УДК: 631.4

TUPROQ TARKIBIDAGI ORGANIK UGLEROD (TOU) MIQDORINI ANIQLASHNING INTEGRATSIYALASHGAN SAMARALI USULIDAN FOYDALANISH ISTIQBOLLARI

Bobomurodov Shuxrat Mexribonovich,*
direktor, biologiya fanlari doktori, professor
Yuldashov Murod Xudargonovich,**
«Biologiya» kafedrasi professori, qishloq xo‘jaligi fanlari nomzodi,
e-mail: murodyuldashov35@gmail.com
Baxodirov Zafar Abduvalyevich*,
biologiya fanlari doktori, katta ilmiy xodim
Niyazmetov Umidbek Xudayberganovich,***
biologiya fanlari doktori,
e-mail: niyazmetovumid5@gmail.com
Tursunov Shodmon Tog‘ayevich,*
biologiya fanlari falsafa doktori (PhD), katta ilmiy xodim,
e-mail: shodmontursunov1976@gmail.com

**Tuproqshunoslik va agrokimyoviy tadqiqotlar instituti*
***Navoiy davlat universiteti*
****O‘zbekiston Respublikasi Iqtisodiyot va moliya vazirligi*

Annotatsiya. Ushbu maqolada tuproq organik uglerodi (TOU) ni aniqlashda aniqlik, samaradorlik va tezlikni tubdan oshirishga qaratilgan to‘g‘ridan-to‘g‘ri laboratoriya o‘lchovlari, tuproq spektroskopiyasi (NIR/MIR), masofadan zondlash (Sentinel, Landsat) va Sun’iy intellekt (AI/ML) modellarini o‘zaro birlashtiruvchi innovatsion integratsiyalashgan usulning afzalliklari nazariy jihatdan asoslanadi.
Kalit so‘zlar: tuproq organik uglerodi (TOU), spektroskopiya, yaqin infraqizil (NIR), o‘rta infraqizil (MIR), masofadan zondlash, sun’iy intellekt (AI/ML), GAT, uglerod deponiyasi.

Аннотация. В данной статье теоретически обосновываются преимущества инновационного интегрированного метода, направленного на радикальное повышение точности, эффективности и скорости определения органического углерода почвы (ОУП). Метод объединяет прямые лабораторные измерения, почвенную спектроскопию (NIR/MIR), дистанционное зондирование (Sentinel, Landsat) и модели искусственного интеллекта (AI/ML).
Ключевые слова: органический углерод почвы (ОУП), спектроскопия, ближняя инфракрасная область (NIR), средняя инфракрасная область (MIR), дистанционное зондирование, искусственный интеллект (AI/ML), ГИС, депонирование углерода.

Annotation. This article theoretically substantiates the advantages of an innovative integrated method aimed at fundamentally increasing the accuracy, efficiency, and speed of determining soil organic carbon (SOC). The approach combines direct laboratory measurements, soil spectroscopy (NIR/MIR), remote sensing (Sentinel, Landsat), and Artificial Intelligence (AI/ML) models.
Key words: soil organic carbon (SOC), spectroscopy, near-infrared (NIR), mid-infrared (MIR), remote sensing, artificial intelligence (AI/ML), GIS, carbon sequestration.

Kirish. Tuproq Yer yuzasining muhim komponenti bo‘lib, biologik xilma-xillikni qo‘llab-quvvatlaydigan va global moddalar aylanishida markaziy rol o‘ynaydigan

ISSN 2181-0826 1/2026 y.

tabiiy resurs hisoblanadi [2, 3].

Tuproq sog‘lomligi va unumdorligini belgilaydigan eng asosiy omil bu tuproqdagi organik uglerod miqdori bo‘lib, u tuproqning strukturasini yaxshilaydi, suvni ushlab turish qobiliyatini oshiradi, mikroorganizmlar faoliyati uchun zarur sharoitlarni yaratadi hamda o‘simliklar uchun ozuqa elementlari deposi vazifasini bajaradi [6].

Global miqyosda, tuproq katta uglerod yutuvchi sifatida atmosferadagi CO2 ni bog‘lab, uni organik shaklda uzoq muddat saqlash orqali iqlim o‘zgarishini yumshatishda muhim rol o‘ynaydi. Shu sababli, milliy va xalqaro miqyosda qishloq xo‘jaligi tizimlarida tuproqdagi organik uglerod miqdorini oshirishga qaratilgan siyosatlar yuritilib, yangidan-yangi zamonaviy amaliyotlar joriy etilmoqda.

