ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -7

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 7

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

SUN’IY INTELLEKT ASOSIDAGI KO‘P BOSQICHLI AGRADRON MONITORING VA BASHORATLASH TIZIMI

Abdullayev Abdubakir
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU, Elektronika va radiotexnika kefedrasi assistenti
E-mail: abdullayev@tuit.uz
Sobirov Ro‘ziali
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU, Radio va mobil aloqa fakulteti talabasi
E-mail: rozialisobirov-student@tuit.uz
Ahmedov Shoxijahon
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU, Radio va mobil aloqa fakulteti talabasi
E-mail: shoxijahon004@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada sun’iy intellekt asosidagi ko‘p bosqichli agra dron analiz tizimi taklif etilgan. Tadqiqotda termal va RGB kameralar bilan jihozlangan dron yordamida qishloq xo‘jaligi yerlari monitoring qilinib, olingan ma’lumotlar vaqt bo‘yicha statistik tahlil qilindi. Tasvirlar CNN algoritmlari yordamida qayta ishlanib, mashinali o‘rganish va chuqur o‘rganish modellaridan foydalanish orqali tuproq holati, namlik darajasi hamda ekin hosildorligi bashorat qilindi. Taklif etilgan tizim yer monitoringini avtomatlashtirish, suv resurslarini tejash va fermerlarga aqlli tavsiyalar berish imkonini yaratadi.

Kalit so‘zlar: Sun’iy intellekt, agra dron, CNN, chuqur o‘rganish, mashinali o‘rganish, termo-tasvirlash, kompyuter ko‘rish, aqlli qishloq xo‘jaligi, hosildorlik bashorati, yer monitoringi.

Аннотация. В данной статье предлагается многоступенчатая система агродронового анализа на основе искусственного интеллекта. В данном исследовании сельскохозяйственные угодья контролировались с помощью беспилотника, оснащенного термо- и RGB-камерами, а собранные данные статистически анализировались во времени. Изображения обрабатывались с помощью алгоритмов конволюционной нейронной сети (CNN), а условия почвы, уровень влажности и урожайность сельскохозяйственных культур прогнозировались с использованием моделей машинного обучения и глубокого обучения. Предлагаемая система позволяет автоматизировать мониторинг земель, экономить водные ресурсы и предоставлять фермерам интеллектуальные рекомендации.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, агродрон, CNN, Deep Learning, Машинное обучение, термосъемка, Компьютерное зрение, умное сельское хозяйство, прогнозирование урожайности, мониторинг земель.

Abstract. This article proposes a multi-stage agro-drone analysis system based on artificial intelligence. In this study, agricultural lands were monitored using a drone equipped with thermal and RGB cameras, and the collected data were statistically analyzed over time. The images were processed using Convolutional Neural Network (CNN) algorithms, and soil conditions, moisture levels, and crop yields were predicted by utilizing Machine Learning and Deep Learning models. The proposed system enables the automation of land monitoring, conservation of water resources, and provision of smart recommendations to farmers.

Keywords: Artificial intelligence, agro-drone, CNN, Deep Learning, Machine Learning, thermal imaging, Computer Vision, smart agriculture, yield prediction, land monitoring.

I. KIRISH.

Global miqyosda qishloq xo‘jaligida kuzatilayotgan iqlim o‘zgarishi, suv resurslari tanqisligi va tuproq unumdorligining pasayishi zamonaviy aqlli monitoring tizimlarini ishlab chiqishni talab etmoqda. An’anaviy agrotexnik nazorat usullari katta mehnat va vaqt talab qilishi bilan bir qatorda, katta maydonlarni real vaqt rejimida yuqori aniqlik bilan kuzatish imkonini cheklaydi. Shu sababli sun’iy intellekt, uchuvchisiz uchish apparatlari (UAV) hamda kompyuter ko‘rish (Computer Vision) texnologiyalariga asoslangan aqlli qishloq xo‘jaligi tizimlari qishloq xo‘jaligida muhim ilmiy yo‘nalishlardan biriga aylanmoqda.

So‘nggi yillarda termal va RGB kameralar bilan jihozlangan dronlardan foydalanish tuproq holatini masofadan monitoring qilish imkoniyatini sezilarli darajada kengaytirdi. Termal imaging texnologiyasi orqali yerning qizish darajasi, namlik miqdori va o‘simliklarning stress holatini aniqlash mumkin bo‘lsa, RGB tasvirlar asosida vegetativ o‘zgarishlarni tahlil qilish imkoniyati paydo bo‘lmoqda [1, 2]. Shu bilan birga, Deep Learning algoritmlarining rivojlanishi tasvirlarni avtomatik klassifikatsiya qilish va hosildorlikni bashoratlash masalalarida yuqori samaradorlikni ta’minlamoqda [3, 4, 5].

Mazkur tadqiqotda sun’iy intellekt asosidagi ko‘p bosqichli agra dron analiz tizimi taklif etiladi. Taklif etilgan tizim 4 bosqichli arxitekturaga asoslangan bo‘lib, har bir bosqich ma’lumotlarni chuqur tahlil qilish va yakuniy bashorat aniqligini oshirishga xizmat qiladi. Birinchi bosqichda vaqt bo‘yicha statistik monitoring amalga oshirilib, dalaning kun davomida temperatura va termal o‘zgarishlari grafik ko‘rinishda tahlil qilinadi. Ikkinchi bosqichda har soatlik termal va RGB monitoring orqali yerning vizual holati kuzatiladi hamda quruq va nam hududlar aniqlanadi. Uchinchi bosqichda Konvolyutsion neyron tarmog‘ (CNN) algoritmlari yordamida tasvirlar klassifikatsiya qilinib, o‘simliklarning stress holati va tuproqdagi muammolar aniqlanadi. To‘rtinchi bosqichda esa Machine Learning va

ISSN 3030-3907

Deep Learning modellaridan foydalanish orqali tuproq holati, hosildorlik darajasi va ma’lum hudud uchun optimal ekin turi bashorat qilinadi.

