TUPROQSHUNOSLIKDA ISHLATILADIGAN MATEMATIK MODELLARNING TURLARI

Abduzoirova Hulkar Abduvosi qizi
Termiz davlat universiteti talabasi
Doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.20281083

Annotasiya. Ushbu maqolada tuproqshunoslikda qo‘llaniladigan matematik modellar va ularning asosiy turlari (empirik, deterministik, stoxastik, gidrologik, agroekologik, eroziya, GIS va AI modellar) tahlil qilingan. Tadqiqotda raqamli tuproq xaritalash, aqlli qishloq xo‘jaligi va sun’iy intellekt texnologiyalarining tuproq xususiyatlarini prognoz qilishdagi ahamiyati yoritilgan. Har bir modelning afzalliklari va kamchiliklari ilmiy adabiyotlar asosida solishtirilgan.

Kalit so’zlar. Tuproqshunoslik, matematik modellar, empirik modellar, deterministik modellar, stoxastik modellar, gidrologik modellar, agroekologik modellar, eroziya modellar, GIS, raqamli tuproq xaritalash, sun’iy intellekt, mashinaviy o‘rganish, aqlli qishloq xo‘jaligi, tuproq unumdorligi, hosildorlik prognozi.

Kirish. Hech shubhasiz, texnologik yutuqlar qishloq xo‘jaligi hamda boshqa ko‘plab sohalarning samaradorligi va unumdorligini keskin oshirdi. Ushbu texnologik inqilobning misollari sifatida “katta ma’lumotlar” (big data), “ma’lumotlar tahlili” (data analytics), “sun’iy intellekt”, “Narsalar interneti” (Internet of Things), “eroziya modellashtirish”, “aqlli dehqonchilik” (smart farming) va “mashinaviy o‘rganish” kabi atamalarni keltirish mumkin [1,2,3,4].

Mekansal (fazoviy) tuproq axborot tizimlarini yaratish va to‘ldirish uchun raqamli tuproq xaritalash (digital soil mapping, DSM) tuproq kuzatuvlari, oldindan mavjud bilimlar va tegishli atrof-muhit omillariga asoslanib, tuproq turlari va xususiyatlarining geografik hamda vaqtinchalik o‘zgarishlarini aniqlash uchun matematik va statistik modellardan foydalanadi [5].

Yuqoridagi g‘oyalar ko‘plab sohalarda qo‘llanilgan bo‘lsa-da, qishloq xo‘jaligi texnologiyalari doimiy ravishda rivojlanib bormoqda. O‘g‘itlash va begona o‘tlarni nazorat qilish, sug‘orishni boshqarish hamda tuproq xaritalash jarayonlari axborot texnologiyalarini o‘z ichiga oladi. Sun’iy intellekt modellari aqlli qishloq xo‘jaligining uzoq muddatli muvaffaqiyatida tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. Qishloq xo‘jaligida AI tuproq va sug‘orishni boshqarish, ob-havo prognozi, o‘simlik o‘sishini kuzatish, kasalliklarni bashorat qilish va chorvachilikni boshqarishda qo‘llaniladi [6].

Aqlli dehqonchilik an’anaviy dehqonchilikdan farqli ravishda, ma’lumotlar qayta ishlanishi, axborot texnologiyalari va sun’iy intellektning jadal rivojlanishi natijasida hosildorlikni oshirish va mehnat yukini kamaytirish uchun zamonaviy innovatsiyalardan foydalanadi. U inson o‘rganishi va muammolarni hal qilish jarayoniga o‘xshash AI yordamida tuproq va ekinlarni avtomatlashtirilgan boshqarishni amalga oshiradi [7].

Asosiy qism. Tuproqshunoslikda matematik modellar tuproq tizimida kechadigan murakkab fizik, kimyoviy va biologik jarayonlarni tushunish, baholash va prognoz qilishda eng muhim ilmiy vositalardan biri hisoblanadi. Zamonaviy ilmiy adabiyotlarda ta’kidlanishicha, tuproq tizimi ko‘p omilli va ko‘p masshtabli bo‘lib, uni faqat kuzatuvlar asosida to‘liq tushuntirish imkonsiz. Shu sababli matematik modellashtirish tuproq jarayonlarini tizimli tahlil qilishning asosiy yo‘nalishiga aylangan.

