



UO'K: 631.4:528.94:004.9

QISHLOQ XO'JALIGI TUMANLARIDAGI SUG'ORILADIGAN YERLARNING ELEKTRON RAQAMLI TUPROQ XARITALARINI YARATISH BO'YICHA XORIJIY TAJRIBASI

Xojiyev Kuchkor Mamadiyorovich 

“O'zdavyerloyiha” DILI bosh direktori maslahatchisi,
q.x.f.f.d. (PhD), katta ilmiy xodim

Aliyev Azizjon Vali o'g'li 

“O'zdavyerloyiha” davlat ilmiy-loyihalash instituti
“Xalqaro aloqalar” bo'limi boshlig'i

e-mail: a.aliyev.dili@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada qishloq xo'jaligi tumanlaridagi sug'oriladigan yerlarning 1:25 000 masshtabli elektron raqamli tuproq xaritalarini yaratish bo'yicha rivojlangan xorijiy davlatlar tajribasi o'rganilgan. Tadqiqotda raqamli tuproq xaritalashning nazariy va metodologik asoslari, jumladan SCORPAN modeli, masofadan zondlash ma'lumotlari, geoaxborot tizimlari, raqamli relyef modellari hamda mashinali o'qitish usullarining qo'llanilishi tahlil qilingan. AQSh, Xitoy, Isroil, Germaniya, Shvetsiya, Avstraliya, Belarus va Qozog'istonda elektron tuproq xaritalarini yaratish jarayonida qo'llanilayotgan zamonaviy texnologiyalar va ularning amaliy natijalari yoritilgan. Sug'oriladigan yerlarning meliorativ holatini baholash, tuproq sho'rlanishi va degradatsiya jarayonlarini aniqlash hamda yer resurslarini samarali boshqarishda raqamli tuproq xaritalarining ahamiyati asoslab berilgan. Tadqiqot natijalari sug'oriladigan yerlar monitoringini takomillashtirish va raqamli tuproq ma'lumotlar bazalarini shakllantirishda xorijiy tajribadan foydalanish zarurligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: Elektron raqamli tuproq xaritasi, sug'oriladigan yerlar, raqamli tuproq xaritalash, SCORPAN modeli, geoaxborot tizimlari, masofadan zondlash, mashinali o'qitish, meliorativ holat, sho'rlanish, yer monitoringi.

Abstract. This article examines international experience in developing 1:25,000-scale digital soil maps for irrigated agricultural lands. The study analyzes the theoretical and methodological foundations of Digital Soil Mapping, including the SCORPAN model, remote sensing data, geographic information systems, digital elevation models, and machine learning techniques. Modern technologies and practical outcomes of digital soil mapping implemented in the United States, China,





AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLAR KARANTINI

Israel, Germany, Sweden, Australia, Belarus, and Kazakhstan are reviewed. Particular attention is given to the role of digital soil maps in assessing the reclamation status of irrigated lands, identifying soil salinity and degradation processes, and improving land resource management. The findings highlight the importance of applying international experience to enhance irrigated land monitoring systems and to develop comprehensive digital soil databases.

Keywords: Digital soil map, irrigated lands, Digital Soil Mapping, SCORPAN model, geographic information systems, remote sensing, machine learning, land reclamation, soil salinity, land monitoring.

Аннотация. В статье исследован зарубежный опыт создания электронных цифровых почвенных карт масштаба 1:25 000 для орошаемых земель сельскохозяйственных районов. Рассмотрены теоретические и методологические основы цифрового картографирования почв, включая модель SCORPAN, данные дистанционного зондирования Земли, геоинформационные системы, цифровые модели рельефа и методы машинного обучения. Проанализированы современные технологии, применяемые при создании цифровых почвенных карт в США, Китае, Израиле, Германии, Швеции, Австралии, Беларуси и Казахстане, а также их практические результаты. Обосновано значение цифровых почвенных карт для оценки мелиоративного состояния орошаемых земель, выявления процессов засоления и деградации почв, а также эффективного управления земельными ресурсами. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности использования зарубежного опыта при совершенствовании мониторинга орошаемых земель и формировании цифровых почвенных баз данных.

Ключевые слова: Электронная цифровая почвенная карта, орошаемые земли, цифровое картографирование почв, модель SCORPAN, геоинформационные системы, дистанционное зондирование, машинное обучение, мелиоративное состояние, засоление почв, мониторинг земель.