Taklif etilgan ko‘p bosqichli yondashuv yer monitoringini avtomatlashtirish, suv resurslaridan samarali foydalanish hamda fermerlarga aqlli agrotexnik tavsiyalar berish imkonini yaratadi.

II. ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODLAR.

So‘nggi yillarda sun’iy intellekt va UAV texnologiyalarining rivojlanishi Precision Agriculture tizimlarini yangi bosqichga olib chiqdi. Zamonaviy tadqiqotlarda termo-tasvirlash (thermal imaging), kompyuter ko‘rish, Machine Learning va Deep Learning algoritmlaridan foydalanish orqali qishloq xo‘jaligi yerlarini avtomatik monitoring qilishga katta e’tibor qaratilmoqda. Ayniqsa hosildorlikni bashoratlash, tuproq holatini aniqlash va suv resurslarini optimallashtirish bo‘yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar Web of Science hamda Scopus bazalarida keng yoritilgan. Termal kamerali dronlar yordamida o‘simliklarning stress holatini monitoring qilish [1, 5] bo‘yicha tadqiqot olib borgan. Tadqiqot natijalarida termal tasvirlar asosida suv yetishmovchiligi mavjud hududlarni aniqlash mumkinligi ko‘rsatilgan. Biroq ushbu yondashuvda ko‘p bosqichli sun’iy intellekt (AI) monitoring tizimi va hosildorlik bashorati yetarli darajada integratsiyalanmagan.

Termal sensorlar yordamida tuproq namligini aniqlash usullari, termal monitoring orqali degradatsiyaga uchragan hududlarni aniqlash mumkinligini tadqiq etilgan [2,6]. Shu bilan birga, mavjud tizimlarda real vaqt monitoring va AI asosidagi kompleks bashoratlash modellarining cheklanganligi kuzatiladi.

CNN (Convolutional Neural Network) algoritmlaridan foydalanish bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda tasvirlarni klassifikatsiyalash va o‘simlik kasalliklarini aniqlashda yuqori aniqlik ko‘rsatkichlariga erishilgan [3, 6, 7]. Machine Learning modellaridan foydalanilgan ilmiy ishlarda esa hosildorlikni prognozlash va ekin turini tavsiya qilish imkoniyatlari yoritilgan [4, 8, 9]. Biroq aksariyat tadqiqotlarda termal monitoring, CNN analiz va bashoratlash modellarining yagona integrallashgan tizim sifatida ishlatilmagani aniqlangan.

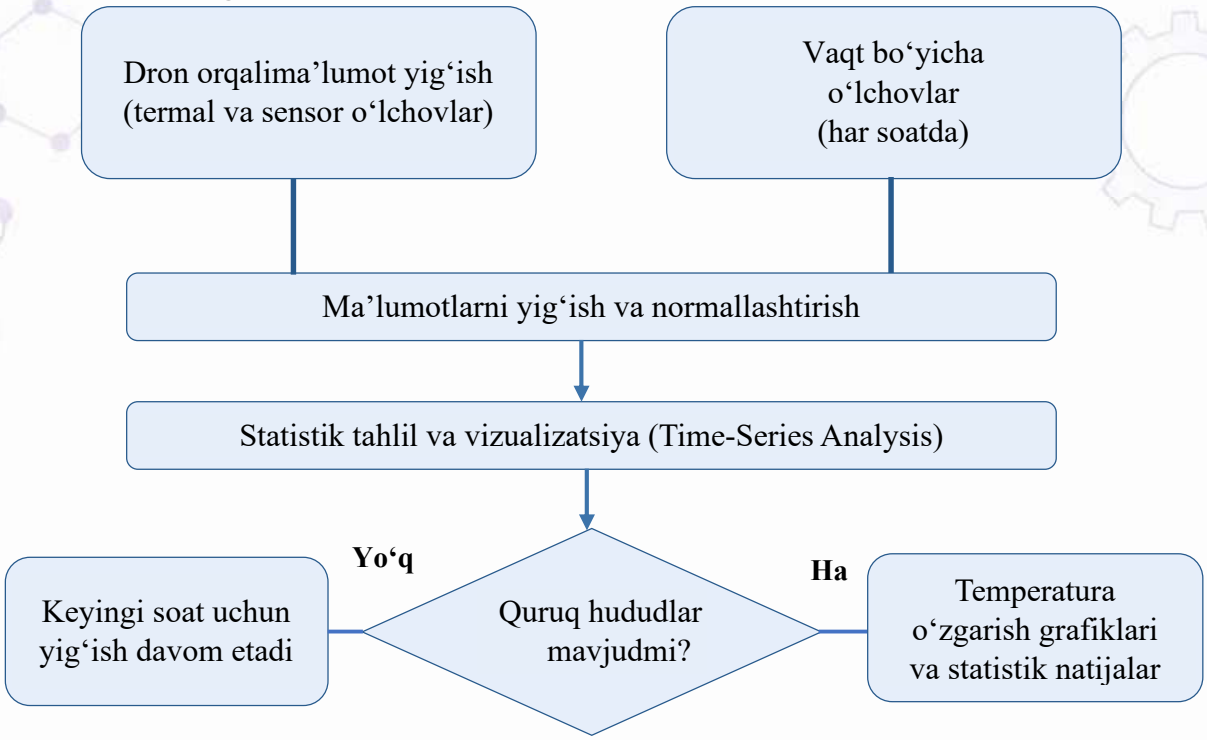
Mazkur tadqiqotda esa termal monitoring, vaqt bo‘yicha statistik tahlil, CNN asosidagi tasvirlarni klassifikatsiyalash hamda Machine Learning modellarini yagona ko‘p bosqichli aqlli tizimga integratsiya qilish taklif etiladi. Taklif etilgan yondashuv mavjud ishlardan farqli ravishda real vaqt monitoring va ko‘p bosqichli sun’iy intellekt analizini birlashtiradi.

