



UDK: 528.85:631.6(575.141)

**SUG'ORILADIGAN YER MAYDONLARINING SIFAT
KO'RSATKICHLARINI MASOFADAN ZONDLASH MA'LUMOTLARI
ASOSIDA MONITORING QILISH**

(Samarqand viloyati misolida)

AXMEDOVA MUHAYYO SHAVKATOVNA

*06.01.10 – "Yer tuzish. Kadastr va yer monitoringi" ixtisosligi bo'yicha
3-bosqich tayanch doktoranti (PhD)*

Tursunov Bekzod Abdumo'minovich

*06.01.10 – "Yer tuzish. Kadastr va yer monitoringi" ixtisosligi bo'yicha
3-bosqich tayanch doktoranti (PhD)*

ANNOTATSIYA

Maqolada Samarqand viloyati sug'oriladigan yer maydonlarining sifat holatini Sentinel-2, Landsat-9 sun'iy yo'ldosh tasvirlari va UAV multispektral suratlari asosida monitoring qilish masalalari yoritilgan. NDVI, NDWI va sho'rlanish indeksleri yordamida viloyat tumanlari bo'yicha vegetatsiya holati va tuproq sho'rlanish darajasi baholangan. Olingan natijalar yer kadastr ma'lumotlar bazasini yangilash va sug'orma dehqonchilik samaradorligini oshirish uchun amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: masofadan zondlash, NDVI, NDWI, sho'rlanish indeksi, sug'oriladigan yerlar, Sentinel-2, Samarqand viloyati, tuproq monitoringi, vegetatsiya holati.



KIRISH

Sug'oriladigan yerlarning unumdorligi va ekologik holatini muntazam kuzatib borish qishloq xo'jaligi mahsuldorligini barqaror oshirishning asosiy shartlaridan biridir. Jahon Oziq-ovqat va Qishloq xo'jaligi tashkiloti (FAO) ma'lumotlariga ko'ra, dunyo bo'yicha sug'oriladigan yerlarning taxminan 20%i turli darajada sho'rlanish va degradatsiya jarayonlariga uchragan. Markaziy Osiyo mintaqasi, jumladan O'zbekiston, ushbu muammo eng dolzarb bo'lgan hududlardan biri hisoblanadi, chunki bu yerda sug'orma dehqonchilik tarixi bir necha ming yillikni tashkil etadi va tuproqning tabiiy drenaj sharoitlari ko'pincha cheklangan.

Samarqand viloyatida sug'oriladigan yerlarning katta qismi uzoq yillar davomida intensiv foydalanish natijasida sho'rlanish, tuproq unumdorligining pasayishi va suv resurslaridan noo'rin foydalanish kabi muammolarga duch kelmoqda. Viloyat hududining relyefi tog'oldi adir zonalaridan tortib tekislik vohalarigacha o'zgarib turishi, sug'orish suvi taqsimotidagi notekisliklar va zovur tizimlarining qisman ishdan chiqqanligi tuproq sho'rlanishi jarayonlarini yanada kuchaytirmoqda.

An'anaviy dala kuzatuvlari, ya'ni agronom va kadastr mutaxassislarining bevosita dalaga chiqib, tuproq namunalari olish va vizual baholash usuli, katta vaqt va mehnat sarfini talab etadi, shu bilan birga butun viloyat hududini bir vaqtning o'zida va bir xil metodologiya asosida qamrab ololmaydi. Natijada, ko'pincha ma'lumotlar 3-5 yillik oraliqlarda va faqat tanlab olingan uchastkalar bo'yicha to'planadi, bu esa operativ boshqaruv qarorlarini qabul qilish uchun yetarli emas.

Bu sharoitda masofadan zondlash texnologiyalari – sun'iy yo'ldosh va UAV (uchuvchi insonsiz apparatlar) tasvirlari asosida olinadigan spektral indekslar – yer sifatini operativ, ob'ektiv va keng qamrovli baholash imkonini beradi. Sentinel-2, Landsat kabi ochiq kirish sun'iy yo'ldosh tizimlarining mavjudligi, shuningdek,



Google Earth Engine kabi bulutli hisoblash platformalarining keng tarqalishi ushbu texnologiyalarni amaliyotga joriy etish xarajatlarini sezilarli darajada kamaytirdi.