KIRISH

Bugungi kunda global iqlim o'zgarishi, suv resurslari tanqisligining kuchayishi, tuproq degradatsiyasi va sug'oriladigan yerlar meliorativ holatining yomonlashuvi qishloq xo'jaligida yer resurslaridan oqilona foydalanishni ustuvor vazifalardan biriga aylantirmoqda. Ayniqsa, sug'oriladigan hududlarda tuproq unumdorligini saqlash, sho'rlanish va botqoqlanish jarayonlarini nazorat qilish, suv resurslaridan samarali foydalanish hamda qishloq xo'jaligi ekinlarining barqaror hosildorligini ta'minlash uchun yerlarning holati to'g'risidagi ishonchli va tezkor ma'lumotlarga ehtiyoj ortib bormoqda. Shu nuqtai nazardan, sug'oriladigan yerlarning 1:25 000 masshtabli elektron raqamli tuproq xaritalarini (ERTX) yaratish va muntazam yangilab borish zamonaviy yer resurslarini boshqarish tizimining muhim tarkibiy qismi hisoblanadi.





AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIK KARANTINI

Dunyo miqyosida olib borilgan ilmiy tadqiqotlar va amaliy tajribalar shuni ko'rsatadiki, an'anaviy tuproq xaritalash usullari zamonaviy geoinformatsion texnologiyalar, masofadan zondlash ma'lumotlari hamda sun'iy intellekt algoritmlari bilan uyg'unlashtirilganda tuproq qoplaminig fazoviy tarqalishi va xossalarini ancha yuqori aniqlikda baholash imkoniyati yaratiladi. AQSh, Yevropa Ittifoqi mamlakatlari, Xitoy va Isroil kabi davlatlarda elektron raqamli tuproq xaritalari qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishini raqamlashtirish, aniq dehqonchilik texnologiyalarini joriy etish, yerlarning meliorativ holatini monitoring qilish va agroteknik tadbirlarni optimallashtirishda keng qo'llanilmoqda.

O'zbekistonda ham yer va suv resurslaridan samarali foydalanish, sug'oriladigan yerlarning meliorativ holatini yaxshilash hamda qishloq xo'jaligini raqamlashtirish bo'yicha keng ko'lamli islohotlar amalga oshirilmoqda. Respublikada yer kadastri, tuproq bonitirovkasi va agrokimyoviy tadqiqotlar natijalari asosida shakllantirilgan mavjud tuproq xaritalari muhim axborot manbai bo'lib xizmat qilayotgan bo'lsa-da, ularning aksariyati uzoq yillar oldin yaratilgan bo'lib, ayrim hududlarda tabiiy va antropogen omillar ta'sirida yuz bergan o'zgarishlarni to'liq aks ettira olmaydi. Shu sababli tuproq ma'lumotlarini zamonaviy masofadan zondlash texnologiyalari, GIS platformalari va raqamli modellashtirish usullari asosida yangilash zarurati tobora ortib bormoqda.

So'nggi yillarda respublikada Sentinel-2 va Landsat sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari, uchuvchisiz uchish apparatlari (dronlar), geoinformatsion tizimlar hamda raqamli relyef modellaridan foydalanish orqali yer resurslarini monitoring qilish bo'yicha qator ilmiy-amaliy ishlar amalga oshirilmoqda. Biroq, sug'oriladigan yerlar uchun 1:25 000 masshtabda zamonaviy elektron raqamli tuproq xaritalarini yaratish, ularni muntazam yangilash va amaliyotga joriy etish masalalari hali ham dolzarb ilmiy va amaliy muammolardan biri bo'lib qolmoqda.

Raqamli tuproq xaritalashning nazariy asoslari xalqaro amaliyotda Hans Jenny tomonidan 1941-yilda ishlab chiqilgan tuproq hosil bo'lish omillari konsepsiyasiga borib taqaladi. Keyinchalik ushbu yondashuv McBratney va hammualliflari tomonidan takomillashtirilib, raqamli tuproq xaritalashning SCORPAN modeli shakllantirilgan. Mazkur model tuproq xossalarining shakllanishiga ta'sir etuvchi asosiy tabiiy va fazoviy omillarni matematik jihatdan ifodalash imkonini beradi:

$$S = f(s, c, o, r, p, a, n)$$

bu yerda

S – tuproq xossasi yoki tipi;

s – masofadan zondlash va fazoviy ma'lumotlar;

c – iqlim omillari;

o – o'simlik va boshqa tirik organizmlar;

r – relyef va topografik sharoitlar;

p – ona jinslar;

a – vaqt omili;

n – geografik koordinatalarni ifodalaydi.





AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIK KARANTINI

Xalqaro tajribada 1:25 000 masshtabli elektron raqamli tuproq xaritalarini yaratish odatda bir-biri bilan uzviy bog'liq bo'lgan uchta asosiy bosqich asosida amalga oshiriladi. Birinchi bosqichda masofadan zondlash ma'lumotlari yig'iladi va qayta ishlanadi. Bunda Sentinel-2 hamda Landsat 8/9 sun'iy yo'ldoshlari orqali olingan multispektral tasvirlar asosida o'simlik qoplami indeksleri (NDVI, EVI), tuproq namligi va sho'rlanish ko'rsatkichlari aniqlanadi. Ikkinchi bosqichda hududning raqamli relyef modeli yaratiladi hamda SRTM yoki ALOS PALSAR ma'lumotlari asosida qiyalik, ekspozitsiya, suv oqimi yo'nalishlari va topografik namlanish indeksi (TWI) kabi ko'rsatkichlar hisoblanadi. Ushbu ma'lumotlar sug'oriladigan hududlarda sizot suvlari ta'siri va sho'rlanish jarayonlarini baholashda muhim ahamiyat kasb etadi.

MATERIALLAR VA USLUBLAR

Dala sharoitida olingan tuproq namunalari laboratoriya tahlillari natijalari masofadan zondlash va relyef ma'lumotlari bilan integratsiyalashgan holda mashinali o'rganish algoritmlari yordamida qayta ishlanadi. Bunda Random Forest, Support Vector Machine (SVM), sun'iy neyron tarmoqlari (ANN) hamda geostatistik interpolatsiya usullaridan foydalanilib, tuproqning mexanik tarkibi, gumus miqdori, sho'rlanish darajasi, namlik holati va boshqa muhim ko'rsatkichlari bo'yicha yuqori aniqlikdagi elektron konturlar hosil qilinadi (1-rasm).

Shunday qilib, zamonaviy elektron raqamli tuproq xaritalarini yaratish an'anaviy dala-tadqiqot usullarini masofadan zondlash, GIS texnologiyalari va sun'iy intellekt asosidagi modellashtirish usullari bilan uyg'unlashtirishga asoslanadi. Ushbu yondashuv sug'oriladigan yerlarning meliorativ holatini baholash, sho'rlanish va degradatsiya jarayonlarini monitoring qilish, yer va suv resurslaridan samarali foydalanish hamda qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishining barqarorligini ta'minlash uchun muhim ilmiy-amaliy asos yaratadi. Shu bilan birga, ilg'or xorijiy tajribalarni O'zbekistonning tuproq-iqlim sharoitlariga moslashtirgan holda joriy etish respublikada raqamli tuproq xaritalash tizimini takomillashtirishning asosiy yo'nalishlaridan biri hisoblanadi (2-rasm).

SCORPAN Modelida Ma'lumotlar Manbalarining Ulushi (%)



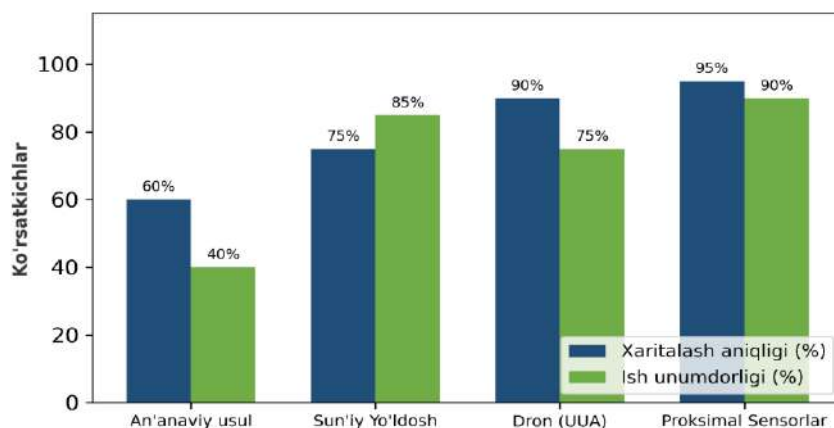
1-rasm. Raqamli tuproq xaritalashda qo'llaniladigan SCORPAN modeli ma'lumotlar klasteri.





AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIK KARANTINI

Tuproqni Raqamli Xaritalashda Texnologiyalar Samaradorligi



2-rasm. An'anaviy va zamonaviy raqamli tuproq xaritalash texnologiyalari samaradorligi qiyosiy tahlili.

NATIJALAR VA MUNOZARA

Yetakchi davlatlar tajribasi asosida sug'oriladigan yerlarning 1:25 000 masshtabli elektron raqamli tuproq xaritalarini yaratish yondashuvlari:

Sug'oriladigan qishloq xo'jaligi yerlarining 1:25 000 masshtabli elektron raqamli tuproq xaritalarini (ERTX) yaratish bo'yicha dunyoning yetakchi davlatlari o'zlarining tabiiy-iqlimiy sharoitlari, yer-suv resurslari, texnologik imkoniyatlari hamda qishloq xo'jaligi ehtiyojlaridan kelib chiqib turli metodologik yondashuvlarni shakllantirgan. Raqamli tuproqshunoslik (Digital Soil Mapping — DSM), masofadan zondlash, geoaxborot tizimlari (GIS), sun'iy intellekt va mashinali o'rganish texnologiyalarining rivojlanishi natijasida tuproq xossalarini yuqori aniqlikda xaritalash, monitoring qilish va prognozlash imkoniyatlari sezilarli darajada kengaydi. Tadqiqotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, AQSh, Xitoy, Isroil, Germaniya, Shvetsiya, Avstraliya, Belarus va Qozog'iston ushbu yo'nalishda eng ilg'or tajriba va amaliy natijalarga ega davlatlar hisoblanadi.

AQShda elektron raqamli tuproq xaritalarini yaratish ishlari AQSh Qishloq xo'jaligi vazirligi huzuridagi Tabiiy resurslarni muhofaza qilish xizmati (USDA-NRCS) tomonidan yuritiladigan gSSURGO (Gridded Soil Survey Geographic Database) tizimi asosida amalga oshiriladi. Mamlakat hududi deyarli to'liq 1:24 000 masshtabda raqamlashtirilgan bo'lib, tuproq xaritalarini shakllantirishda yuqori aniqlikdagi LiDAR relyef modellari hamda elektromagnit induksiya (EMI) sensorlari ma'lumotlaridan foydalaniladi. Natijada tuproqning suv o'tkazuvchanligi, organik modda miqdori va sho'rlanish darajasi 10 metrli fazoviy aniqlikda baholanadi. Ushbu ma'lumotlar aniq dehqonchilik tizimlarida o'g'itlarni differensial me'yorlarda qo'llash imkonini yaratib, yer resurslaridan samarali foydalanishga xizmat qilmoqda [1].

Xitoyda elektron tuproq xaritalarini yaratish bo'yicha yirik loyihalardan biri Xitoy Fanlar akademiyasi va Milliy tuproq xizmati tomonidan amalga oshirilayotgan "Uchinchi milliy tuproq tadqiqoti" hisoblanadi. Bu yerda



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLER KARANTINI

sug'oriladigan gidromorf maydonlarni aniqlashda ko'p vaqtli Sentinel-2 sun'iy yo'ldosh tasvirlari hamda chuqur mashinali o'rganish algoritmlaridan foydalaniladi. Natijada tuproq profili 0–30 sm, 30–60 sm va 60–100 sm qatlamlar kesimida uch o'lchamli formatda modellashtirilgan. Ayniqsa, sug'orish tizimlari ta'sirida yuzaga keladigan sizot suvlari bosimi va ikkilamchi sho'rlanish jarayonlarini prognozlashda Random Forest Regression modellarining aniqligi yuqori natijalarni ko'rsatib, R^2 ko'rsatkichi 0,82–0,88 oralig'iga yetgan [5].