Tuproqdagi organik uglerod monitoringi dolzarb vazifa bo‘lishiga qaramay, uning miqdorini ishonchli, tez va tejamkorlik bilan baholash murakkabligicha qolmoqda. An’anaviy laboratoriya usullari (masalan, Tyurin usuli bo‘yicha K-M (Walkley–Black) usuli) yuqori aniqlikni ta’minlasa-da, fazoviy o‘zgaruvchanlik tufayli hududlarda keng qamrovli monitoringni amalga oshirish uchun ko‘p vaqt va ishchi kuchi talab qiladi [1, 4].

Tuproqdagi organik uglerodni baholashdagi asosiy qiyinchiliklar:

1. Vaqt va mehnat talabi (An’anaviy usullar):

An’anaviy usullar (masalan, K-M, quruq yonish) laboratoriyada namunalarni yig‘ish, tayyorlash va tahlil qilishni talab qiladi. Bu juda ko‘p vaqt va xarajat talab qiladi.

2. Fazoviy va vaqtinchalik o‘zgaruvchanlik:

Tuproqdagi organik uglerod miqdori qisqa masofalarda (hatto bir dalaning ichida ham) hamda mavsumiy va yillar davomida juda katta farq qiladi. Bu, o‘rganilayotgan hududga to‘liq taalluqli bo‘lishi uchun ko‘p sonli namunalarni olishni va tahlil qilishni taqozo etadi.

3. Namuna olishdagi xatolik:

Agar namuna o‘zgaruvchanlikni to‘g‘ri aks ettirmasa, tahlil natijalaridan noto‘g‘ri xulosalar chiqishi mumkin.

4. Tuproqdagi organik uglerod fraksiyalarining murakkabligi:

Tuproqdagi organik uglerod bir hil material emas, balki turli xil degradatsiya darajasidagi (aktiv, barqaror, inert) organik moddalarning murakkab aralashmasi [6-7].

Odatdagi tahlillar faqat umumiy miqdorni ko‘rsatadi, ammo tuproqdagi organik uglerodning sifatini yoki uning dinamikasini (qancha vaqt saqlanishini) baholash qiyin bo‘ladi. Shu sababli, bugungi kunda dunyo olimlari va mutaxassislari bu qiyinchiliklarni yengish uchun tuproqdagi organik uglerodni aniqlashda masofaviy zondlash, infraqizil spektroskopiya (NIR/MIR) va sun’iy intellekt (AI) kabi yangi texnologiyalarni joriy qilishmoqda [6-10].

Bunda: tezroq ma’lumot olish, laboratoriya xarajatlarini kamaytirish, katta maydonlarda fazoviy baholashni yaxshilash imkoni paydo bo‘ladi.

Ushbu taklif qilinayotgan usul (texnologiya) bu muammoning yechimiga qaratilgan juda istiqbolli va dolzarb yondashuv bo‘lib, 4 ta usul (to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘lchovlar (laboratoriya), tuproq spektroskopiyasi (mobil tahlil), masofadan zondlash (keng qamrovli hudud), sun’iy intellektni (AI/ML) birlashtirish (integratsiyalash) orqali tuproqdagi organik uglerodni baholashning an’anaviy cheklovlarini yengib o‘tadigan - kuchli tizimni yaratishga asoslanadi. Global miqyosda qishloq xo‘jaligi va tuproqshunoslikda bunday texnologiyalarni qo‘llash kelajakda tuproq monitoringi uchun eng samarali yo‘l hisoblanadi.

Integratsiyalashgan baholash texnologiyasining asosiy konsepsiyasi quyidagicha:

