkon berdi va viloyatning har bir hududidagi o'zgarishlarni aniq tasvirladi. 7-maydagi NDVI xaritasida o'simlik qoplamini juda siyrak bo'lgan (<0,15) hududlar viloyatning markaziy va shimoliy qismlarida keng tarqalgan bo'lib, hududning 63,6 % ini tashkil qiladi.

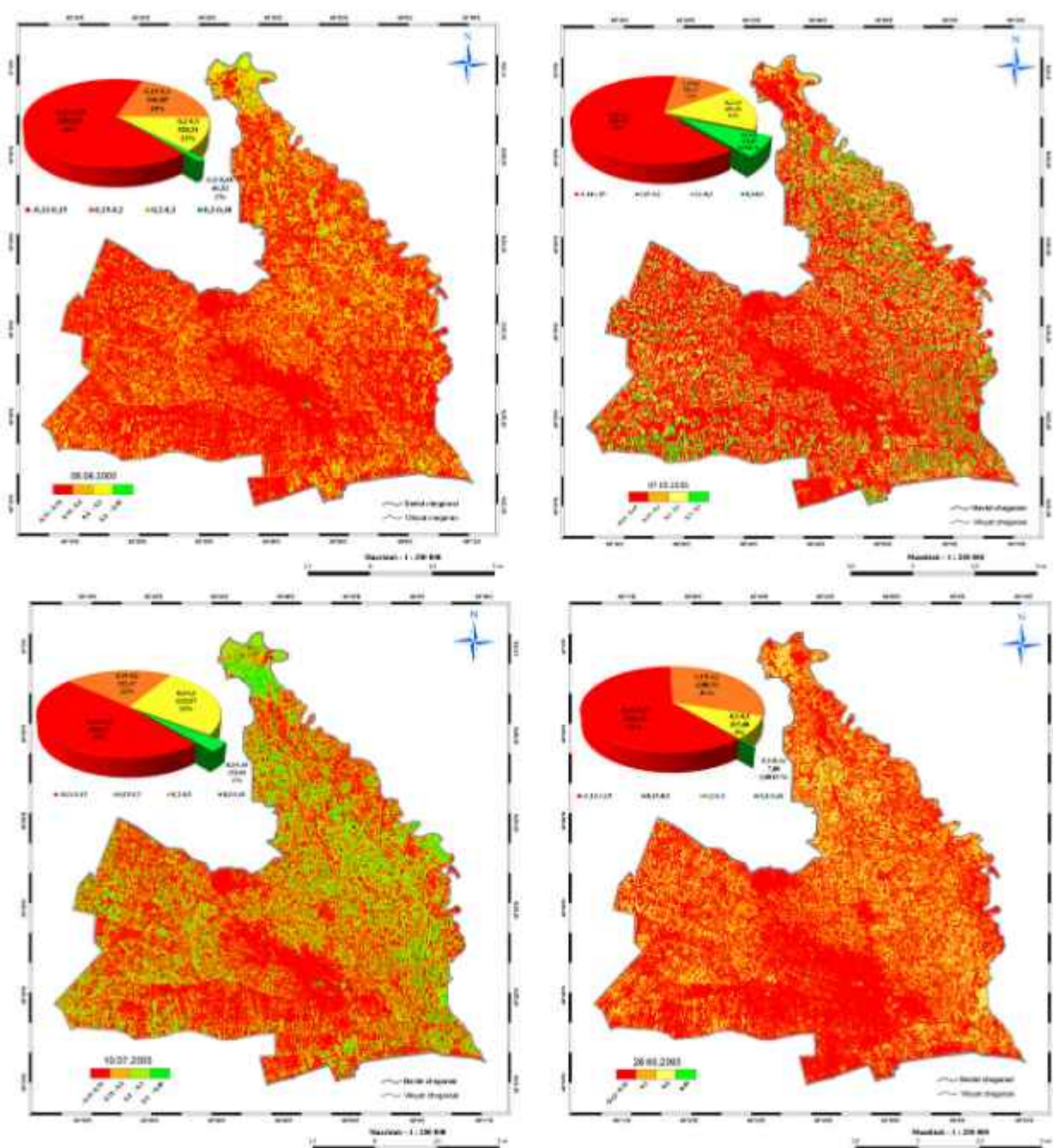
Statistik tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, NDVI qiymatlari mavsum bo'yicha o'rtacha 0,15-0,2 oralig'ida ko'proq tarqalgan bo'lib, bu o'simlik qoplamining umumiy holati o'rtacha-past darajada ekanligini anglatadi va bu holat qishloq xo'jaligi uchun ehtiyotkorlikni talab qiladi. Yuqori NDVI qiymatlari (0,3-0,5) 7-may, 8-iyun va 10-iyulda kuzatilgan. Bu davrda vegetatsiyaning faolligi mavsumning asosan efemeroid o'simliklar o'sgan davrida va qishloq xo'jaligi ekinlarining rivojlangan davrda eng yuqori cho'qqisiga chiqqanini ko'rsatadi hamda ekinlarning o'sish uchun eng mos sharoitlarga ega bo'lganini tasdiqlaydi.