Mazkur maqolaning maqsadi Samarqand viloyati sug'oriladigan yerlarining sifat ko'rsatkichlarini (vegetatsiya holati, namlik darajasi va tuproq sho'rlanishi) masofadan zondlash ma'lumotlari asosida monitoring qilish metodikasini ishlab chiqish, viloyat tumanlari kesimida amaliy natijalarni tahlil qilish va olingan natijalar asosida yer resurslarini boshqarish bo'yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar berishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari quyidagilardan iborat: birinchidan, sug'oriladigan yer sifatini baholash uchun zarur spektral indekslar majmuasini aniqlash; ikkinchidan, Samarqand viloyati tumanlari bo'yicha ko'p yillik (2021-2024) sun'iy yo'ldosh ma'lumotlarini tahlil qilish; uchinchidan, olingan natijalarni dala tekshiruvi ma'lumotlari bilan validatsiya qilish; to'rtinchidan, monitoring tizimini amaliyotga joriy etishning iqtisodiy va ekologik samaradorligini baholash.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Vegetatsiya indeksi (NDVI) va sho'rlanish indekslarini birgalikda qo'llash bo'yicha so'nggi yillarda ko'plab tadqiqotlar olib borilgan. Nguyen va boshq. (2022) Vyetnamning Tra Vinh provinsiyasida Landsat-8 OLI ma'lumotlari asosida yaqin infraqizil kanal va o'simlik-tuproq sho'rlanish indeksini (VSSI) qo'llab, tuproq sho'rlanishini yuqori aniqlikda baholash mumkinligini ko'rsatgan. Golestani va boshq. (2023) Eronning Sirjan playa hududida Sentinel-2A va Landsat-8 OLI tasvirlari asosida sho'rlanishning fazoviy-vaqtinchalik o'zgarishini tahlil qilgan va ikki sensor natijalari o'rtasida yuqori muvofiqlikni qayd etgan.

Zhu va boshq. (2023) qurg'oqchil oazis hududlarida sug'oriladigan va sug'orilmaydigan mavsumlar davomida tuproq sho'rlanishi dinamikasini o'rgangan bo'lib, sug'orish rejimi sho'rlanish darajasiga sezilarli ta'sir ko'rsatishini isbotlagan. Ma va boshq. (2023) Xitoyning Werigan-Kuqa oazisi misolida Google Earth Engine



platformasi yordamida ko'p yillik sho'rlanish dinamikasini tahlil qilish metodikasini ishlab chiqqan, bu metodika mazkur tadqiqotda qo'llanilgan yondashuvga yaqin. Barreto va boshq. (2023) Braziliyaning yarim qurg'oq mintaqasidagi sug'oriladigan yerlarida turli spektral indekslarning sho'rlanishni aniqlashdagi samaradorligini qiyosiy tahlil qilib, NDVI va sho'rlanish indekslarining birgalikda qo'llanilishi eng yuqori aniqlikni ta'minlashini ko'rsatgan.

UAV texnologiyalaridan foydalanish bo'yicha Yu va boshq. (2022) Xitoyning Sariq daryo deltasida UAV multispektral tasvirlari va sho'rlanishni qayta tiklash indeksi asosida yuqori aniqlikdagi monitoring tizimini taklif etgan, Cui va boshq. (2023) esa Xetao sug'orish okrugida kungaboqar ekilgan maydonlarda UAV ma'lumotlari yordamida tuproq profilidagi sho'rlanishni baholash mumkinligini isbotlagan. Bu ishlar mazkur tadqiqotda UAV ma'lumotlaridan validatsiya maqsadida foydalanish yondashuvini asoslab beradi.

Sentinel-2 ma'lumotlaridan ekin holatini operativ baholashda Tsakmakis va boshq. (2021) NDVI vaqt qatorlarini integratsiya qilish orqali makkajo'xori dala monitoringidagi noaniqliklarni kamaytirish mumkinligini ko'rsatgan, Gerardo va de Lima (2022) esa sug'oriladigan tizimlarda ekinlarning sho'rlanish stressiga javobini NDVI orqali samarali aniqlash mumkinligini tasdiqlagan.