Isroil tajribasi sug'oriladigan va sho'rlanish xavfi yuqori bo'lgan qurg'oqchil hududlar uchun alohida ahamiyatga ega. Mamlakatda Qishloq xo'jaligi va qishloq hududlarini rivojlantirish vazirligi tomonidan yuritiladigan milliy agrar-GIS platformasi asosida tuproq monitoringi amalga oshiriladi. Asosiy e'tibor yaqin masofadan zondlash sensorlari (Proximal Soil Sensing), termal infraqizil tasvirlar va dronlarga o'rnatilgan giperspektral kameralar ma'lumotlaridan foydalanishga qaratilgan. Ushbu yondashuv tuproqning elektr o'tkazuvchanligi va namlik holatini 1:10 000 masshtabgacha aniqlikda xaritalash imkonini bergan. Muhimi, yaratilgan xaritalar tomchilatib sug'orish va fertigatsiya tizimlari bilan integratsiyalashgan bo'lib, ular sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari asosida muntazam ravishda yangilanib boriladi [7].

Germaniyada elektron tuproq xaritalash ishlari Yevropa Ittifoqining LUCAS tuproq ma'lumotlar bazasi hamda Germaniya Federal geologiya va tabiiy resurslar instituti (BGR) faoliyati bilan chambarchas bog'liq. Bu yerda gidrologik-topografik indekslar, kriging va Random Forest Kriging (RFK) kabi geostatistik modellashtirish usullaridan keng foydalaniladi. Tadqiqotlar natijasida tuproqdagi organik uglerod va gumus miqdorini baholashga mo'ljallangan milliy raqamli xaritalar yaratilgan. Gibrid modellar yordamida olingan natijalar, ayniqsa, sug'oriladigan vodiy hududlari va daryo bo'ylari uchun tuproq degradatsiyasi hamda eroziya jarayonlarini ishonchli prognozlash imkonini bermoqda [8].

Shvetsiya raqamli tuproq xaritalash sohasida innovatsion masofadan zondlash usullaridan foydalanishi bilan ajralib turadi. Shvetsiya Qishloq xo'jaligi fanlari universiteti (SLU) va Shvetsiya Geologik tadqiqotlar markazi (SGU) tomonidan amalga oshirilayotgan loyihalarda havo gamma-spektrometriyasi va lazerli skanerlash texnologiyalari asosiy axborot manbai hisoblanadi. Shu asosda ishlab chiqilgan "Farm Interactive" modeli fermer xo'jaliklarida olingan laboratoriya tahlillarini raqamli xaritalarga integratsiyalash imkonini beradi. Natijada tuproq teksturasi, xususan qum va gil fraksiyalarini aniqlashda mahalliy xatolik darajasi sezilarli kamayib, xaritalarning amaliy qiymati oshirilgan [9].

Avstraliyada elektron tuproq xaritalari CSIRO tomonidan yaratilgan SoilMapp hamda Soil and Landscape Grid of Australia tizimlari asosida shakllantiriladi. Katta hududlarni qamrab olish maqsadida giperspektral masofadan zondlash ma'lumotlari, tuproq-landshaft kovariatlari va geostatistik modellashtirish usullari qo'llaniladi. Natijada tuproq qalinligi, sho'rlangan qatlamlarning chuqurligi, kation almashinuv sig'imi va suv saqlash qobiliyati kabi ko'rsatkichlar uch

