UO‘T 004.432.2

# QISHLOQ XO‘JALIGI YERLARINING EKIN TURLARIGA MOSLIGINI SUN’IY INTELLEKT YORDAMIDA PROGNOZLASHNI LOYIHALASH

***Goyipov U.G.,*** *dotsent,*
*Raqamli texnologiyalari kafedrasi,*
*E-mail: umidjongoyipov@gmail.com*
*Namangan davlat texnika universiteti*

***Annotatsiya.*** *Ushbu maqolada qishloq xo‘jaligi yerlarining ekin turlariga mosligini baholash va prognozlash jarayonini sun’iy intellekt texnologiyalari asosida avtomatlashtirish masalalari tadqiq qilingan. Tadqiqotda tuproqning asosiy agroximik va fizik xususiyatlari, jumladan, pH muhit darajasi, namlik, azot, fosfor, kaliy miqdori, sho‘rlanish darajasi hamda relyef ko‘rsatkichlari asosida ekin turlarini tavsiya qilish modeli ishlab chiqilgan. Prognozlash jarayonida Random Forest algoritmidan foydalanilib, modelning aniqligi statistik baholash mezonlari orqali tahlil qilingan. Olingan natijalar sun’iy intellekt asosidagi yondashuv qishloq xo‘jaligida qaror qabul qilish samaradorligini oshirishga xizmat qilishini ko‘rsatdi. Natijalar asosida ekinlarni oqilona joylashtirish, hosildorlikni oshirish va resurslardan samarali foydalanish imkoniyatlari asoslab berildi. Ish natijalari agrar sohada raqamli texnologiyalarni joriy etish va aqlli dehqonchilik tizimlarini rivojlantirish uchun amaliy ahamiyatga ega.*

***Abstract.*** *This article investigates the automation of assessing and predicting the suitability of agricultural lands for various crop types using artificial intelligence technologies. In the study, a recommendation model for determining suitable crops was developed based on key agrochemical and physical soil characteristics, including pH level, moisture, nitrogen, phosphorus and potassium content, salinity, and topographic indicators. The Random Forest algorithm was applied in the prediction process, and the model’s accuracy was evaluated using statistical performance metrics. The results demonstrate that the artificial intelligence–based approach enhances decision-making efficiency in agriculture. Based on the findings, opportunities for optimal crop allocation, increased productivity, and efficient use of resources were substantiated. The outcomes of the study have practical significance for the implementation of digital technologies in the agricultural sector and the development of smart farming systems.*

***Аннотация.*** *В данной статье исследованы вопросы автоматизации оценки и прогнозирования пригодности сельскохозяйственных земель для выращивания различных культур с использованием технологий искусственного интеллекта. В ходе исследования была разработана модель рекомендации культур на основе основных агрохимических и физических свойств почвы, включая уровень pH, влажность, содержание азота, фосфора и калия, степень засолённости, а также показатели рельефа. В процессе прогнозирования применён алгоритм Random Forest, а точность модели проанализирована с использованием статистических метрик. Полученные результаты показали, что подход, основанный на искусственном интеллекте, способствует повышению эффективности принятия решений в сельском хозяйстве. На основе результатов обоснованы возможности рационального размещения культур, повышения урожайности и эффективного использования ресурсов. Итоги исследования имеют практическое значение для внедрения цифровых технологий в аграрной сфере и развития систем «умного» земледелия.*

***Kalit so‘zlar:*** *Sun’iy intellekt, ekin mosligi, tuproq tahlili, Random Forest, mashinaviy o‘rganish, yer resurslarini boshqarish, big data, prognozlash modeli, raqamli qishloq xo‘jaligi.*

***Keywords:*** *Artificial intelligence, crop suitability, soil analysis, Random Forest, machine learning, land resource management, big data, prediction model, digital agriculture.*

***Ключевые слова****: Искусственный интеллект, пригодность культур, анализ почвы, Random Forest, машинное обучение, управление земельными ресурсами, большие данные,*

*модель прогнозирования, цифровое сельское хозяйство.*

**Kirish.** Qishloq xo‘jaligi tizimlarida hosildorlik ko‘plab agroekologik omillarga bog‘liq bo‘lib, ular orasida tuproq xususiyatlari (pH, namlik, NPK moddalari), iqlim sharoitlari, yillik yog‘in, quyosh nuri, agrotexnik tadbirlar muhim ahamiyat kasb etadi. An’anaviy usullarda ekin tanlash fermerning tajribasiga asoslanib amalga oshiriladi, bu esa ko‘p hollarda optimal natija bermaydi.