Taklif etilgan metod va tizim arxitekturasi. Mazkur tadqiqotda sun’iy intellekt asosidagi ko‘p bosqichli agra dron monitoring va bashoratlash tizimi ishlab chiqildi. Taklif etilgan tizim 4 asosiy bosqichdan tashkil topgan bo‘lib, har

ISSN 3030-3907

bir bosqich ma’lumotlarni ketma-ket qayta ishlash va yakuniy bashorat aniqligini oshirishga xizmat qiladi.

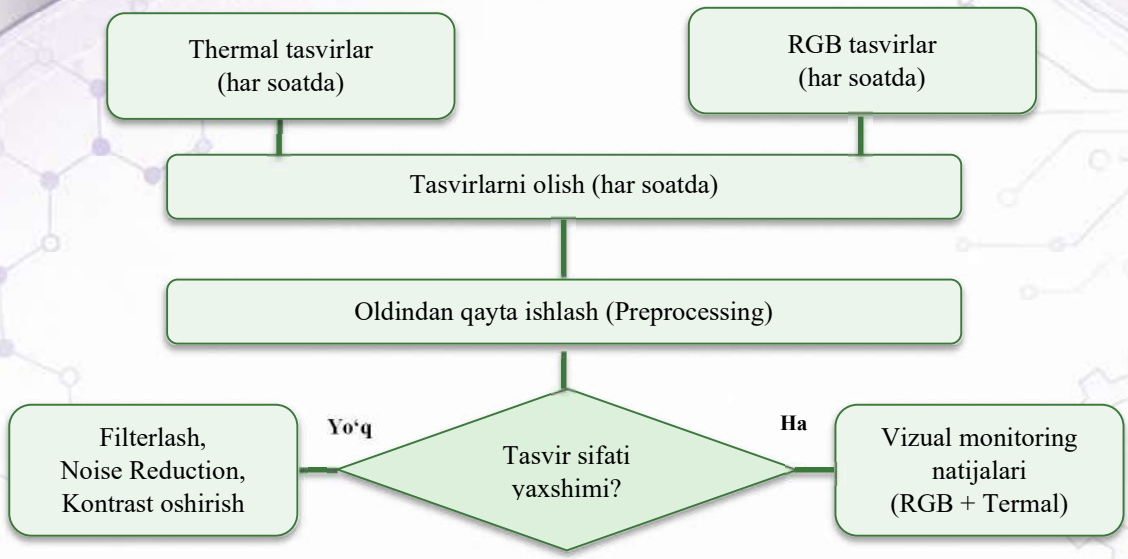
Birinchi bosqichda dron yordamida qishloq xo‘jaligi hududining termal va RGB ma’lumotlari yig‘iladi hamda vaqt bo‘yicha statistik monitoring amalga oshiriladi. Ushbu bosqichda temperatura va termal o‘zgarishlar grafik ko‘rinishda tahlil qilinadi. 1-rasmda vaqt bo‘yicha statistik monitoring qilish jarayoni blok-sxemasi keltirilgan.



1- rasm. Vaqt bo‘yicha statistik monitoring qilish jarayoni blok-sxemasi

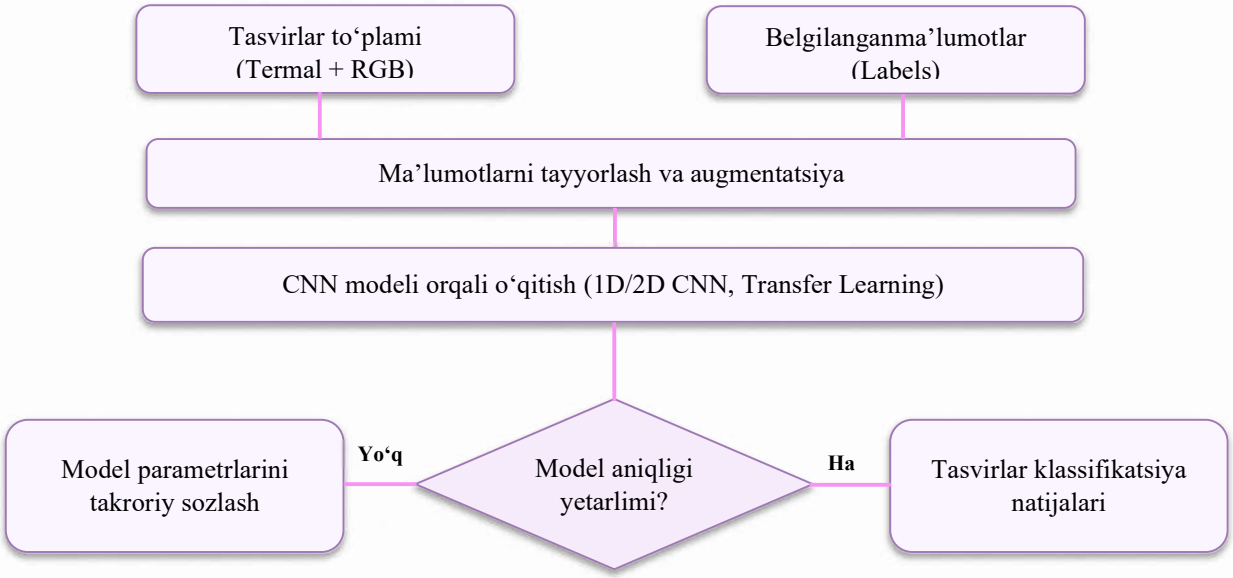
Ikkinchi bosqichda termal va RGB kameralar yordamida har soatlik monitoring bajariladi. Ushbu jarayonda kompyuter ko‘rish (Computer Vision) texnologiyalari orqali o‘simliklarning vizual holati, quruq hududlar va namlik darajasi aniqlanadi. Quyidagi 2-rasmda soatlik termal va RGB monitoring qilish jarayoni blok-sxemasi keltirilgan bo‘lib natijada vizual monitoring natijalari shakllantirladi.