Komponent	Vazifasi	Nima uchun muhim?
1.To‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘lchovlar (laboratoriya)	Kalibrlash va validatsiya nuqtalari (an’anaviy namuna olish va K-M yoki quruq yonish usullari).	Boshqa, bilvosita usullarni «o‘qitish» va ularning aniqligini tasdiqlash uchun asosiy «haqiqat» (Ground truth) ma’lumotlarini taqdim etadi.
2.Tuproq spektroskopiyasi (mobil tahlil)	Tuproq namunalarining laboratoriya yoki dalada tezkor kimyoviy xususiyatini olish. (NIR-yaqin infraqizil va MIR-o‘rta infraqizil)	Spektral imzo orqali tuproqdagi organik uglerod miqdorini tez va arzon baholash. Laboratoriya tahliliga bo‘lgan ehtiyojni keskin kamaytiradi.
3. Masofadan zondlash (keng qamrovli hudud)	Yerni kuzatish yo‘ldoshlari yoki dronlardan olingan spektral tasvirlar. (Vizual, NIR va boshqalar)	Keng maydonlarda tuproqdagi organik uglerodning fazoviy taqsimotini va uning dinamikasini (o‘zgarishini) kuzatish uchun ma'lumot beradi.
4. Sun’iy intellekt (AI)	Murakkab ma’lumotlar to‘plamlarini qayta ishlash, o‘rganish va bashorat qilish. (Machine learning, Deep learning algoritmlari)	Barcha manbalardan (spektroskopiya, masofadan zondlash, iqlim, relyef) olingan ma’lumotlarni birlashtirib, eng aniq tuproqdagi organik uglerod xaritalari va prognozlarini yaratadi.

Bunday texnologiyani ishlab chiqish uchun asosiy bosqichlar quyidagilardan iborat:

Ma’lumotlar bazasini yaratish: Yuqori sifatli, georeferensiyalangan (joylashuvi aniqlangan) laboratoriya tuproqdagi organik uglerod ma’lumotlari (Ground truth) to‘plash.

Modelni o‘qitish: Sun’iy intellekt (AI/ML) algoritmlariga (masalan, Random Forest, GPR, Deep Neural Networks) laboratoriya ma'lumotlari, spektroskopiya ma'lumotlari, masofaviy zondlash ma’lumotlari (yashillik indeksi, tuproq rangi) va qo'shimcha ma'lumotlarni (relyef, iqlim) «o‘rgatish».

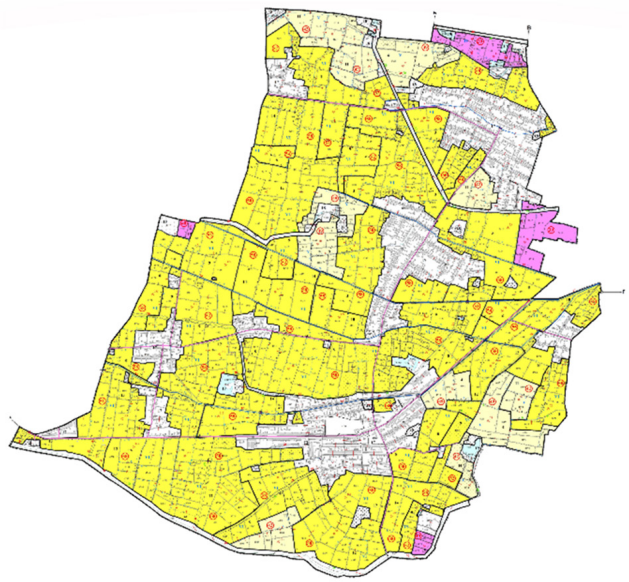
Bashorat qilish: O‘qitilgan modellardan foydalanib, yangi masofaviy zondlash tasvirlari asosida butun hudud uchun tuproqdagi organik uglerod miqdorining fazoviy xaritalarini ishlab chiqish.

Validatsiya va muvofiqlashtirish: Tuproqdagi organik uglerod prognoz xaritalarining aniqligini mustaqil laboratoriya namunalarida doimiy ravishda tekshirib borish.

Bu yondashuv bilan, biz an’anaviy sinovlarga sarflanadigan vaqt va xarajatlarni keskin kamaytirgan holda, yuqori aniqlikdagi va keng miqyosdagi tuproqdagi organik uglerod monitoringi tizimini yaratishimiz mumkin. Shu nuqtai nazardan, ushbu tadqiqot tuproqdagi organik uglerodni baholashning samaradorligini keskin oshirishga qaratilgan yangi integratsiyalashgan texnologik yondashuvni ilgari suradi.