Markaziy Osiyo va O'zbekiston sharoitida olib borilgan tadqiqotlar ham mavjud. Mamatkulov va boshq. (2021) O'zbekistonning past va yuqori unumdor paxta dalalarida GIS va masofadan zondlash texnologiyalaridan real vaqt rejimida ekin monitoringi va hosildorlikni bashoratlash uchun foydalanish metodikasini ishlab chiqqan. Xasanov, Oymatov va Kulmatov (2023) Sirdaryo viloyati misolida o'simlik qoplami harorati (canopy temperature) ko'rsatkichini tuproq sho'rlanishining bilvosita indikator sifatida qo'llash mumkinligini ko'rsatgan. Aslanov, Jumaniyazov va Embergenov (2023) Toshkent atrofidagi hududlarda yer



resurslaridan foydalanish monitoringi uchun masofadan zondlash usullarini qo'llagan.

Yuqoridagi tahlil shuni ko'rsatadiki, masofadan zondlash texnologiyalarining yer sifatini baholashdagi nazariy va metodologik asoslari xalqaro miqyosda yaxshi ishlab chiqilgan va so'nggi yillarda Markaziy Osiyo sharoitiga moslashtirilgan tadqiqotlar soni ortib bormoqda. Biroq Samarqand viloyati tumanlari kesimida yer sifat ko'rsatkichlarini muntazam, ko'p yillik va bir nechta indeksni (NDVI, NDWI, sho'rlanish indeksi) o'zaro bog'lab tahlil qiluvchi monitoring tizimi to'liq ishlab chiqilmagan. Xususan, viloyatning tog'oldi va tekislik zonalari o'rtasidagi farqlarni hisobga oluvchi differensial yondashuv, shuningdek monitoring natijalarini amaliy melioratsiya tadbirlari va iqtisodiy samaradorlik bilan bog'lash masalalari yetarlicha o'rganilmagan, bu esa mazkur tadqiqotning ilmiy yangiligi va dolzarbligini belgilaydi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

1. Tadqiqot hududi

Tadqiqot hududi sifatida Samarqand viloyatining sug'orma dehqonchilik rivojlangan 7 tumani – Samarqand, Urgut, Ishtixon, Jomboy, Payariq, Pastdarg'om va Nurobod tumanlari tanlab olindi. Ushbu tumanlar viloyatning turli landshaft zonalarini (tog'oldi adirlari, tepalik mintaqasi va tekislik vohalari) qamrab oladi, bu esa olingan natijalarni viloyat miqyosida umumlashtirish imkonini beradi. Tanlangan tumanlarning umumiy sug'oriladigan maydoni 403,2 ming gektarni tashkil etadi, bu viloyat sug'oriladigan yer fondining qariyb 70%igacha to'g'ri keladi.

2. Ma'lumotlar manbalari

Tadqiqotda quyidagi ma'lumotlar manbalaridan foydalanildi:

- Sentinel-2 (ESA) sun'iy yo'ldosh tasvirlari – 10 m spatial aniqlik, 2021–2024 yillar vegetatsiya davri (aprel–sentyabr), bulutlilik darajasi 10%dan past bo'lgan sahnalar tanlab olindi;



- Landsat-9 (NASA/USGS) tasvirlari – uzoq muddatli (2015–2024) o'zgarish dinamikasini aniqlash uchun, asosan tarixiy taqqoslash maqsadida;
- UAV multispektral suratlar (DJI P4 Multispectral) – tanlangan 12 nazorat uchastkasida (har tumanda 1-2 ta) yuqori aniqlikdagi tekshirish uchun, 5 sm/piksel aniqlikda;
- Dala sharoitida olingan 64 ta tuproq namunasi (har tumanda 8-10 ta) – 0-30 sm chuqurlikdan, elektr o'tkazuvchanlik (EC), pH va umumiy tuz miqdorini aniqlash uchun laboratoriya tahliliga topshirildi;
- Meteorologik ma'lumotlar (harorat, yog'ingarchilik) – Samarqand gidrometeorologiya markazi arxividan, 2021-2024 yillar bo'yicha.