So‘nggi yillarda sun’iy intellekt (SI) va ma’lumotlar tahlili texnologiyalarini qishloq xo‘jaligiga joriy etish bo‘yicha global tadqiqotlar faol olib borilmoqda. Agrotexnik jarayonlarga SI texnologiyalarini qo‘llash resurslardan oqilona foydalanish, iqlim o‘zgarishlariga moslashish va hosildorlikni barqaror oshirish imkonini beradi [1,2].

Ushbu tadqiqotning maqsadi - ko‘p manbali tuproq va iqlim ma’lumotlari asosida ma’lum hududga mos ekin turini aniqlovchi intellektual tizim yaratish hamda uning samaradorligini eksperimental jihatdan baholashdan iborat.

Qishloq xo‘jaligi yerlarining turli ekin turlariga mosligini aniqlashda an’anaviy usullar ko‘p vaqt talab qiladi, ma’lumotlar yetarli darajada tizimlashtirilmagan va umumiy xolatni baholashda subyektiv yondashuvlar ustunlik qiladi. SHuningdek, tuproq, iqlim va agrotexnik omillar o‘rtasidagi murakkab bog‘liqliklarni aniqlash, ularni avtomatlashtirilgan tizimda tahlil qilish imkoniyatlari cheklangan.

Ilmiy muammo shundan iboratki, mavjud ma’lumotlarni (tuproq, iqlim, gidrologiya, geoma’lumotlar) integrasiya qilgan holda, sun’iy intellekt va mashinali o‘qitish usullari yordamida yekin turlariga moslikni aniqlovchi prognoz modelini ishlab chiqish zarur.

Ushbu muammoni hal etish qishloq xo‘jaligida hosildorlikni oshirish, yerlardan oqilona foydalanish va raqamli agrosohani rivojlantirishda muhim ilmiy va amaliy asos yaratadi.

Shu orqali agroekologik omillarning o‘zaro ta’sirini hisobga olgan holda yerlarning potensial unumdorligini baholash va avtomatlashtirilgan tavsiya tizimini yaratish mumkin bo‘ladi.

**Metodologiya.** Tadqiqot qishloq xo‘jaligida raqamli texnologiyalardan foydalanishni kengaytirish, sun’iy intellekt va geoma’lumotlar asosida qaror qabul qilishni avtomatlashtirish, mahsuldorlikni oshirish, agrosohadagi xatarlarni kamaytirish va ilmiy asosda tavsiyalar berish imkoniyatini yaratishni nazarda tutadi [3,4].

Ushbu tadqiqotni amalga oshirishda quyidagi vazifalarni bajarish rejalashtiriladi:

1. Qishloq xo‘jaligi yerlarining agroiqlim, tuproq va ekologik xususiyatlarini o‘rganish.
2. Ekin turlarining talablari va ularning yer-iqlim sharoitiga mosligini baholash mezonlarini aniqlash.
3. Mavjud ma’lumotlar (tuproq, iqlim, gidrologiya, ekin ma’lumotlari va boshqalar) bazasini tuzish va tuzilmalarini standartlashtirish.
4. Geoma’lumotlar va sun’iy intellekt (SI) texnologiyalari asosida prognozlash modeli konsepsiyasini ishlab chiqish.
5. Ekin turlariga moslikni avtomatik aniqlaydigan tahliliy algoritmlar va modellar yaratish.
6. Axborot tizimining dasturiy ta’minotini ishlab chiqish (web/mobil interfeys bilan).
7. Tizimni testdan o‘tkazish va tajriba maydonlarida amaliyotda sinovdan o‘tkazish.
8. Foydalanuvchi uchun qulay interfeys, tavsiyalar generasiyasi va vizualizasiya imkoniyatlarini ta’minlash.
9. Iqtisodiy, texnologik va agrotexnik samaradorlikni baholash.
10. Axborot tizimini intellektual mulk sifatida ro‘yxatdan o‘tkazish ishlarini amalga oshirish.