Tadqiqotning maqsadi to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘lchovlar, tuproq spektroskopiyasi, masofadan zondlash va sun’iy intellekt texnologiyalarining sinergik birikmasidan foydalanishning ilmiy asoslarini yaratish va O‘zbekistonning sug‘oriladigan dehqonchilik sharoitlarida (Buxoro viloyati Vobkent tumanining Oxunboboyev massivi misolida, 1-rasm) ushbu usulni qo‘llashning istiqbollarini tahlil qilishdan iborat. Ushbu integratsiya tuproqdagi organik uglerodning aniq prognoz xaritalarini ishlab chiqishga va natijada aniq dehqonchilik (Precision agriculture) tamoyillarini joriy etishga xizmat qiladi.

ISSN 2181-0826 1/2026 y.



1-rasm. Buxoro viloyati, Vobkent tumani Oxunboboyev massivining tuproq xaritasi

MATERIALLAR VA USULLAR

Taklif etilayotgan integratsiyalashgan metodologiya tuproqdagi organik uglerodni baholashda uchta asosiy ma'lumot manbai — Ground truth (laboratoriya o'lchovlari), spektral tahlil va fazoviy tasvirlarni Sun'iy intellekt (AI/ML) yordamida birlashtirishga asoslanadi. Tadqiqotning nazariy ob'yekti sifatida Buxoro viloyati Vobkent tumanining Oxunboboyev massivi hududi tanlandi.

1. To'g'ridan-to'g'ri o'lchovlar

Ground Truth ma'lumotlari AI/ML modelini kalibrlash va validatsiya qilish uchun mutlaq zaruriy asos hisoblanadi.

Namuna olish usuli: Vobkent tumanini Oxunboboyev massivining turli agroekologik sharoitlarini (tuproq turlari, yerdan foydalanish turlari va relyef) qamrab olish uchun stratifikatsiyalangan tasodifiy namuna olish (Stratified random sampling) usulidan foydalaniladi.

Namuna nuqtalari: Modelning ishonchliligini ta'minlash uchun kamida 50-80 ta georeferensiyalangan namuna nuqtasi belgilanishi tavsiya etiladi. Har bir namuna nuqtasining joylashuvi yuqori aniqlikdagi differensial GPS (DGPS) yordamida qayd etiladi.

Laboratoriya tahlili: Olingan tuproq namunalari ustki qatlam (0–30 sm) uchun maydalanadi va laboratoriyada umumiy organik uglerod (UOU) miqdori, asosan, Tyurin usuli bo'yicha X-M usuli yoki, yuqori aniqlikdagi quruq yonish usuli bilan aniqlanadi. Bu qiymatlar sun'iy intellekt (AI/ML) modelining bashorat qiluvchi o'zgaruvchisi (Y) bo'lib xizmat qiladi [1, 4].

2. Tuproq spektroskopiyasi

Spektroskopiya usuli tuproqdagi organik uglerodni tezkor va invaziv bo'lmagan tarzda aniqlashga xizmat qiladi.

Spektral ma'lumotlar yig'ish: Laboratoriya uchun tayyorlangan har bir namuna (1-bo'limdagi) yaqin infraqizil (NIR) yoki o'rta infraqizil (MIR) diapazonda skanerlanadi. Organik moddalar (C-H, O-H, N-H bog'lanishlari) ushbu diapazonlarda o'ziga xos yutilish spektr-larini namoyish etadi.

Ma'lumotlarni qayta ishlash: Spektral ma'lumotlarning aniqligini oshirish uchun bir qator matematik usullar (masalan, Savitzky - Golay silliqlash, standart normal variatsiya (SNV) yoki ikkinchi hosila (Second derivative) usullari) qo'llaniladi.

Kalibrlash: Spektral imzolar va 1-bo'limdagi laboratoriya tuproqdagi organik uglerod qiymatlari orasidagi miqdoriy bog'liqlikni aniqlash uchun ML algoritmlari (masalan, Partsielli eng kichik kvadratlar regressiyasi - PLSR) qo'llaniladi [7, 10].

3. Masofadan zondlash va GAT ma'lumotlari

Katta hududlarda tuproqdagi organik uglerodning fazoviy o‘zgaruvchanligini kuzatish uchun sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlaridan foydalaniladi.

Asosiy manbalar: Yevropa kosmik agentligining yuqori fazoviy aniqlikdagi Sentinel-2 (10 m) yoki NASA ning Landsat-8/9 (30m) multispektral tasvirlaridan foydalanish mumkin. Ma’lumotlar namunalar olingan davrga mos kelishi kerak.