3. Hisoblangan indekslar va formulalar

NDVI (Normallashtirilgan vegetatsiya indeksi) o'simlik qoplami zichligi va sog'lomligini quyidagi formula bo'yicha aniqlaydi: $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$, bu yerda NIR – yaqin infraqizil zona qaytarilishi, RED – qizil zona qaytarilishi. Qiymati -1 dan +1 gacha o'zgarib, sog'lom va zich vegetatsiya 0,6 dan yuqori qiymatlarda namoyon bo'ladi. NDWI (Normallashtirilgan suv indeksi) tuproq va o'simlik namligini $NDWI = (GREEN - NIR) / (GREEN + NIR)$ formulasi orqali, sho'rlanish indeksi (SI) esa $SI = \sqrt{GREEN \times RED}$ formulasi yordamida hisoblab chiqildi.

Barcha indekslar Google Earth Engine bulutli platformasida JavaScript skriptlari yordamida avtomatlashtirilgan tarzda hisoblab chiqildi, so'ngra QGIS 3.34 dasturida vizualizatsiya qilindi va tuman chegaralari bo'yicha statistik zonal tahlil (zonal statistics) o'tkazildi. Har bir tuman uchun vegetatsiya davrining eng yuqori NDVI qiymatiga ega bo'lgan oy (odatda iyul-avgust) tanlab olindi, bu o'simlikning maksimal rivojlanish bosqichini aks ettiradi.

4. Validatsiya usuli



Sun'iy yo'ldosh ma'lumotlaridan olingan natijalarni tasdiqlash uchun dala sharoitida o'lchangan tuproq EC qiymatlari bilan sho'rlanish indeksi (SI) o'rtasida regressiya tahlili o'tkazildi. Shuningdek, UAV tasvirlaridan olingan yuqori aniqlikdagi NDVI qiymatlari bilan Sentinel-2 NDVI qiymatlari taqqoslandi. Natijada determinatsiya koeffitsiyenti (R^2) SI uchun 0,84, NDVI uchun 0,89 ni tashkil etdi, bu sun'iy yo'ldosh ma'lumotlarining yuqori ishonchliligini tasdiqlaydi.

TADQIQOT NATIJALARI

1-jadval. Samarqand viloyati tumanlari bo'yicha vegetatsiya va sho'rlanish ko'rsatkichlari (2024-yil vegetatsiya davri)

Tuman	O'rtacha NDVI (vegetatsiya)	Sho'rlanish darajasi	Sug'oriladigan maydon (ming ga)
Samarqand	0,61	Kuchsiz	48,2
Urgut	0,54	O'rta	62,7
Ishtixon	0,68	Kuchsiz	71,4
Jomboy	0,57	O'rta	55,9
Payariq	0,49	Kuchli	67,3
Pastdarg'om	0,63	Kuchsiz	58,1
Nurobod	0,45	Kuchli	39,6



Manba: Sentinel-2 tasvirlari va dala tekshiruvi natijalari asosida muallif tomonidan tuzilgan.

1. Vegetatsiya holati tahlili

Tahlil natijalariga ko'ra, viloyat bo'yicha o'rtacha NDVI ko'rsatkichi 0,49–0,68 oralig'ida o'zgaradi. Eng yuqori vegetatsiya zichligi Ishtixon (0,68) va Pastdarg'om (0,63) tumanlarida, eng past ko'rsatkich esa Nurobod (0,45) va Payariq (0,49) tumanlarida qayd etildi. Past NDVI qiymatlari, dala tekshiruvlari bilan solishtirilganda, asosan tuproq sho'rlanishi va sug'orish suvi yetishmovchiligi bilan bog'liq ekanligi aniqlandi.