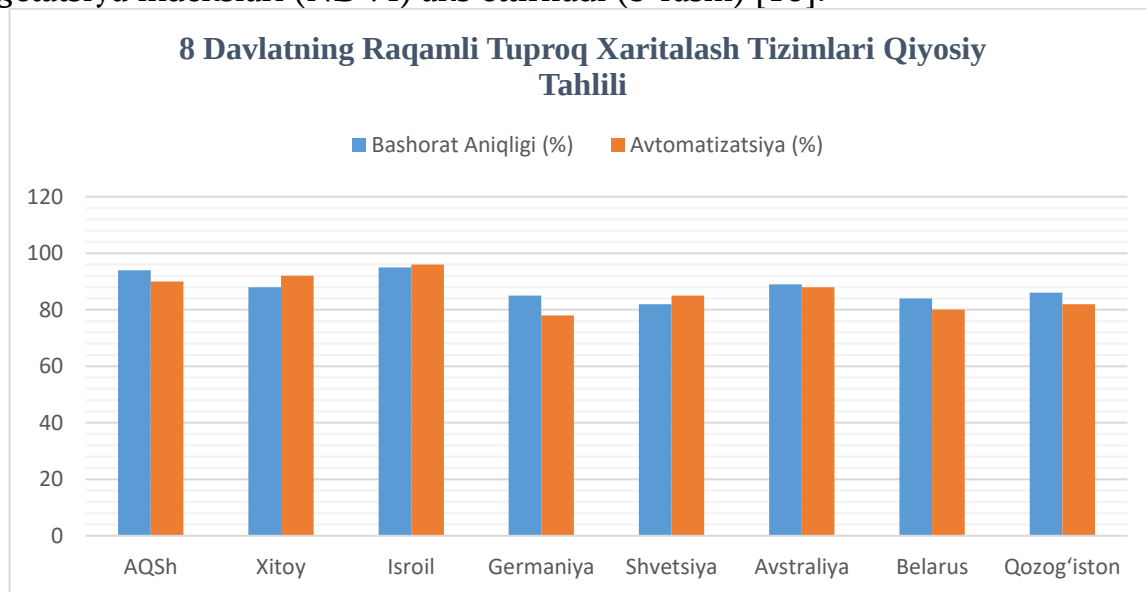


AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIK KARANTINI

o'lchamli formatda modellashtirilgan. Qishloq xo'jaligi hududlarida xaritalarning fazoviy aniqligi 25–30 metrga yetkazilgan bo'lib, bu 1:25 000 masshtab talablariga to'liq mos keladi [12].

Belarus Respublikasida elektron tuproq xaritalari milliy yer kadastri va agrokimyoviy monitoring tizimlari bilan integratsiyalashgan holda yuritiladi. GIS texnologiyalariga asoslangan 1:10 000–1:25 000 masshtabli xaritalarda tuproqning gumus miqdori, pH reaksiyasi, fosfor va kaliy bilan ta'minlanganlik darajasi, mexanik tarkibi, yer osti suvlari chuqurligi hamda meliorativ holati aks ettiriladi. Ushbu tizimlar yer unumdorligini baholash, o'g'itlash me'yorlarini belgilash va meliorativ tadbirlarni rejalashtirishda muhim axborot manbai sifatida xizmat qiladi [15].

Qozog'istonda esa milliy raqamli tuproq ma'lumotlar bazasi va yer resurslarini boshqarish tizimi asosida elektron xaritalash ishlari olib borilmoqda. Sentinel-2, Landsat va KazEOSat sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari GIS hamda mashinali o'rganish algoritmlari bilan uyg'unlashtirilgan. Natijada sho'rlanish, namlik tanqisligi, eroziya va degradatsiya jarayonlarini monitoring qilish imkoniyati yaratilgan. Xaritalarda tuproqning elektr o'tkazuvchanligi, gumus miqdori, karbonatlar, gips qatlamlari, mexanik tarkibi, namligi, yer osti suvlari holati va vegetatsiya indeksleri (NDVI) aks ettiriladi (3-rasm) [16].



3-rasm. 8 yetakchi davlat raqamli tizimlarining qiyosiy samaradorlik ko'rsatkichlari.

Umuman olganda, rivojlangan davlatlar tajribasi shuni ko'rsatadiki, 1:25 000 masshtabli elektron raqamli tuproq xaritalarini yaratishda masofadan zondlash ma'lumotlari, yuqori aniqlikdagi relyef modellari, geostatistik usullar, sun'iy intellekt algoritmlari va dala kuzatuvlari integratsiyasi asosiy metodologik yo'nalish hisoblanadi. Ushbu yondashuvlar sug'oriladigan yerlarning meliorativ holatini baholash, sho'rlanish va degradatsiya jarayonlarini monitoring qilish, suv va o'g'it



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIK KARANTINI

resurslaridan samarali foydalanish hamda aniq dehqonchilik texnologiyalarini joriy etishda muhim ilmiy-amaliy asos bo'lib xizmat qilmoqda. O'zbekiston sharoitida ham mazkur ilg'or tajribalarni mahalliy tabiiy-geografik xususiyatlarga moslashtirgan holda joriy etish sug'oriladigan yerlarning raqamli tuproq xaritalarini takomillashtirish va yer resurslarini barqaror boshqarish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi (1-jadval).