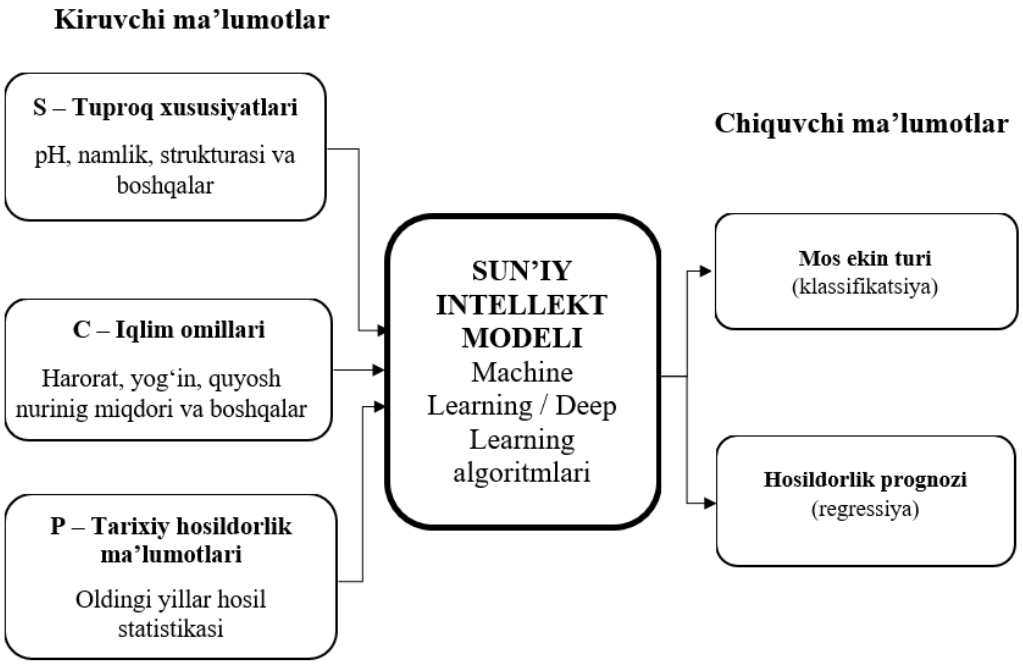
Ishlab chiqiladigan tizim gidrometerologiya kuzatuvlari, Qishloq xo‘jaligi vazirligi, Statistika qo‘mitasi ma’lumotlari, FAO, Copernicus, Google Earth Engine platformalari hamda

mahalliy dala kuzatuvlari va tuproq tahlillari manbalardan to‘plangan ko‘p parametrli agroekologik ma’lumotlarga asoslanadi.

Yig‘iladigan asosiy kirivchi parametrlar tuproq turi, pH darajasi, tuproq namligi (%), azot, fosfor va kaliy miqdori (NPK), o‘rtacha yillik harorat, yillik yog‘in miqdori, quyosh nurining yillik davomiyligi, tarixiy hosildorlik ko‘rsatkichlari, GPS koordinatalar orqali aniqlangan hudud ma’lumotlari hamda ekin haqidagi ma’lumotlar kabilar bo‘ladi.

Ushbu ma’lumotlar PostgreSQL + PostGIS tizimida geografik atributlar bilan saqlanadi.

Sun’iy intellekt modeli quyidagi tuzilma asosida ishlaydi (1-rasm):




**1-rasm. Tizim ishlashining umumiy modeli**

Agroiqlim ma’lumotlari aksariyat hollarda to‘liq emas yoki noaniq bo‘ladi [5]. Shu sababli quyidagi algoritmlardan foydalanishga to‘g‘ri keladi:

– **Missing value imputation** - o‘rtacha qiymat yoki regressiya asosida yo‘q qiymatlarni to‘ldirish;

– **Normalization (MinMax, Z-score)** - parametrlarni masshtablash;

– **Feature selection** - korrelyatsiya matritsasi asosida muhim parametrlarni tanlash;

– **PCA (Principal Component Analysis)** - redundant atributlarni qisqartirish;

– **K-means clustering** – GIS xaritada hududlarni o‘xshashlik darajasiga ko‘ra zonal guruhlarga ajratish.