2021-2024 yillar bo'yicha dinamik tahlil shuni ko'rsatdiki, Ishtixon va Pastdarg'om tumanlarida NDVI ko'rsatkichi barqaror o'sish tendensiyasiga ega (mos ravishda yiliga o'rtacha +0,015 va +0,011), bu hududlarda sug'orish infratuzilmasining yaxshilanishi va tomchilatib sug'orish tizimlarining joriy etilishi bilan bog'liq. Aksincha, Nurobod tumanida 2021-2023 yillarda NDVI -0,008 ga pasaygan, biroq 2024-yilda qisman tiklanish kuzatilgan, bu yilning nisbatan yog'ingarchilikka boy bo'lganligi bilan izohlanadi.

2. Namlik rejimi tahlili (NDWI)

NDWI ko'rsatkichlari tahlili shuni ko'rsatdiki, vegetatsiya davrining boshida (aprel-may) barcha tumanlarda namlik darajasi nisbatan yuqori (NDWI o'rtacha 0,12-0,18), biroq iyul-avgust oylarida, ayniqsa Payariq va Nurobod tumanlarida, bu ko'rsatkich -0,05 dan -0,15 gacha pasayadi. Bu sug'orish suvi taqsimotidagi mavsumiy tanqislik va kanal tizimlarining yetarli darajada ta'minlanmaganligini bildiradi. Pastdarg'om va Ishtixon tumanlarida esa vegetatsiya davri davomida NDWI nisbatan barqaror saqlanib qoladi (-0,02 dan +0,08 gacha), bu hududlarda sug'orish tartibining nisbatan yaxshi tashkil etilganligini ko'rsatadi.

3. Sho'rlanish darajasini baholash



NDWI va SI indekslarini birgalikda tahlil qilish natijasida viloyat sug'oriladigan yerlarining taxminan 18,4%i o'rta va kuchli sho'rlangan hududlarga to'g'ri kelishi aniqlandi. Payariq va Nurobod tumanlarida sho'rlanish darajasi eng yuqori bo'lib, bu hududlarda elektr o'tkazuvchanlik ko'rsatkichi 4,2–6,8 dS/m oralig'ida qayd etildi, bu esa o'rta darajadagi sho'rlanishga to'g'ri keladi. Jomboy va Urgut tumanlarida sho'rlanish darajasi kuchsiz-o'rta (EC 2,1-3,8 dS/m) bo'lib, asosan tuproqning yuqori qatlamida tuz to'planishi bilan bog'liq.

Sho'rlanish indeksi (SI) xaritalarini chuqurroq tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, sho'rlangan maydonlarning asosiy qismi (taxminan 73%) zovur tarmoqlaridan 1,5 km dan ortiq uzoqlikda joylashgan uchastkalarga to'g'ri keladi. Bu zovur infratuzilmasining hudud bo'yicha notekis taqsimlanganligi sho'rlanish jarayonlarining asosiy sabablaridan biri ekanligini tasdiqlaydi. Shuningdek, sug'orish kanallari bo'yidagi 200-300 metrlik chiziq bo'ylab sho'rlanish darajasi nisbatan past (kuchsiz daraja), bu esa muntazam yuvish sug'orishining ijobiy ta'sirini ko'rsatadi.

4. Yer sifat zonalarini tasniflash

Olingan NDVI, NDWI va SI qiymatlari asosida tadqiqot hududi to'rt sifat zonasiga bo'lindi: yuqori sifat (NDVI>0,6, sho'rlanish kuchsiz) – maydonning 38,2%i; o'rta-yuqori sifat (NDVI 0,5-0,6, sho'rlanish kuchsiz-o'rta) – 29,7%; o'rta-past sifat (NDVI 0,4-0,5, sho'rlanish o'rta) – 22,4%; past sifat (NDVI<0,4, sho'rlanish kuchli) – 9,7%. Ushbu tasniflash yer kadastr ma'lumotlar bazasiga integratsiya qilinishi uchun GIS formatida (shapefile) tayyorlandi va har bir kadastr uchastkasiga mos sifat zonasi belgisi biriktirildi.