Qo'shimcha tahlilda mavsumiy o'zgarishlarning standart chetlanishi (standard deviation) hisoblangan bo'lib, bu 0,12 dan 0,18 gacha o'zgarib, NDVI qiymatlarining barqaror emasligini tasdiqladi va bu o'zgaruvchanlik iqlim omillarining ta'sirini ko'rsatadi. Jadval tahlili orqali mavsumning oxirida (28-sentyabr) NDVI qiymatlarining eng past darajaga tushganligi aniqlandi, bu esa suv resurslarining taqsimlanishidagi muammolarni ko'rsatishi mumkin hamda iqlimiy sharoitlarning qishloq xo'jalik o'simliklarining vegetatsiya davrini tugatishiga to'g'ri keladi.

Natijalar Sirdaryo viloyatida o'simlik qoplamining mavsumiy dinamikasini chuqur aks ettiradi va bir qator muhim xulosalarga olib keladi. 7-may va 10-iyul oylaridagi maksimal NDVI qiymatlari (0,2-0,5) o'simlikning eng faol o'sish davrini ko'rsatadi, bu suv va harorat sharoitlarining mosligi bilan bog'liq bo'lib, xarita tasvirlarida shimoliy, sharqiy va g'arbiy hududlarda yashil rangning keng tarqalishi bilan tasdiqlanadi (1-jadval, 1-rasm). Bu davrda irrigatsiya tizimlarining samarali ishlashi yoki yomg'ir yog'ishi o'simlikning faolligini oshirgan bo'lishi mumkin, chunki o'rtacha NDVI qiymati 0,24 ga yetgan. Biroq, 28-sentyabrda NDVI qiymatlarining keskin kamayishi o'simlik vegetatsiya davrining oxiri hamda qishloq xo'jalik ekinlari mavsumining tugashi bilan tahlil qilindi. Xarita tahlili

GEOGRAFIYA

shuni ko'rsatadiki, viloyatning shimoliy, sharqiy va g'arbiy qismlari mavsumiy o'zgarishlarga nisbatan barqarorroq bo'lib, bu yerda irrigatsiya tizimlari yaxshi rivojlangan bo'lishi mumkin.



1-rasm. Sirdaryo viloyati NDVI ko'rsatkichlari (2005-yil holatiga ko'ra)

Ushbu topilmalar mavjud adabiyotlar bilan mos keladi va O'rta Osiyo mintaqasidagi boshqa tadqiqotlarda ham o'xshash tendentsiyalar kuzatilgan, masalan, suv yetishmovchiligi va harorat o'zgarishi ta'sirining o'simlikka ta'siri, ayniqsa 28-sentyabr atrofidagi pasayish boshqa mintaqalarda ham kuzatilgan [5; 7]. Biroq, tadqiqotning cheklovlari ham mavjud: 2005-yilga oid ma'lumotlar faqat bitta yilni qamrab olganligi sababli, uzoq muddatli trendlarni baholash uchun qo'shimcha ma'lumotlar zarur. Shuningdek, Landsat 7 tasvirlarining 705 metrlik ruxsati mahalliy maydonlardagi noaniq o'zgarishlarni aniqlashda cheklovlar keltirib chiqarishi mumkin, bu esa yuqori ruxsatli tasvirlarga ehtiyojni oshiradi [6]. Kelajakda ko'proq yillik ma'lumotlar, yuqori ruxsatli Landsat