Umumiy holda jarayonni quyidagi formula ko‘rinishida ifodalash mumkin:

$$E_t = f(S, C, P) \quad (1)$$

Moslik indeksi ($M_i$) quyidagicha hisoblanadi:

$$M_i = \sum W_i \cdot X_i \quad (2)$$

bu yerda: $W_i$ - parametrlar vazn koeffisienti, $X_i$ - normalizatsiya qilingan agroekologik parametrlar.

Tadqiqot ishini amalga oshirshda quyidagi mashinali o‘qitish algoritmlaridan foydalanish hamda ular asosida yangi algoritmlarni ishlab chiqish maqsad qilinadi:

– **Random Forest** - ko‘p o‘zgaruvchili tuproq tahlili;

– **Gradient Boosting-** kichik ma’lumotlar to‘plamlari uchun;
– **ANN (Artificial Neural Network) -** murakkab nochiziq bog‘liqliklar uchun;
– **SVM** - ekin klassifikatsiyasi uchun;
– **K-means** - hududlarni zonal tahlil qilish.

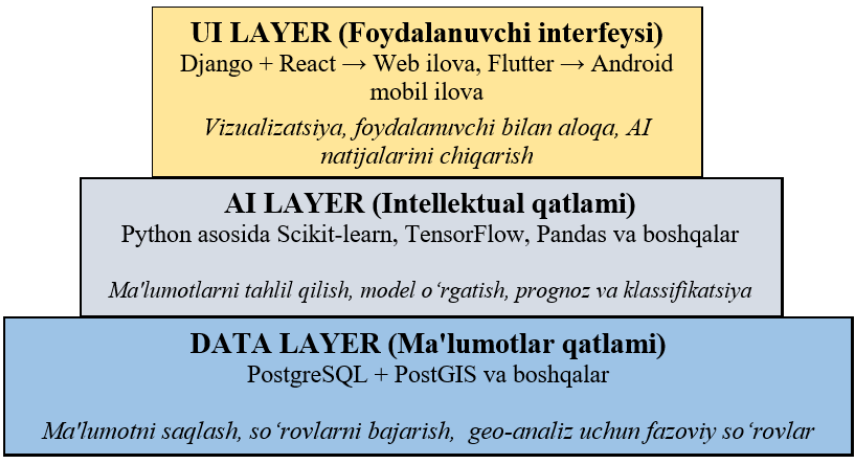
Tizimda prognozlash modeli sifatida Random Forest (RF) algoritmining tanlanishi qishloq xo‘jaligi ma'lumotlarining xususiyatlari bilan bevosita bog‘liqdir [6]. Qishloq xo‘jaligi ma’lumotlari (tuproq tarkibi, iqlim, hosildorlik) ko‘pincha murakkab, chiziqsiz va noaniq bo‘ladi. Random Forest algoritmi aynan shunday ma'lumotlar bilan ishlashda an'anaviy regression modellariga nisbatan sezilarli ustunlikka ega. Uning ishlash mexanizimi quyidagicha:

1. Bootstrapping (Bagging). Dastlabki ma’lumotlar to‘plamidan tasodifiy takroriy tanlov asosida bir nechta kichik ma’lumotlar to‘plami yaratiladi.
2. Xususiyatlar tasodifiyligi. Har bir daraxtni qurishning har bir bosqichida umumiy xususiyatlar to‘plamidan faqat tasodifiy ravishda tanlangan kichik qismi hisobga olinadi. Bu ikki tasodifiylik darajasi modelning *overfitting* xavfini sezilarli kamaytiradi.
3. Yakuniy qaror (Konsensus). Yakuniy prognoz barcha qaror daraxtlarining natijalarini birlashtirish orqali olinadi: Ko‘pchilik ovozi (Majority Vote) ekin turini aniqlash uchun va o‘rtacha qiymat hosildorlikni prognoz qilish uchun qo‘llaniladi.

Random Forest modeli xususiyat muhimligini hisoblash qobiliyatiga ega. Bu tizimga tuproqning kimyoviy tarkibi yoki iqlim ko‘rsatkichlaridan qaysi biri ekinning mosligi yoki hosildorligiga eng katta ta’sir ko‘rsatishini aniqlash imkonini beradi. Bu esa agronomik qarorlar qabul qilish (masalan, qaysi o‘g‘it turiga ko‘proq e'tibor berish) uchun kuchli empirik baza yaratadi.