8. Masofadan zondlash manbalarini qiyosiy tahlili

2-jadval. Yer sifati monitoringida turli sun'iy yo'ldosh va UAV tasvirlarining imkoniyatlari



Tasvir manbasi	Spatial aniqlik	Vaqtinchalik takrorlanish	Sug'orma yer monitoringida ahamiyati
Sentinel-2 (ESA)	10 m	5 kun	NDVI, namlik indeksi hisoblash
Landsat-9 (NASA/USGS)	30 m	16 kun	Uzoq muddatli o'zgarish tendensiyasi
MODIS	250 m	1 kun	Mintaqaviy umumiy monitoring
UAV multispektral	1-5 sm	Talab asosida	Dala darajasidagi aniq tahlil

Manba: Muallif tomonidan tuzilgan.

5. Monitoring tizimini joriy etish samarasi

Ishlab chiqilgan masofadan zondlash asosidagi monitoring metodikasi Ishtixon tumanida sinov tariqasida qo'llanildi. Natijada 2023–2024 yillar davomida 1 240 gektar yerda erta bosqichda sho'rlanish belgilari aniqlandi va tegishli melioratsiya tadbirlari (yuvish sug'orish, zovur tarmoqlarini tozalash) o'z vaqtida amalga oshirildi. Bu, o'z navbatida, ushbu maydonlarda hosildorlikning o'rtacha 11–14% ga oshishiga olib keldi.

Pilot loyiha doirasida monitoring tizimi orqali aniqlangan muammoli uchastkalar ro'yxati tuman qishloq xo'jaligi bo'limiga taqdim etildi va ularning



78%ida 2024-yil davomida amaliy tadbirlar boshlandi. Bu ko'rsatkich an'anaviy usulda aniqlangan muammoli uchastkalar bo'yicha tadbirlar boshlanish darajasidan (taxminan 45%) sezilarli yuqori bo'ldi, chunki masofadan zondlash natijalari aniq xaritalar va miqdoriy ko'rsatkichlar bilan taqdim etilgani tufayli qarorlar qabul qilish jarayoni tezlashdi.

6. Iqtisodiy samaradorlik tahlili

Masofadan zondlash asosidagi monitoring tizimining iqtisodiy samaradorligini baholash uchun an'anaviy dala tekshiruvi xarajatlari bilan taklif etilgan metodika xarajatlari taqqoslandi. An'anaviy usulda 1 ming gektar maydonni tekshirish uchun o'rtacha 12-15 ish kuni va tegishli transport, laboratoriya xarajatlari talab etiladi, bu esa taxminan 8-10 million so'mga teng. Masofadan zondlash asosidagi metodika esa bir xil maydon uchun, asosan tasvirlarni qayta ishlash va cheklangan miqdordagi validatsiya namunalari hisobiga, taxminan 1,5-2 million so'm xarajat talab qiladi, ya'ni 4-5 baravar tejamkor.

Bundan tashqari, erta aniqlangan sho'rlanish va boshqa muammolar tufayli oldini olingan hosil yo'qotishlari iqtisodiy samaraning yana bir muhim qismini tashkil etadi. Ishtixon tumanidagi pilot loyiha hisob-kitoblariga ko'ra, 1 240 gektar maydonda hosildorlikning 11-14%ga oshishi natijasida qo'shimcha 740-940 tonna paxta-ekvivalent mahsulot olingan, bu joriy bozor narxlarida taxminan 2,8-3,5 milliard so'mlik qo'shimcha daromadga teng.

7. Cheklovlar va kelajakdagi tadqiqot yo'nalishlari

Tadqiqot davomida bir qator metodologik cheklovlar aniqlandi. Birinchidan, Sentinel-2 tasvirlarining 10 metrlik spatial aniqligi mayda (0,1-0,3 gektar) dehqon xo'jaligi uchastkalari uchun yetarli bo'lmasligi mumkin, bu hollarda UAV tasvirlaridan foydalanish zarur. Ikkinchidan, bulutli kunlar ko'p bo'lgan davrlarda (asosan qish-bahor faslida) sifatli tasvirlar yetishmasligi mumkin, bu Sentinel-1 radar ma'lumotlaridan qo'shimcha foydalanishni talab qiladi. Uchinchidan,



sho'rlanish indeksleri faqat tuproq yuza qatlamidagi (0-20 sm) o'zgarishlarni aks ettiradi, chuqurroq qatlamlardagi sho'rlanish dinamikasini baholash uchun elektromagnit zondlash (EM38) kabi qo'shimcha usullar zarur.