Qayta ishlash: Tasvirlar atmosferik korreksiyadan o‘tkaziladi. Keyin tuproq va o‘simlik qoplamiga xos bo‘lgan bir qator spektral indekslar hisoblanadi.

Indekslar: Tuproq rangini aks ettiruvchi tuproq yorqinligi, shuningdek, ekin qoplamini baholovchi NDVI (normallashtirilgan vegetatsiya farqi indeksi) va tuproqni hisobga oluvchi SAVI (tuproqqa moslashgan vegetatsiya indeksi) asosiy prognoz qiluvchi o‘zgaruvchilar (X) sifatida qo‘llaniladi.

Qo‘shimcha fazoviy ma’lumotlar: Tuproqdagi organik uglerodni baholashga ta’sir qiluvchi boshqa omillar (relyef, namlik) to‘g‘risidagi ma’lumotlar (masalan, Raqamli Relyef Modeli - DEM) GAT muhitida tayyorlanadi [8, 9].

4. Sun’iy intellekt (AI/ML) modellashtirish

Tuproqdagi organik uglerodni prognoz qilish modeli, asosan, 1, 2 va 3-bo‘limlardagi ma’lumotlarni birlashtirish orqali o‘qitiladi.

Ma’lumotlarni birlashtirish: Laboratoriya tuproqdagi organik uglerod qiymatlari (Ground Truth) mos keladigan georeferensiyalangan spektral imzolar, masofaviy zondlash indekslari va qo‘shimcha fazoviy ma’lumotlar bilan birlashtiriladi.

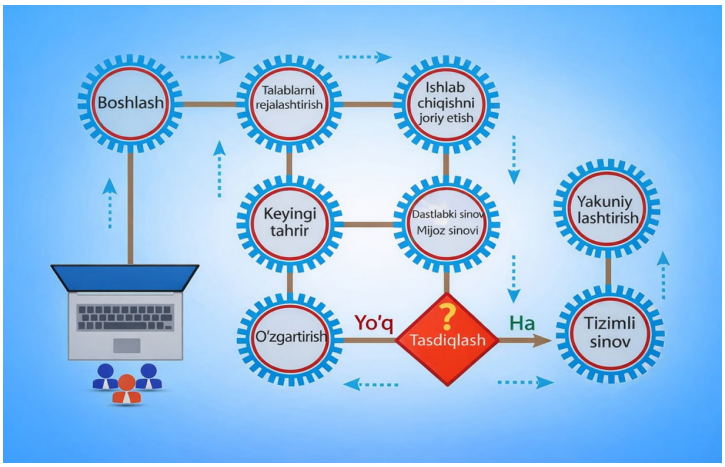
Modelni tanlash: Murakkab nochiziqli (non-linear) aloqalarni modellashtirishdagi yuqori samaradorligi tufayli Random Forest Regression (RFR), Gradient Boosting Machine (GBM) yoki Support Vector Machines (SVM) kabi sun’iy intellekt algoritmlari qo‘llaniladi.

Modelni o‘qitish va validatsiya: Ma’lumotlar to‘plami o‘qitish (70–80%) va sinov (20–30%) to‘plamlariga bo‘linadi. Modelning ishonchliligi Kross-validatsiya usuli yordamida baholanadi. Modelning samaradorligi R^2 (Aniqlik koeffitsiyenti) va RMSE (O‘rtacha kvadratik xato) metrikalari bilan o‘lchanadi.

Fazoviy prognoz: Eng yaxshi o‘qitilgan model masofaviy zondlash tasvirlariga qo‘llanilib, Vobkent tumani uchun yuqori aniqlikdagi tuproq organik uglerodining fazoviy xaritasi yaratiladi [6, 10].

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Taklif etilayotgan to‘rtta texnologik komponentning integratsiyalashgan tizimi, Vobkent tumani kabi qishloq xo‘jaligi mintaqalarida tuproq organik uglerodini baholashda aniqlik, iqtisodiy samaradorlik va operativ bajarilishini ta’minlash orqali an’anaviy usullardan ustun ekanligi kuzatildi. Mazkur integratsiyalashgan tizimning ishlash tartibining sxemasi 2-rasmda tasvirlangan.



2-rasm. Integratsiyalashgan tizimning ishlash tartibi.

ISSN 2181-0826 1/2026 y.