1-jadval

Davlatlar kesimidagi qiyosiy-tahliliy matritsasi

Davlat va Masshtab	Asosiy Kovariatlar / Ma'lumotlar	Tahliliy Yutug'i va Amaliyoti
AQSh (1:24 000)	LiDAR relyef modellari, traktor elektromagnit sensorlari.	Agrokimyoviy o'g'itlarni aniq piksellar bo'yicha dozalash tizimi.
Xitoy (1:25 000)	Sentinel-2, Gaofen, Machine Learning (RF, ANN).	Sug'oriladigan yerlarda vertikal (3D) tuproq qatlamlari profili monitoringi.
Isroil (1:10 000)	Dron giperspektral kameralari, gidrosensorlar, proksimal EC.	Ikkilamchi sho'rlanishni real vaqt rejimida haftalik prognozlash.
Germaniya (1:25 000)	LUCAS ma'lumotlar bazasi, topografik indekslar (TWI).	Tuproqdagi organik uglerod (SOC) va gumus yo'qolishi dinamikasi.
Shvetsiya (1:50 000)	Havo gamma-spektrometriyasi, tarixiy laboratoriya tahlillari.	"Farm Interactive" orqali tekstura xatoligini 6.5% gacha kamaytirish.
Avstraliya (1:25 000)	Giperspektral yo'ldoshlar, kation almashinuv sig'imi.	Tuproqning samarali gidrologik namlik sig'imi onlayn monitoringi.
Belarus (1:10 000–1:25 000)	Tuproq-geobotanik xaritalar, Sentinel-2, raqamli relyef modellari (DEM), agroximik monitoring ma'lumotlari	Melioratsiyalangan va torfli tuproqlarning degradatsiyasini baholash, organik modda zaxiralarini raqamli xaritalash
Qozog'iston (1:25 000–1:50 000)	Sentinel-1/2, Landsat, DEM, elektromagnit induksiya (EMI), iqlim ma'lumotlari	Sho'rlanish va cho'llanish xavfini fazoviy modellashtirish, yaylov va sug'oriladigan yerlar tuproq sifatini monitoring qilish



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIK KARANTINI

2-jadval

Davlatlar kesimida elektron tuproq xaritalariga kiritiladigan ma'lumotlar

Davlat	Asosiy tuproq ma'lumotlari
AQSH	Mexanik tarkib, suv o'tkazuvchanlik, gumus, EC, NPK, namlik
XITOIY	0–100 sm qatlamlar, namlik, sho'rlanish, organik moddalar
ISROIL	EC, namlik, bug'lanish, oziqa elementlari
GERMANIYA	SOC, gumus, eroziya xavfi, namlik
SHVETSIYA	Tekstura, pH, organik moddalar
AVSTRALIYA	CEC, namlik sig'imi, tuproq qalinligi
BELARUS	Gumus, pH, P_2O_5 , K_2O , namlanish, torf
QOZOG'ISTON	EC, gumus, karbonat, gips, eroziya, NDVI

XULOSA

O'zbekiston Respublikasi uchun tahliliy tavsiyalar 8 ta davlat tajribasini respublikamizning sug'oriladigan qishloq xo'jaligi yerlariga tatbiq etish uchun quyidagi konseptual bosqichlarni amalga oshirish tavsiya etiladi:

1. Dinamik Geo-ma'lumotlar bazasiga o'tish (AQSh va Germaniya tajribasi): Xaritalarni statik formatda emas, ArcGIS/QGIS muhitida doimiy yangilanib boruvchi atributiv ma'lumotlar jadvallari (sho'rlanish, mexanik tarkib, gumus miqdori, namlik va oziqa elementlari) bilan ta'minlash.

2. Vertikal 3D modellashirishni joriy etish (Xitoy tajribasi): Respublika sharoitida tuzlarning kapillyar ko'tarilishini inobatga olgan holda, tuproqning faqat haydalma (0–30 sm) emas, balki 1 metr va undan chuqur qatlamlarining raqamli profil xaritalarini yaratish.

3. Dronlar va proksimal sensorlar integratsiyasi (Isroil tajribasi): Sho'rlanish o'choqlarini aniq chegaralash uchun vegetatsiya davrida uchuvchisiz uchish apparatlari (UUA) multispektral tasvirlaridan hamda dala elektromagnit o'tkazuvchanlik (EC) sensorlaridan foydalanish.