Kelajakdagi tadqiqotlarda sun'iy intellekt va mashina o'rganish algoritmlaridan (Random Forest, Support Vector Machine) foydalanib, ko'p manbali ma'lumotlarni (optik, radar, meteorologik) birlashtirgan holda yer sifatini avtomatik tasniflash modellarini ishlab chiqish maqsadga muvofiq. Bundan tashqari, monitoring natijalarini real vaqt rejimida fermerlarga yetkazish uchun mobil ilovalar va SMS-xabarnoma tizimlarini joriy etish amaliy ahamiyatga ega bo'lar edi.

XULOSA VA TAVSIYALAR

O'tkazilgan tadqiqot Samarqand viloyati sug'oriladigan yerlarining sifat holatini masofadan zondlash ma'lumotlari asosida baholash imkoniyatlarini ochib berdi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, NDVI, NDWI va sho'rlanish indekslarini birgalikda qo'llash yer sifati bo'yicha ob'ektiv, ko'p qirrali va dala miqyosida tekshirilgan ma'lumotlarni olish imkonini beradi. Viloyat tumanlari kesimida aniqlangan farqlar – Ishtixon va Pastdarg'om tumanlaridagi nisbatan yaxshi holat va Payariq, Nurobod tumanlaridagi sho'rlanish muammolari – sug'orish va zovur infratuzilmasining hudud bo'yicha notekis rivojlanganligini aks ettiradi.

Tadqiqot natijalari asosida quyidagi tavsiyalar ishlab chiqildi:

- Samarqand viloyati sug'oriladigan yerlari uchun Sentinel-2 ma'lumotlari asosida har vegetatsiya davrida kamida 3 marta (bahor, yoz, kuz) NDVI, NDWI va sho'rlanish indekslarini hisoblash tizimini joriy etish va natijalarni viloyat qishloq xo'jaligi boshqarmasining yagona ma'lumotlar bazasiga kiritish;
- Payariq va Nurobod tumanlarida sho'rlanishga qarshi melioratsiya tadbirlarini (yuvish sug'orish, zovur tarmoqlarini qayta tiklash va kengaytirish) ustuvor yo'nalish sifatida belgilash va davlat investitsiya dasturlariga kiritish;



- Masofadan zondlash natijalarini yer kadastr ma'lumotlar bazasiga integratsiya qilish orqali yer sifat ko'rsatkichlarini muntazam (kamida yiliga 1 marta) yangilab borish va kadastr hujjatlarida sifat zonasi belgisini aks ettirish;
- Nazorat uchastkalarida UAV multispektral suratga olishni yiliga kamida 1-2 marta amalga oshirib, sun'iy yo'ldosh ma'lumotlarini dala darajasida validatsiya qilish, ayniqsa mayda dehqon xo'jaligi uchastkalari uchun;
- Olingan monitoring natijalarini fermer xo'jaliklariga yetkazish uchun veb-platforma yoki mobil ilova ishlab chiqish, bu orqali fermerlar o'z uchastkalarining sifat holati va tavsiya etilayotgan tadbirlar haqida o'z vaqtida ma'lumot olishlari ta'minlanadi;
- Kelajakda mashina o'rganish algoritmlari asosida avtomatik tasniflash modellarini ishlab chiqish va Sentinel-1 radar ma'lumotlarini qo'shimcha jalb etish orqali bulutli davrlarda ham monitoring uzluksizligini ta'minlash.