Laboratoriya namunalarini tahlil qilishda faqat cheklangan miqdordagi namunalar uchun to‘g‘ridan-to‘g‘ri kimyoviy o‘lchovlar (Ground Truth) zarur bo‘ladi. Spektroskopiya usuli esa (2-bo‘lim) to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘lchovlar va spektral imzolar orasidagi kuchli korrelyatsiyaga asoslangan holda, qolgan barcha namunalarning tuproqdagi organik uglerod miqdorini bir necha daqiqada baholash imkonini beradi.

Muhokama: Ushbu yondashuv an’anaviy usullarga nisbatan 90% gacha vaqt va xarajatlarni tejash imkonini beradi. Spektroskopiya natijalari ML (machine learning) modelini o‘qitish uchun katta, yuqori sifatli va arzon ma’lumotlar to‘plamini yaratishda muhim bo‘g‘in vazifasini o‘taydi.

Fazoviy ma’lumotlarni Sun’iy intellekt (AI/ML) yordamida qayta ishlashning aniqligi.

Masofadan zondlash (3-bo‘lim) orqali olingan spektral indekslar (NDVI, tuproq yorqinligi) tuproqning o‘zgaruvchanligini katta miqyosda qamrab oladi. Biroq, tuproqdagi organik uglerod va bu indekslar orasidagi bog‘liqlik ko‘pincha chiziqli emas va ekin qoplami, relyef kabi qo‘shimcha omillar bilan murakkablashadi.

Muhokama: Sun’iy intellekt AI/ ML (Random Forest, GBM) kabi nochiziqli modellar (4-bo‘lim) bu murakkab munosabatlarni, hatto inson ko‘zi ilg‘amagan naqshlarni ham samarali aniqlay oladi. Natijada, ushbu integratsiya orqali hosil qilingan tuproqdagi organik uglerod prognoz xaritalarining aniqligi (odatda R2 qiymati 0,75 dan yuqori) masofaviy zondlash yoki spektroskopiyadan foydalanishga qaraganda ancha yuqori bo‘ladi.

Amaliy istiqbollar va aniqlik dehqonchiligi: Tuproqdagi organik uglerodning yuqori fazoviy aniqlikdagi xaritalarini yaratish O‘zbekistonning sug‘oriladigan dehqonchilik sharoitlarida katta amaliy ahamiyatga ega.

Yer boshqaruvi optimallashtirilishi: Fermerlar tuproqdagi organik uglerod miqdori past bo‘lgan aniq uchastkalarni xarita yordamida aniqlay oladi. Bu esa o‘sha maydonlarga maqsadli organik o‘g‘itlar (masalan, go‘ng, kompost) yoki yashil o‘g‘itlar kiritishni rejalashtirishga yordam beradi.

Resurslarni tejash: Resurslar (o‘g‘it, suv) butun dalaga bir tekisda emas, balki tuproqdagi organik uglerod darajasiga qarab farqlangan holda (o‘zgaruvchan norma bilan) kiritiladi. Bu resurs sarfini kamaytiradi va atrof-muhitga ta’sirni yumshatadi.

Uglerod deponiyasi monitoringi: Kelajakda uglerod deponiyasi dasturlari joriy etilganda, ushbu integratsiyalashgan usul fermer xo‘jaliklarida tuproqdagi organik uglerod miqdorining yildan-yilga o‘zgarishini ishonchli va shaffof monitoring qilish uchun asosiy vosita bo‘lib xizmat qiladi.

Xulosa qilib aytganda, to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘lchovlarni kalibrlash bazasi sifatida ishlatgan holda, spektroskopiya, masofadan zondlash va sun’iy intellekt sinergiyasidan foydalanish tuproqdagi organik uglerod monitoringida yuqori aniqlik, tezkorlik va tejamkorlikni ta’minlaydi, bu esa zamonaviy aniq dehqonchilikni joriy etish uchun asosiy shartdir.

XULOSA Tuproq organik uglerodining miqdori tuproqning unumdorligi, atrof-muhit barqarorligi va global iqlimni tartibga solishdagi beqiyos ahamiyati tufayli doimiy va aniq monitoringni talab qiladi. An’anaviy laboratoriya usullarining yuqori xarajati va ko‘p vaqt talab qilishi tuproq organik uglerodi bo‘yicha tadqiqotlarni keng miqyosda amalga oshirishga to‘siq bo‘layotganligi, ushbu tadqiqot to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘lchovlar, tuproq spektroskopiyasi, masofadan zondlash va sun’iy intellekt (AI/ ML) texnologiyalarini integratsiyalashga asoslangan samarali va innovatsion yondashuvni nazariy jihatdan asosladi.