ISSN 3030-3907



2- rasm. Har soatlik termal va RGB monitoring qilish jarayoni blok-sxemasi

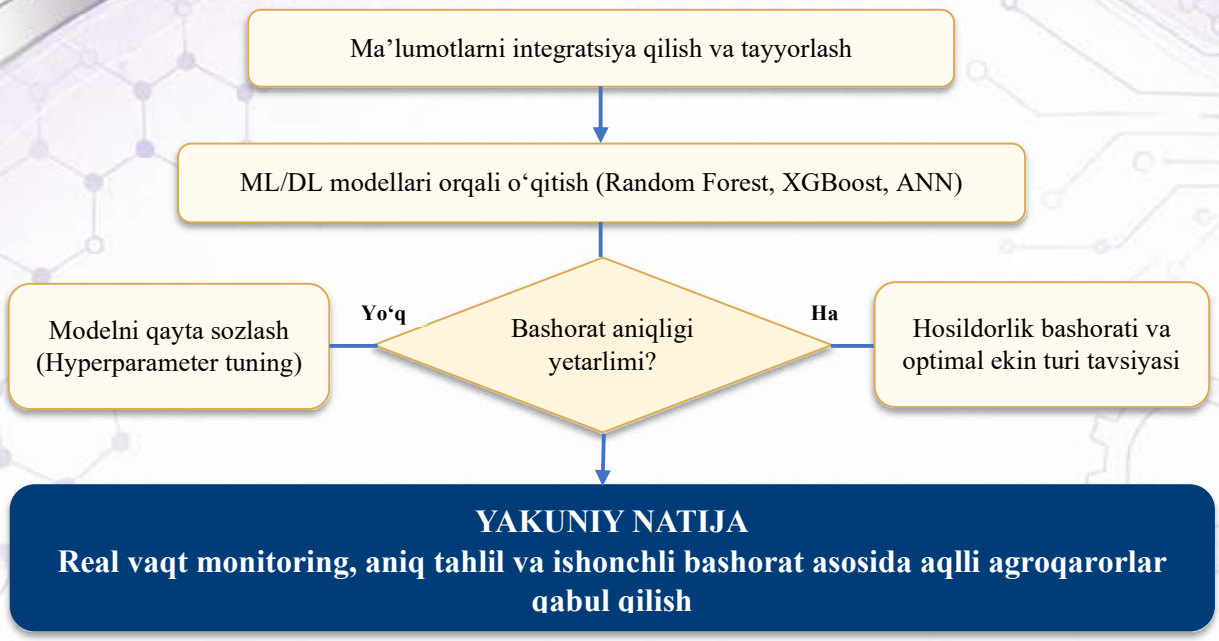
Uchinchi bosqichda CNN algoritmlaridan foydalanib termal va RGB tasvirlar klassifikatsiya qilinadi. CNN modeli yordamida sog‘lom va stress holatidagi hududlar aniqlanadi. CNN asosidagi tasvirlarni klassifikatsiyalash jarayoni blok-sxemasi 3-rasmda keltirilgan.



3- rasm. CNN asosidagi tasvirlarni klassifikatsiyalash jarayoni blok-sxemasi

To‘rtinchi bosqichda, mashinali o‘qitish va chuqur o‘rganish modellaridan foydalanib termal monitoring natijalari, CNN klassifikatsiyasi va statistik ma’lumotlar asosida hosildorlik hamda optimal ekin turi bashorat qilinadi. Ushbu bosqichda Random Forest, XGBoost va Regression modellaridan foydalaniladi. Mashinali o‘qitish va chuqur o‘rganish asosida bashoratlash jarayoni blok-sxemasi quyidagi 4-rasmda keltirilgan. Yakuniy natijada real vaqt monitoring, aniq tahlil va ishonchli bashorat asosida aqlli agroqarorlar qabul qilish amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907



4- rasm. Mashinali o‘qitish va chuqur o‘rganish asosida bashoratlash jarayoni blok-sxemasi