Ilmiy manbalarda, xususan Vereecken va hamkorlari (2016) ishlarida tuproq modellashtirish “turli masshtablarda kechadigan fizik, kimyoviy va biologik jarayonlarning o‘zaro ta’sirini ifodalashga qaratilgan yondashuv” sifatida talqin qilinadi. Bu yondashuv tuproqni yagona statik tizim emas, balki doimiy o‘zgaruvchan dinamik tizim sifatida ko‘rish imkonini beradi.

Tuproqshunoslikda ishlatiladigan matematik modellar bir nechta asosiy turlarga bo‘linadi. Birinchi tur empirik (statistik) modellar bo‘lib, ular kuzatuv va tajriba natijalari asosida tuziladi. Bunday modellar oddiy regressiya va statistik bog‘lanishlarga asoslanib, amaliy hisob-kitoblarda keng qo‘llaniladi. Biroq ilmiy adabiyotlarda empirik modellar haqida shunday fikr bildiriladi: ular “tez va qulay hisoblash imkonini beradi, lekin tuproq jarayonlarining fizik mohiyatini to‘liq aks ettirmaydi”. Shu sababli ularning qo‘llanishi ko‘proq lokal sharoitlar bilan cheklanadi.

Ikkinchi asosiy tur deterministik yoki jarayonlarga asoslangan modellar hisoblanadi. Bu modellar fizik qonunlar, differensial tenglamalar va energiya balansiga asoslanadi. Masalan, tuproqdagi suv harakati Richards tenglamasi orqali ifodalanadi. Ilmiy manbalarda bu turdagi modellar “real jarayonlarni matematik tenglamalar orqali ifodalashga urinish” sifatida baholanadi. Ularning asosiy afzalligi yuqori ilmiy aniqlik va sabab–natija bog‘liqligini ko‘rsatish imkoniyatidir. Biroq ular juda murakkab bo‘lib, ko‘p parametrlar va katta hajmdagi ma’lumotlarni talab qiladi.

Uchinchi tur stoxastik modellar bo‘lib, ular tabiiy jarayonlardagi noaniqlik va tasodifiylikni hisobga oladi. Tuproq tizimi bir jinsli emasligi sababli, ko‘plab parametrlar o‘zgaruvchan bo‘ladi. Shuning uchun bu modellar ehtimollik nazariyasiga asoslanadi. MDPI ilmiy sharhlarida stoxastik modellar “atrof-muhit tizimlaridagi o‘zgaruvchanlik va noaniqlikni hisobga olish uchun muhim vosita” sifatida ta’riflanadi. Ularning kamchiligi shundaki, natijalar aniq qiymat emas, balki ehtimollik ko‘rinishida ifodalanadi.

Shuningdek, gidrologik modellar tuproqdagi suv balansini, infiltratsiya, bug‘lanish va yer osti suvlari harakatini o‘rganishda keng qo‘llaniladi. Ilmiy adabiyotlarda ta’kidlanishicha, katta hududlarda tuproq suv rejimini to‘liq o‘lchash amalda imkonsiz bo‘lgani uchun modellar muhim alternativ vosita hisoblanadi. Bu modellar qishloq xo‘jaligida sug‘orish tizimini optimallashtirish va suv resurslarini boshqarishda katta ahamiyatga ega.

Agroekologik yoki crop–soil modellar esa tuproq, o‘simlik va iqlim tizimini birgalikda tahlil qiladi. Ular ekinlarning o‘sishi, hosildorlik va o‘g‘itlash jarayonlarini prognoz qilishda ishlatiladi. DSSAT va APSIM kabi modellar ushbu yo‘nalishning eng mashhur misollaridan hisoblanadi. Bu modellar amaliy agronomiyada qaror qabul qilishni ilmiy asoslashga xizmat qiladi.