4. Meliorativ holat va organik modda monitoringini kuchaytirish (Belarus tajribasi): Sug'oriladigan tuproqlarda gumus zaxiralari, organik uglerod (SOC) miqdori hamda meliorativ holat ko'rsatkichlarini muntazam kuzatib boruvchi raqamli monitoring tizimini yaratish. Bu tuproq unumdorligining pasayishi va degradatsiya jarayonlarini erta aniqlash imkonini beradi.





AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLER KARANTINI

5. Sho'rlanish va cho'llanish xavfini fazoviy prognozlash (Qozog'iston tajribasi): Sentinel-1/2, Landsat va raqamli relyef modellari asosida sho'rlanish, eroziya va cho'llanish xavfi yuqori bo'lgan hududlarni avtomatik aniqlovchi GIS-platformalarni joriy etish. Bu yer resurslaridan oqilona foydalanish va meliorativ tadbirlarni hududlar kesimida rejalashtirish samaradorligini oshiradi.

6. Onlayn monitoring va qaror qabul qilish tizimlarini yaratish (Avstraliya va Shvetsiya tajribasi): Tuproq namligi, sho'rlanish darajasi va agrokimyoviy ko'rsatkichlarni masofadan zondlash ma'lumotlari asosida real vaqt rejimida kuzatib boruvchi milliy geoaxborot platformasini shakllantirish.

Kutilayotgan natijalar:

- Tuproq xaritalarining aniqligini 15–25 % ga oshirish;
- Sho'rlanish monitoringi xarajatlarini kamaytirish;
- Yer resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirish;
- Meliorativ tadbirlarni manzilli rejalashtirish imkoniyatini yaratish;
- Raqamli qishloq xo'jaligi va "Smart Agriculture" tizimlarini rivojlantirish;
- Tuproq unumdorligini saqlash va degradatsiya jarayonlarini barvaqt aniqlash.

ADABIYOTLAR

1. USDA-NRCS. *Gridded Soil Survey Geographic Database (gSSURGO) User Guide*. Washington, DC: United States Department of Agriculture, 2023.
2. Soil Survey Staff. *Soil Survey Geographic Database (SSURGO) Data Use Information*. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 2022.
3. European Commission. *LUCAS Soil Module – Methodology and Results*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2023.
4. Ballabio C., Panagos P., Montanarella L. Mapping Topsoil Organic Carbon Content in Europe. // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 2016. – Vol. 188.
5. Chinese Academy of Sciences. *The Third National Soil Census of China: Technical Guidelines*. Beijing, 2023.
6. Zhang G., Liu F., Song X. Deep Learning Approaches for Digital Soil Mapping Using Multi-Temporal Sentinel-2 Imagery. // *Remote Sensing*. – 2022. – Vol. 14.
7. Ministry of Agriculture and Rural Development of Israel. *National Agricultural GIS Platform and Precision Agriculture Applications*. Tel Aviv, 2022.
8. Ben-Dor E., Chabrillat S., Demattê J.A.M. Using Imaging Spectroscopy for Soil Monitoring and Mapping. // *Remote Sensing of Environment*. – 2019. – Vol. 231.
9. Swedish University of Agricultural Sciences (SLU). *Digital Soil Mapping and Precision Agriculture in Sweden*. Uppsala, 2022.





AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLER KARANTINI

10. Swedish Geological Survey (SGU). *National Soil Information and Geodata Services*. Uppsala, 2023.
11. CSIRO. *Soil and Landscape Grid of Australia: Technical Documentation*. Canberra, 2023.
12. Viscarra Rossel R.A., Chen C., Grundy M.J. Digital Soil Mapping Across Australia. // *Geoderma*. – 2015. – Vol. 264. – P. 142–156.
13. FAO. *Digital Soil Mapping: Guidelines and Best Practices*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021.
14. FAO. *Status of the World's Soil Resources Report*. Rome, 2023.
15. Belarusian Research Institute of Soil Science and Agrochemistry. *Soil Monitoring and Agrochemical Survey System in Belarus*. Minsk, 2022.
16. Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan. *National Soil Monitoring and Land Resource Management System*. Astana, 2023.
17. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). *Global Land Outlook 2nd Edition*. Bonn, Germany, 2022.