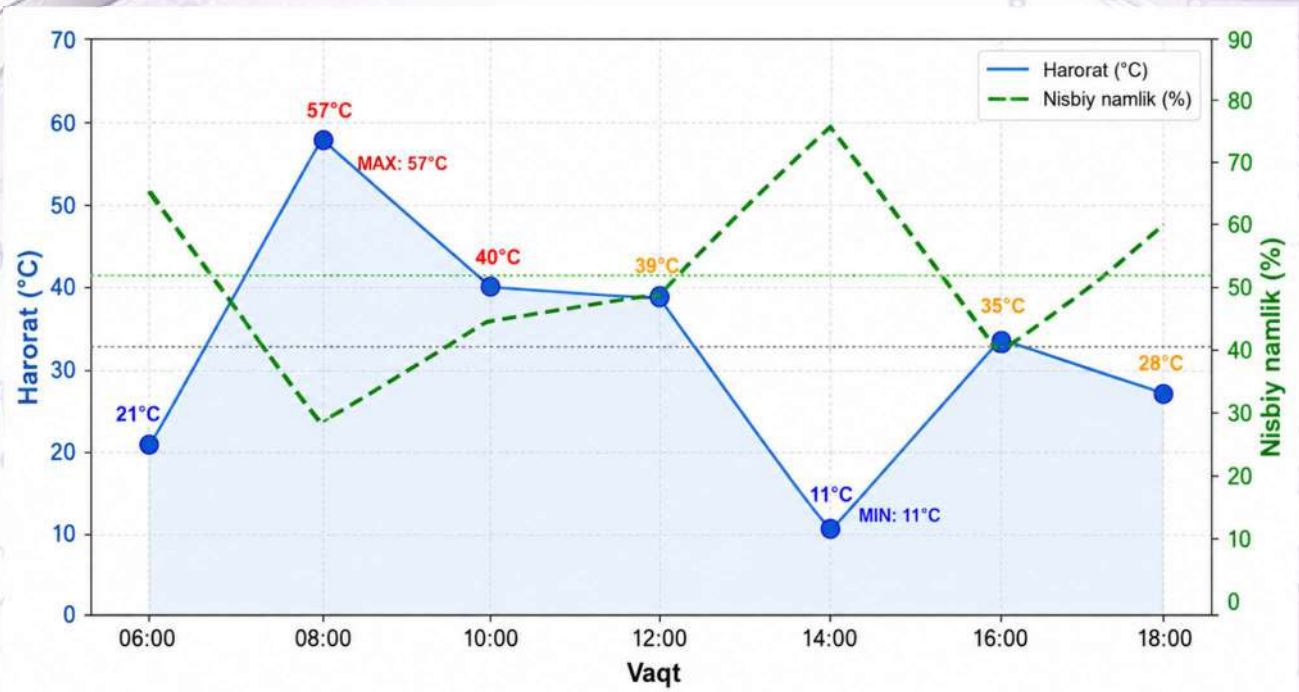
III. NATIJALAR VA MUXOKAMA.

Sun’iy intellekt asosidagi ko‘p bosqichli agra dron monitoring va bashoratlash tizimi 4 ta bosqich asosida ishlab chiqildi. Tizimning asosiy maqsadi qishloq xo‘jaligi hududlarini real vaqt rejimida monitoring qilish, termal va vizual ma’lumotlarni tahlil qilish hamda sun’iy intellekt yordamida hosildorlikni bashoratlashdan iborat. Har bir bosqich ma’lumotlarni ketma-ket qayta ishlash orqali yakuniy analiz aniqligini oshirishga xizmat qiladi.

Vaqt bo‘yicha statistik monitoring. Tadqiqotning birinchi bosqichida qishloq xo‘jaligi hududining kun davomida harorat va nisbiy namlik ko‘rsatkichlari monitoring qilindi. Ma’lumotlar termal kamera hamda atrof-muhit sensorlari yordamida belgilangan vaqt oralig‘ida yig‘ilib, statistik tahlil asosida grafik ko‘rinishda vizualizatsiya qilindi. Ushbu bosqichning asosiy maqsadi harorat dinamikasi va namlik o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlash hamda quruq va nam hududlarni masofadan turib baholash imkoniyatlarini o‘rganishdan iborat bo‘ldi.

Monitoring natijalariga ko‘ra, 5-rasmda kun davomida qayd etilgan harorat va nisbiy namlik ko‘rsatkichlarining o‘zgarish dinamikasi keltirilgan. Grafikdan ko‘rinib turibdiki, harorat ertalabki soat 06:00 da 21 °C ni tashkil etgan bo‘lsa, 08:00 ga kelib keskin oshib, maksimal qiymat — 57 °C ga yetgan. Keyingi vaqt oralig‘ida harorat asta-sekin pasayib, 14:00 da minimal qiymat — 11 °C qayd etilgan. Kunning ikkinchi yarmida esa harorat yana ortib, 16:00 da 35 °C ni, 18:00 da esa 28 °C ni tashkil etgan.