1-jadval

Tuproqshunoslikda matematik modellarning turlari: afzallik va kamchiliklari

Model turi	Asosiy g‘oya	Afzalliklari	Kamchiliklari
Empirik (statistik)	Kuzatuv va tajriba ma’lumotlariga asoslanadi (regressiya, korrelyatsiya)	- Sodda va tez ishlaydi - Kam ma’lumot talab qiladi - Amaliy hisob-kitoblar uchun qulay	- Fizik jarayonni tushuntirmaydi - Faqat lokal sharoitda ishlaydi - Ekstrapolyatsiya (yangi sharoit)da xato katta
Deterministik (process-based)	Fizik, kimyoviy qonunlar va differensial tenglamalar	- Yuqori ilmiy aniqlik - Jarayonlarni chuqur	- Juda murakkab - Ko‘p parametr talab qiladi - Kalibrlash qiyin

	asosida	tushuntiradi - Sabab–natija bog‘liqligini beradi	
Stoxastik (ehtimollik)	Tabiiy noaniqlik va tasodifiylikni hisobga oladi	- Real tabiatga yaqin - Noaniqlikni baholaydi - Risk tahlil uchun foydali	- Natija aniq emas (ehtimollik) - Interpretatsiya qiyin - Ko‘p statistik ma’lumot kerak
Gidrologik modellar	Tuproqdagi suv harakati va suv balansini hisoblaydi	- Sug‘orishni optimallashtiradi - Suv resurslarini boshqaradi - Ekin samaradorligini oshiradi	- Tuproq heterogenligi to‘liq hisobga olinmaydi - Katta ma’lumot talab qiladi
Agroekologik (crop–soil)	Tuproq + o‘simlik + iqlim tizimini birlashtiradi	- Hosildorlikni prognoz qiladi - O‘g‘itlashni optimallashtiradi - Kompleks tizimni tahlil qiladi	- Juda ko‘p kirish ma’lumotlari kerak - Kalibrlash murakkab
Eroziya modellar (USLE, RUSLE, WEPP)	Tuproq yuvilishi va degradatsiyasini baholaydi	- Amaliy yer boshqaruvi uchun qulay - GIS bilan ishlaydi - Keng hududlarni baholaydi	- Empirik modellar fizikani to‘liq aks ettirmaydi - Hududga bog‘liq xatolik
GIS / fazoviy modellar	Tuproq xossalarini xaritalash va hududiy tahlil	- Katta hududni vizual tahlil qiladi - Spatial interpolatsiya imkoniyati - Qaror qabul qilishni osonlashtiradi	- Ma’lumot sifati juda muhim - Model aniqligi xarita resolutioniga bog‘liq
AI / Machine Learning modellar	Katta ma’lumotlar asosida o‘rganadi	- Juda yuqori aniqlik - Tez prognoz - Murakkab bog‘lanishlarni topadi	- “Black-box” (tushunarsiz) natija - Ko‘p data talab qiladi - Fizik izoh yo‘q

Eroziya modellarida esa tuproqning yuvilishi va degradatsiyasi baholanadi. USLE va RUSLE kabi empirik modellar hamda WEPP kabi fizik asosli modellar keng qo‘llaniladi. Ilmiy manbalarda empirik eroziya modellarining soddaligi ularning afzalligi bo‘lsa-da, jarayonni to‘liq fizik ifodalamasligi asosiy kamchilik sifatida ko‘rsatiladi.

1-jadvalda tuproqshunoslik va ekologik modellashtirishda qo‘llaniladigan asosiy modellar turlari, ularning xususiyatlari, imkoniyatlari va cheklovlari solishtirib berilgan. Umuman olganda, modellar bir necha yirik guruhlarga bo‘linadi va har biri tuproq jarayonlarini o‘rganishda turlicha yondashuvni ifodalaydi. Empirik yoki statistik modellar kuzatuv ma’lumotlari asosida tuziladi va asosan regressiya hamda korrelyatsiya tahlillariga tayangan holda ishlaydi. Ular tez va oson ishlab chiqiladi hamda kam ma’lumot talab qiladi, ammo ularning asosiy kamchiligi shundaki, ular jarayonning fizik va kimyoviy mohiyatini to‘liq tushuntirib bera olmaydi, faqat mavjud bog‘lanishlarni ifodalaydi.

Xulosa. Tuproqshunoslikda matematik modellar tuproq jarayonlarini tahlil qilish va prognoz qilishda muhim ilmiy vosita hisoblanadi. Empirik, deterministik, stoxastik, gidrologik, agroekologik, eroziya, GIS va sun’iy intellektga asoslangan modellar turli maqsadlarda qo‘llanilib, tuproq xususiyatlarini o‘rganishda muhim natijalar beradi. Har bir modelning o‘ziga xos afzallik va kamchiliklari mavjud bo‘lib, ular qo‘llanish sharoitiga qarab tanlanadi. Zamonaviy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, eng samarali yondashuv turli modellarni birlashtirgan gibrid tizimlar bo‘lib, ular tuproq jarayonlarini aniqroq baholash va qishloq xo‘jaligida resurslardan samarali foydalanishni ta’minlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO’YXATI