tasvirlari va mahalliy iqlim ma'lumotlari yordamida tadqiqotni kengaytirish, shuningdek, suv resurslarini boshqarish bo'yicha eksperimental tadqiqotlar o'tkazish tavsiya etiladi. Bundan tashqari, janubiy hududlarda mikroirrigatsiya tizimlarini joriy qilish o'simlik qoplamini mustahkamlashda muhim rol o'ynashi mumkin, bu esa suvni tejash va hosilni oshirishga yordam beradi.

XULOSA

Ushbu tadqiqot Sirdaryo viloyatida 2005-yilda o'simlik qoplamining NDVI ko'rsatkichlari asosida mavsumiy dinamikasini muvaffaqiyatli o'rganib chiqdi va olingan natijalar qishloq xo'jaligi va ekologik boshqaruv uchun qimmatli ma'lumotlar taqdim etdi. Natijalar o'simlik qoplamining iyul oyidagi sezilarli kamayishini, bu holatning suv yetishmovchiligi yoki harorat o'zgarishi bilan bog'liq ekanligini va sentyabrda qisman barqarorlashishini ko'rsatdi, ammo bu barqarorlashish to'liq emasligi va vegetatsiyaning umumiy holati o'rtacha-past darajada qolganligi aniqlandi. Xarita tahlili fazoviy farqlarni aniqlab, hududiy monitoringni yo'lga qo'yish zarurligini ta'kidladi, ayniqsa janubiy hududlarda suv ta'minoti muammolari va shimoliy hududlarda barqarorlikning yuqori darajasini ko'rsatdi.

Ushbu ma'lumotlar suv resurslarini boshqarish, qishloq xo'jaligi samaradorligini oshirish va iqlim o'zgarishiga moslashish strategiyalari uchun muhim asos bo'lib xizmat qilishi mumkin, chunki 28-sentyabrda kuzatilgan pasayish fermer xo'jaliklari uchun hosilni saqlash uchun choralar ko'rish zarurligini ko'rsatadi. Kelajakda iqlim o'zgarishining uzoq muddatli ta'sirini o'rganish, masofaviy zondlash monitoringini modernizatsiya qilish (masalan, 10-50 metrlik ruxsatli tasvirlarga o'tish) va mahalliy irrigatsiya tizimlarini takomillashtirish uchun keng ko'lamli tadqiqotlar tavsiya etiladi. Markaziy va janubiy hududlarda mikroirrigatsiya tizimlarini sinovdan o'tkazish va suv tejash texnologiyalarini joriy qilish o'simlik qoplamini mustahkamlashda muhim rol o'ynashi mumkin, bu esa hosilni oshirish va ekologik barqarorlikni ta'minlashga yordam beradi.

Shuningdek, mahalliy iqlim ma'lumotlarini integratsiya qilish orqali mavsumiy o'zgarishlarni oldindan prognoz qilish tizimlari ishlab chiqish uchun qo'shimcha tadqiqotlar zarur. bu esa fermerlar uchun qaror qabul qilish jarayonini soddalashtiradi va mavsumdagi risklarni kamaytiradi

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Special Publication*, 351, 309. <https://ntrs.nasa.gov/citations/19730009734>
2. Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. J., & Stenseth, N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(9), 503-510. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.05.011>
3. FAO. (2020). Irrigation in Central Asia: Challenges and Opportunities. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <http://www.fao.org/3/ca9218en/ca9218en.pdf>
4. Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127-150. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0)
5. Sharipov, S., Gudalov, M., Nematov, O., Tovbaev, G., et al. (2024). Effects and Consequences of Climate Change on the Natural Conditions of Mirzachol District. *Natural and Engineering Sciences*, 9(2), 257-269. <https://doi.org/10.28979/nesciences.1574448>
6. USGS. (2023). Landsat 7 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) Data Products. *United States Geological Survey*. <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-7>
7. Khan, S. (2012). Climate change impacts on agriculture in Central Asia. **Regional Environmental Change**, 12(1), 33-45.