ISSN 3030-3907



5- rasm. Harorat va nisbiy namlik ko‘rsatkichlarining o‘zgarish dinamikasi

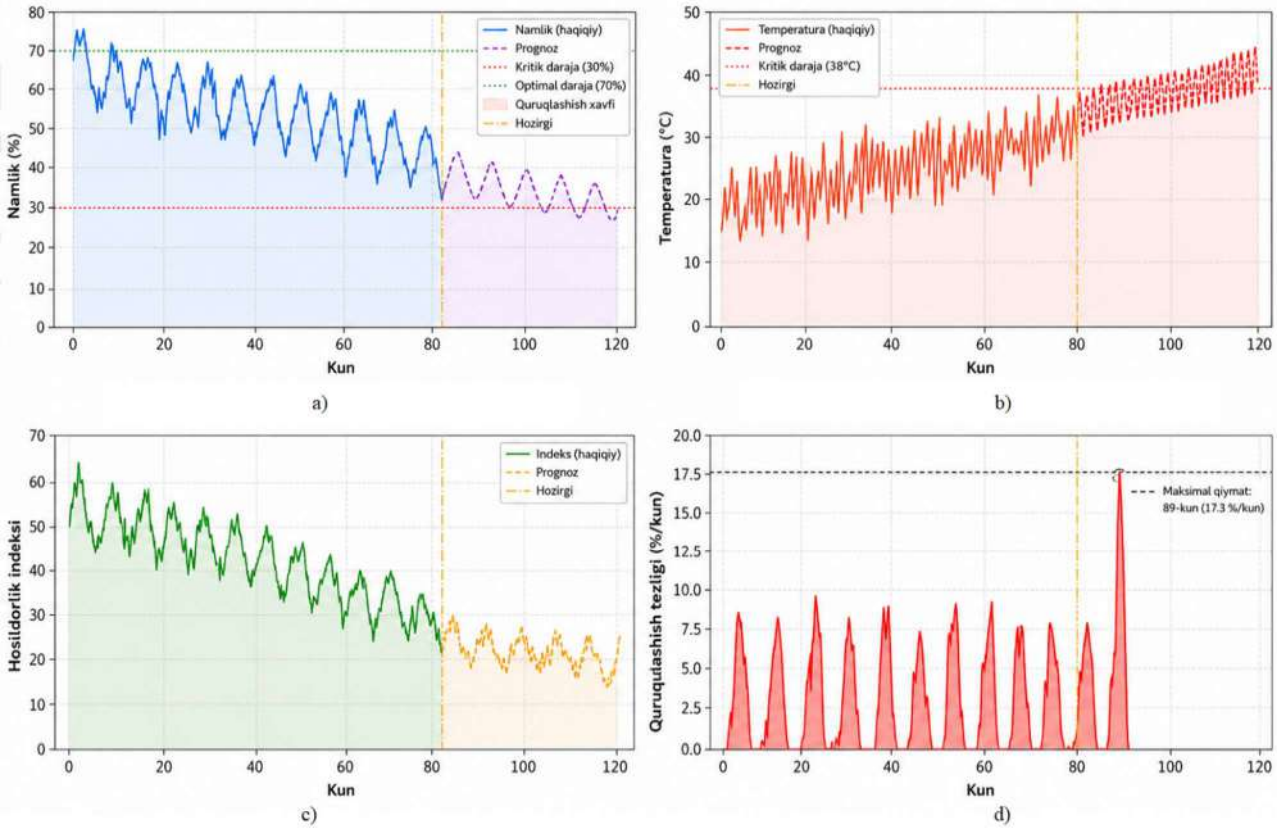
Nisbiy namlik ko‘rsatkichlari harorat o‘zgarishlariga teskari bog‘liqlikni namoyon etdi (5-rasmdan ko‘rish mumkin). Haroratning yuqori qiymatlari kuzatilgan vaqt oralig‘ida namlik pasaygan, namlik ortgan davrlarda esa haroratning kamayishi qayd etilgan. Ushbu holat harorat va namlik o‘rtasida salbiy korrelyatsiya mavjudligini ko‘rsatadi hamda quruq hududlarda bug‘lanish intensivligi ortishi natijasida yer yuzasi haroratining oshishini tasdiqlaydi. Olingan natijalar termal monitoring texnologiyasi yordamida yer namligini masofadan turib baholash va qurg‘oqchilik xavfi mavjud hududlarni aniqlash imkoniyatini ko‘rsatdi [3].

Ma’lumotlarni statistik tahlil qilish va vizualizatsiya jarayonlari Python dasturlash muhitida amalga oshirildi. Hisob-kitoblar va grafiklarni shakllantirishda NumPy hamda Matplotlib kutubxonalaridan foydalanildi. Hosil qilingan grafiklar harorat dinamikasini tahlil qilish, anomaliyalarni aniqlash va keyingi sun’iy intellekt asosidagi tahlil bosqichlari uchun ma’lumotlar bazasini shakllantirishga xizmat qildi.

Har soatlik monitoring va CNN asosidagi kompleks agrobiologik klassifikatsiyalash. Ikkinchi bosqichida qishloq xo‘jaligi hududining termal, namlik va vegetatsion holati real vaqt rejimida monitoring qilinib, olingan ma’lumotlar CNN modeli asosida kompleks tahlil qilindi. Monitoring jarayonida termal va RGB tasvirlar, shuningdek, vaqt bo‘yicha yig‘ilgan statistik ma’lumotlardan foydalanildi. Maqsad agrobiologik jarayonlarning dinamikasini baholash, suv tanqisligi xavfini aniqlash hamda o‘simliklarning stress holatini avtomatik klassifikatsiyalashdan iborat bo‘ldi.

ISSN 3030-3907

6-rasmda namlik dinamikasi, temperatura o‘zgarishi, hosildorlik indeksi va quruqlashish tezligi bo‘yicha monitoring hamda prognozlash natijalari keltirilgan. Grafiklar tahlili shuni ko‘rsatdiki, vaqt o‘tishi bilan namlik miqdorining bosqichma-bosqich kamayishi kuzatilgan (6a-rasm). Prognoz natijalariga ko‘ra, keyingi davrlarda namlik darajasi kritik chegaraga yaqinlashishi mumkinligi aniqlangan. Bu esa sug‘orish tadbirlarini optimallashtirish zarurligini ko‘rsatadi.