Xulosa qilib aytganda, masofadan zondlash ma'lumotlaridan foydalanish Samarqand viloyati sug'oriladigan yerlarining sifat holatini operativ, keng qamrovli va iqtisodiy jihatdan samarali baholash imkonini beradi. Iqtisodiy tahlil shuni ko'rsatdiki, taklif etilgan metodika an'anaviy usullarga nisbatan 4-5 baravar arzon bo'lib, shu bilan birga erta ogohlantirish orqali sezilarli hosildorlik o'sishiga (11-14%) erishish mumkin. Bu metodika yer kadastr va monitoring tizimini takomillashtirish bo'yicha kengroq tadqiqotning muhim tarkibiy qismi bo'lib xizmat qiladi va Samarqand viloyatidan tashqari respublikaning boshqa sug'orma dehqonchilik hududlarida ham qo'llanilishi mumkin.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Mamatkulov Z., Safarov E., Oymatov R., Abdurahmanov I., Rajapbaev M. Application of GIS and RS in Real Time Crop Monitoring and Yield Forecasting: A



- Case Study of Cotton Fields in Low and High Productive Farmlands // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 227. – 04004.
2. Khasanov S., Oymatov R., Kulmatov R. Canopy Temperature as an Indicator of Soil Salinity (a Case Study in Syrdarya Province, Uzbekistan) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2023. – Vol. 1142. – 012109.
3. Aslanov I., Jumaniyazov I., Embergenov N. Remote Sensing for Land Use Monitoring in the Suburban Areas of Tashkent, Uzbekistan // E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 384. – 02004.
4. Nguyen K.-A., Liou Y.-A., Tran H.-P., Hoang P.-P., Nguyen T.-H. Soil Salinity Assessment by Using Near-Infrared Channel and Vegetation Soil Salinity Index Derived from Landsat 8 OLI Data: A Case Study in the Tra Vinh Province, Mekong Delta, Vietnam // Progress in Earth and Planetary Science. – 2022. – Vol. 7. – Article 1.
5. Zhu C., Ding J., Zhang Z., Wang J., Chen X., Han L., Shi H., Wang J. Soil Salinity Dynamics in Arid Oases During Irrigated and Non-Irrigated Seasons // Land Degradation & Development. – 2023. – Vol. 34. – P. 1–14.
6. Barreto A.C., Fernandes Neto M., de Oliveira R.P., Moreira L.C.J., de Medeiros J.F., da Silva Sa F.V. Comparative Analysis of Spectral Indexes for Soil Salinity Mapping in Irrigated Areas in a Semi-Arid Region, Brazil // Journal of Arid Environments. – 2023. – Vol. 209. – Article 104888.
7. Golestani M., Mosleh Ghahfarokhi Z., Esfandiarpour-Boroujeni I., Shirani H. Evaluating the Spatiotemporal Variations of Soil Salinity in Sirjan Playa, Iran Using Sentinel-2A and Landsat-8 OLI Imagery // Catena. – 2023. – Vol. 231. – Article 107375.
8. Ma S., Wang L.-J., Jiang J., Chen H., Zhao Y., Wang Y. Investigation of the Spatial and Temporal Variation of Soil Salinity Using Google Earth Engine: A Case



Study at Werigan-Kuqa Oasis, West China // *Scientific Reports*. – 2023. – Vol. 13. – Article 2754.

9. Yu X., Chang C., Song J., Zhuge Y., Wang A. Precise Monitoring of Soil Salinity in China's Yellow River Delta Using UAV-Borne Multispectral Imagery and a Soil Salinity Retrieval Index // *Sensors*. – 2022. – Vol. 22(2). – Article 546.

10. Cui X., Wang Y., Wu J., Du B., Wang T. Estimating Soil Salinity Under Sunflower Cover in the Hetao Irrigation District Based on Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing // *Land Degradation & Development*. – 2023. – Vol. 34(1). – P. 84–97.

11. Gerardo R., de Lima I.P. Sentinel-2 Based Assessment of Crop Response to Salinity Stress in Irrigated Systems // *Agricultural Water Management*. – 2022. – Vol. 264. – Article 107517.

12. Tsakmakis I.D., Gikas G.D., Sylaios G.K. Integrating Sentinel-Derived NDVI to Reduce Uncertainties in the Operational Field Monitoring of Maize // *Agricultural Water Management*. – 2021. – Vol. 255. – Article 106998.

13. FAO. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture – Systems at Breaking Point. – Rome: FAO, 2022. – 320 p.

14. O'zbekiston Respublikasi Yer kodeksi. – T.: 1998 (2022-yilgi o'zgartirishlar bilan).