1. Sundari, V.; Anusree, M.; Swetha, U. Crop recommendation and yield prediction using machine learning algorithms. *World J. Adv. Res. Rev.* **2022**, *14*, 452–459.
2. Muthoni, F.; Thierfelder, C.; Mudereri, B.; Manda, J.; Bekunda, M.; Hoeschle-Zeledon, I. Machine learning model accurately predict maize grain yields in conservation agriculture systems in Southern Africa. In Proceedings of the 2021 9th International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics), Shenzhen, China, 26–29 July 2021; pp. 1–5.
3. Rao, T.V.N.; Reddy, G.R. Prediction Of Soil Quality Using Machine Learning Techniques. *Int. J. Sci. Technol. Res.* **2019**, *8*, 1309–1313.
4. Phasinam, K.; Kassanuk, T.; Shabaz, M. Applicability of internet of things in smart farming. *J. Food Qual.* **2022**, *2022*, 7692922.
5. Ma, Y.; Minasny, B.; Malone, B.P.; Mcbratney, A.B. Pedology and digital soil mapping (DSM). *Eur. J. Soil Sci.* **2019**, *70*, 216–235.
6. Shaikh, F.K.; Memon, M.A.; Mahoto, N.A.; Zeadally, S.; Nebhen, J. Artificial intelligence best practices in smart agriculture. *IEEE Micro* **2021**, *42*, 17–24.
7. Chen, Q.; Li, L.; Chong, C.; Wang, X. AI-enhanced soil management and smart farming. *Soil Use Manag.* **2022**, *38*, 7–13.
8. **Vereecken, H. et al. (2016).** *“Modeling Soil Processes: Review, Key Challenges, and New Perspectives”* Vadose Zone Journal, 15(5), 1–57.
9. 9.S.Boltayev, O.Boynazarov, F.Imamov, J.Abdinazarov, B.Turdiyev, D.Artikova. Tuproq unumdorligiga noan’anaviy orgona-mineral kompostlarni qo’llash samradorligi. Life sciences and agriculture. 2021 № 3 (7). 37-53 p
10. Turdiyev, B. A. o‘g‘li, & Ergasheva, E. O. qizi. (2023). CHIGITLARNI BENTONENT LOYQASI BILAN KAPSULALAB EKISHNING AHAMIYATI. SCHOLAR, 1(12), 4–
11. Botirjon, T., Foziljon, I., Shoxrux, M., Ramozon, X., & Islom, H. UZOQ MUDDAT TA’SIR ETUVCHI SHISHASIMON FOSFORLI O’G’ITLAR VA ULARDAN TAYYORLANGAN KOMPOSTLARNING TUPROQDAGI HARAKATCHAN FOSFOR MIQDORIGI TA’SIRI. THE MINISTRY OF AGRICULTURE OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN TASHKENT STATE AGRARIAN UNIVERSITY МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН, 2.

12. Turdiyev, B. A. o‘g‘li, & Ergasheva, E. O. qizi. (2023). CHIGITLARNI BENTONENT LOYQASI BILAN KAPSULALAB EKISHNING AHAMIYATI. SCHOLAR, 1(12), 4–9.
13. Zokirjonovich, I. F., Ugli, T. B. A., & Qizi, K. S. O. (2021). The Effect of Phosphogypsum, Manure and Mineral Fertilizers on the Composition of the Absorbed Bases of Irrigated Bald Meadow. European Journal of Research Development and Sustainability, 2(6), 27-29.
14. Turdiyev, B., Boboqulova, Z., & Boboqulova, Z. (2023). AMARANT EKININING QIMMATLI BELGILARI. Естественные науки в современном мире: теоретические и практические исследования, 2(9), 14-16.
15. Boltayev, S. M., Abdurahimov, N., Abdinazarov, J., & Turdiyev, B. Surxondaryoning taqir tuproqlari sharoitida ingichka tolali g’o’zani parvarishlash agrotexnologiyasida qo’shimcha oziqlantirishning ahamiyati. Qishloq xo’jaligi ekinlarini yetishtirishda dozarb masalalar va uni rivojlantirish istiqbollari nomli konferensiya ma’teriallari to’plami.