6- rasm. ompleks monitoring va bashoratlash natijalari: a) namlik darajasining o‘zgarishi va prognozi; b) temperatura dinamikasi va prognozi; c) hosildorlik indeksining o‘zgarishi va prognozi; d) quruqlashish (bug‘lanish) tezligining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi

Temperatura monitoringi natijalari (6b-rasm) hududda issiqlik rejimining vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchanligini namoyon etdi. Ayrim davrlarda haroratning kritik 38 °C chegarasidan yuqori qiymatlarga ko‘tarilishi kuzatildi. Prognozlash natijalari esa keyingi bosqichlarda haroratning oshish tendensiyasini ko‘rsatib, tuproq namligining kamayishi va suv tanqisligi xavfining ortishi ehtimolini tasdiqladi.

Hosildorlik indeksi bo‘yicha olingan natijalar (6c-rasm) vegetativ faollikning monitoring davri davomida pasayib borishini ko‘rsatdi. Dastlabki bosqichlarda indeks nisbatan yuqori bo‘lgan bo‘lsa, namlikning kamayishi va haroratning oshishi fonida vegetativ faollikning susayishi qayd etildi. CNN modeli ushbu o‘zgarishlarni tahlil qilib, vegetativ stress holatidagi maydonlarni muvaffaqiyatli aniqladi.

ISSN 3030-3907

Quruqlashish tezligi monitoringi natijalari (6d-rasm) ayrim davrlarda bug‘lanish intensivligining keskin ortishini ko‘rsatdi. Xususan, monitoringning oxirgi bosqichlarida maksimal quruqlashish tezligi qayd etildi. Ushbu holat tuproqdagi suv balansining buzilishi va o‘simliklarda stress omillarining kuchayishi bilan bog‘liq ekanligi aniqlandi.

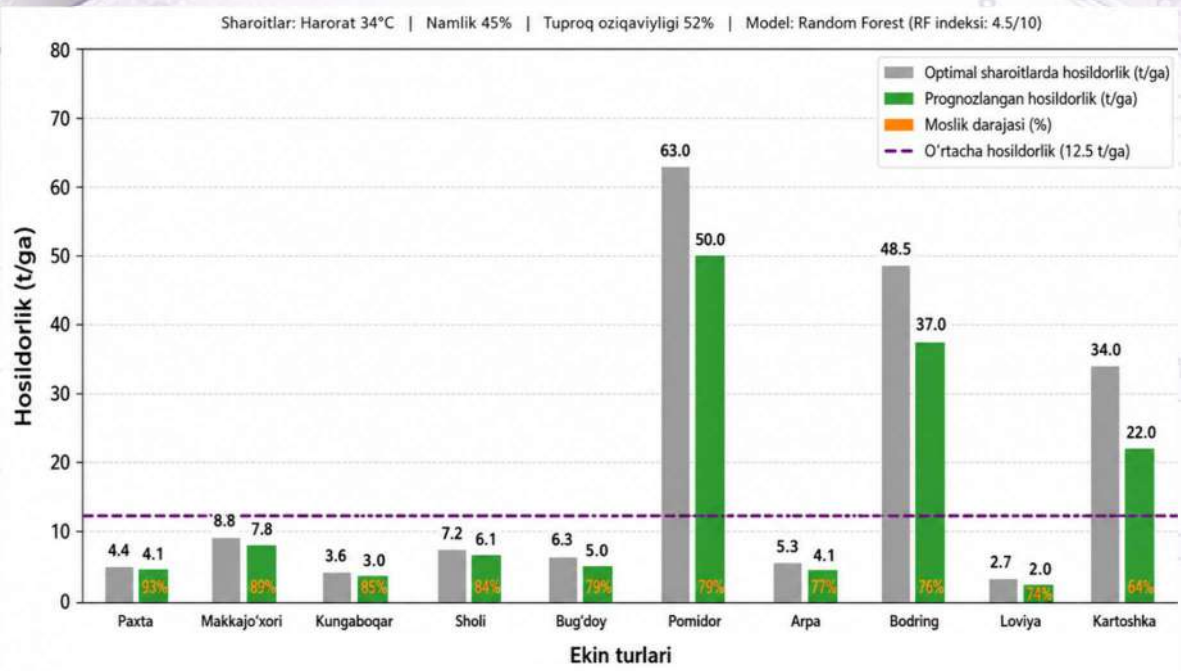
Natijalar namlikning kamayishi, haroratning ortishi va hosildorlik indeksining pasayishi o‘rtasida o‘zaro bog‘liqlik mavjudligini ko‘rsatdi. CNN modeli termal tasvirlar, namlik ko‘rsatkichlari va statistik monitoring ma’lumotlarini integratsiyalash orqali hududlarni sog‘lom, nam, quruq va vegetativ stress holatidagi sinflarga ajratdi. Bu esa agrobiologik holatni avtomatik baholash va qurg‘oqchilik xavfini oldindan aniqlash imkoniyatini yaratdi.

Mazkur yondashuvning afzalligi termal monitoring natijalari, namlik prognozi, hosildorlik indeksi va quruqlashish tezligi kabi ko‘rsatkichlarni yagona sun’iy intellekt tizimida birlashtirganidadir. Olingan natijalar suv resurslaridan samarali foydalanish, sug‘orish jarayonlarini optimallashtirish hamda hosildorlikni oshirish uchun muhim axborot manbai bo‘lib xizmat qiladi.