Tahlillar Accuracy, RMSE, $R^2$, F1-score kabi metrikalar yordamida amalga oshiriladi.

Tizim uch pog‘onali dasturiy arxitekturaga asosida quriladi (2-rasm).




**2-rasm. Uch pog‘onali tizim arxitekturasi**

Foydalanuvchi GPS xarita orqali hududni tanlaydi va avtomatik tavsiyalarni oladi.

3. Natijalar. Tizimni sinovdan o‘tkazish uchun tajriba guruhlari tuziladi. Tajriba ikki guruhda tashkil etildi:

– **Nazorat guruhi** - an’anaviy dehqonchilik usullari;
– **Tajriba guruhi** - SI tavsiyalari asosida ekish.

Har bir guruhda o‘sish tezligi, tuproq namligi, o‘g‘itlash samaradorligi, yakuniy hosildorlik kabi ko‘rsatkichlar kuzatildi:

GIS asosidagi klasterlash esa hududlarni tuproq o‘xshashligiga ko‘ra guruhlab, tavsiyalarni yanada aniq berish imkonini yaratadi.

4. Munozara. Tadqiqot bo‘yicha tahlillar SI texnologiyalarining qishloq xo‘jaligida katta

amaliy salohiyatga ega ekanini ko‘rsatadi.

Taklif etilayotgan yondashuvning afzalliklari:

– Agroekologik jarayonlarni aniq raqamlashtirish;
– Tuproq resurslaridan oqilona foydalanish;
– Hosildorlikning barqaror oshishi;
– Fermerlar qarorlarini qo‘llab-quvvatlash;
– Mahalliy sharoitga mos “aqlli dehqonchilik” tizimini yaratish.

Taklif etilayotgan yondashuvning kamchiliklari:

– Katta miqdordagi aniq ma’lumotlarga ehtiyoj yuqori;
– Mablag‘ va texnik infratuzilma talab qilinadi;
– Real vaqtda monitoring uchun qo‘shimcha sensorlar zarur.

**Xulosa.** Ushbu tadqiqot doirasida sun’iy intellektga asoslangan prognoz tizimi ishlab chiqiladi va tajriba maydonlarida sinovdan o‘tkaziladi. Natijalar SI tavsiyalari asosida ekilgan ekinlarning hosildorligi 15–20% ga oshishi maqsad qilinadi. Ushbu tizim qishloq xo‘jaligida ilmiy asoslangan, resurslarni tejovchi, samaradorlikni oshiruvchi “aqlli dehqonchilik” konsepsiyasini joriy etishga xizmat qiladi.

Kelgusida tizimni kengaytirish uchun real vaqtli sensor tarmoqlarini integratsiya qilish, IoT asosida monitoring qilish, qo‘shimcha ekin turlarini o‘qitish va meteorologik prognozlar bilan bog‘lash rejalashtirilgan.

**Foydalanilgan adabiyotlar**

1. S.Komolov, Sh.Raxmatov. Sun’iy intellect asoslari. Toshkent. “Ijod nashr”, 2022. -104 b.
2. P.B. Nurimov. Qishloq xo‘jaligida sun’iy intellekt texnologiyalarini qo‘llash. raqamli texnologiyalarning nazariy va amaliy masalalari xalqaro jurnali. 2023
3. Nanda, S., & Kumar, R., Artificial intelligence in agriculture: a review. International Journal of Computer Sciences and Engineering, 6(8), 124-130.
4. Gulomjonovich G. U. et al. Aqlli sug‘orish tizimlarida sun’iy intellektning o‘rni //Строительство и образование. – 2024. – Т. 3. – №. 5. – С. 79-84.
5. Hardiyansah B. Utilization of Smart Irrigation Systems to Improve Natural Resource Efficiency in Agriculture: Literature Review //Journal of Engineering Research Nusantara. – 2024. – Т. 1. – №. 1. – С. 1-9.
6. Tan K. et al. Random forest–based estimation of heavy metal concentration in agricultural soils with hyperspectral sensor data //Environmental monitoring and assessment. – 2019. – Т. 191. – №. 7. – С. 446.