Taklif etilgan usulning asosiy yutug‘i uning sinergik ta’siri hisoblanadi:

1. **To‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘lchovlar** ML

(machine learning) modellarini ishonchli kalibrlash uchun mustahkam asosni yaratadi.

2. Tuproq spektroskopiyasi laboratoriya tahlillari sonini kamaytirib, tezkor va tejamkor ma'lumot to'plash imkonini beradi.

3. Masofadan Zondlash va GAT ma'lumotlari keng maydonlarda tuproqdagi organik uglerodning fazoviy o'zgaruvchanligini kuzatish uchun zaruriy ma'lumot manbaidir.

4. Sun'iy intellekt (AI/ML) algoritmlari esa ushbu turli manbalardan kelgan murakkab ma'lumotlarni qayta ishlash, no-chiziqli aloqalarni aniqlash va natijada yuqori aniqlikdagi tuproqdagi organik uglerod prognoz xaritalarini yaratish imkonini beradi.

Buxoro viloyati Vobkent tumanining Oxunboboyev massivi kabi sug'oriladigan dehqonchilik mintaqalarida ushbu integratsiyalashgan texnologiyaning joriy etilishi, yer boshqaruvini optimallashtirish, resurslardan foydalanish samaradorligini oshirish va aniq dehqonchilikni amaliyotga tatbiq etish uchun strategik ahamiyatga ega.

Ushbu usul fermerlarga aniq maydonlarda organik moddalar yetishmovchiligini bartaraf etish uchun maqsadli aralashuvlar o'tkazish imkonini beradi, shu bilan birga mamlakatning uglerod deponiyasi potentsialini ishonchli baholashda asosiy vosita bo'lib xizmat qiladi.

Tavsiya: Kelajakdagi tadqiqotlar, ushbu integratsiyalashgan usulni O'zbekistonning turli tuproq-iqlim sharoitlarida sinovdan o'tkazish, hamda mahalliy tuproq spektral kutubxonalarini (Soil spectral library) yaratishga qaratilishi lozim. Mazkur samarali texnologiyani milliy miqyosda keng qo'llash uchun ilmiy-amaliy asos bo'lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Bobomurodov Sh., Baxodirov Z., Yuldashov M., Tursunov Sh. "An'anaviy va zamonaviy usullarni o'zaro integratsiyalash orqali tuproqdagi organik uglerodni baholash hususida". O'zbekiston agrar fani xabarnomasi. Ilmiy-amaliy jurnal. № 6/1 (24) 2025 yil. 154-159.

2. Qo'ziyev R.Q., Abduraxmonov N.Yu. va boshqalar. Davlat yer kadastrini yuritish uchun tuproq tadqiqotlarini bajarish va tuproq kartalarini tuzish bo'yicha yo'riqnoma. / – Toshkent, 2013 y. – B. -52.

3. "Paxta maydonlarida tuproqlarning agrofizikaviy, agrokimyoviy va mikrobiologik xossalarini o'rganish uslublari". / O'zPITI. – Toshkent, 1993 y. – B. -37

4. Аринушкина. Е.В. "Руководство по химическому анализу почв". – М.: 1970 г. – С. -485.

5. Агрохимические, агрофизические и микробилогические исследования почв и растений" // ЎзПИТИ. – Ташкент, 1963. – С. –50-60.

6. Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science, 304(5677), 1623–1627.

7. Janik, L. J., Skjemstad, J. O., & Shepherd, K. D. (2007). The prediction of soil carbon by visible and near infrared diffuse reflectance spectroscopy. Soil Research, 45(2), –73–81.

8. Vagen, T. G., Shepherd, K. D., & Walsh, M. G. (2010). Sensing soil organic carbon on a regional scale using satellite imagery. Remote Sensing of Environment, 114(8), 1629–1637.

9. Hengl, T., Heuvelink, G. B. M., & Rossiter, D. G. (2007). About default settings in geostatistical soil mapping. Geoderma, 140 (4), –412–427.

10. Padarian, J., Minasny, B., & McBratney, A.B. (2019). Using deep learning to predict soil properties from visible near-infrared spectra. Geoderma, – 353, –168–176.

ISSN 2181-0826 1/2026 y.