Mashinali o‘qitish va chuqur o‘rganish asosida hosildorlik hamda optimal ekin turini bashoratlash. Tadqiqotning yakuniy bosqichida termal monitoring, namlik monitoringi, CNN klassifikatsiyasi hamda agrobiologik ko‘rsatkichlar asosida hosildorlik va optimal ekin turini bashoratlash amalga oshirildi. Bunda monitoringning oldingi bosqichlarida olingan temperatura, namlik, vegetativ holat va tuproqning oziqaviy tarkibi haqidagi ma’lumotlar yagona ma’lumotlar bazasiga integratsiyalashgan holda mashinali o‘qitish modellarida qayta ishlanib, hosildorlik prognozlari shakllantirildi.

7-rasmda turli ekin turlari uchun prognoz qilingan hosildorlik ko‘rsatkichlari hamda agroekologik sharoitlarga moslik darajalari keltirilgan. Tahlil natijalariga ko‘ra, tadqiqot hududi uchun eng yuqori prognoz hosildorligi pomidor ekinida kuzatilib, model uning moslik darajasini 79 % deb baholadi. Shuningdek, bodring va kartoshka ekinlari ham yuqori hosildorlik salohiyatiga ega bo‘lib, mos ravishda 76 % va 64 % moslik ko‘rsatkichlarini namoyish etdi.

ISSN 3030-3907



7-rasm. Turli ekin turlari uchun prognoz qilingan hosildorlik ko‘rsatkichlari va agroekologik moslik darajalari (Random Forest modeli natijalari)

Donli ekinlar orasida makkajo‘xori va sholi nisbatan yuqori moslik darajasiga ega ekanligi aniqlanib, ularning hosildorlik ko‘rsatkichlari mos ravishda 89% va 84% ni tashkil etdi. Bug‘doy uchun moslik darajasi 79% bo‘lib, o‘rta-yuqori samaradorlik guruhiga kiritildi. Kungaboqar, arpa va loviya ekinlarida esa hosildorlik ko‘rsatkichlari nisbatan past bo‘lib, mavjud agroiqlimiy sharoitlarda ularni ekish iqtisodiy jihatdan kamroq samarali ekanligi aniqlandi.

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, model tomonidan tavsiya etilgan ekinlar hududning joriy temperatura rejimi, namlik darajasi va tuproqning oziqlanish holati bilan yuqori darajada mos keladi. Xususan, namlik tanqisligi kuzatilayotgan maydonlarda suvdan samarali foydalanadigan ekin turlari yuqori reytingga ega bo‘ldi. Bu esa tizimning nafaqat hosildorlikni prognozlash, balki suv resurslarini oqilona boshqarish bo‘yicha ham amaliy tavsiyalar bera olishini ko‘rsatadi.

Machine Learning algoritmlarining kompleks qo‘llanilishi natijasida monitoring ma’lumotlari va CNN klassifikatsiyasi asosida hosildorlik prognozining aniqligi oshirildi. Model agrobiologik omillar o‘rtasidagi bog‘liqliklarni tahlil qilish orqali har bir ekin turi uchun kutilayotgan hosildorlikni baholadi hamda iqtisodiy jihatdan eng maqbul ekinlarni tavsiya qildi. Olingan natijalar sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish qishloq xo‘jaligida qaror qabul qilish samaradorligini oshirish, suv resurslarini tejash va hosildorlikni optimallashtirishda muhim ahamiyatga ega ekanligini tasdiqladi.

Tadqiqot natijalari aqlli agrotexnik monitoring tizimlari suv resurslarini optimallashtirish, hosildorlikni oshirish hamda fermerlarga avtomatlashtirilgan tavsiyalar berishda muhim ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi. Shu bilan birga,

ISSN 3030-3907

kelgusida tizimni multispektral sensorlar, IoT texnologiyalari va bulutli hisoblash platformalari bilan integratsiyalash monitoring samaradorligini yanada oshirish imkonini beradi.

IV. XULOSA.

Mazkur tadqiqotda termal monitoring, kompyuter ko‘rish, CNN va mashinali o‘qitish texnologiyalarini birlashtirgan aqlli agrodron monitoring va bashoratlash tizimi ishlab chiqildi. Taklif etilgan yondashuv qishloq xo‘jaligi maydonlarining agrobiologik holatini real vaqt rejimida baholash, quruq va stress holatidagi hududlarni aniqlash hamda hosildorlikni prognozlash imkonini berdi.

Tadqiqot natijalari temperatura va namlik ko‘rsatkichlarining hosildorlikka sezilarli ta’sir ko‘rsatishini tasdiqladi. Random Forest, XGBoost va CNN modellaridan foydalanish hosildorlik prognozi aniqligini oshirib, optimal ekin turini tavsiya etish imkonini yaratdi.

Natijalar taklif etilgan tizimning suv resurslarini samarali boshqarish, agrotexnik qarorlar qabul qilish va hosildorlikni oshirishda amaliy ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi. Kelgusida tizimni IoT, multispektral sensorlar va sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari bilan integratsiyalash orqali uning samaradorligini yanada oshirish rejalashtirilmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Santangeli, A., Chen, Y., Kluen, E., Chirumamilla, R., Tiainen, J., & Loehr, J. (2020). Integrating drone-borne thermal imaging with artificial intelligence to locate bird nests on agricultural land. Scientific Reports, 10, 10993. https://doi.org/10.1038/s41598-020-67898-3

2. Al-Najadi, R., Al-Mulla, Y., Al-Abri, I., & Al-Sadi, A. M. (2025). Effectiveness of drone-based thermal sensors in optimizing controlled environment agriculture performance under arid conditions. Scientific Reports, 15, 9042. https://doi.org/10.1038/s41598-025-94432-0

3. Santangeli, A., Chen, Y., Kluen, E., Chirumamilla, R., Tiainen, J., & Loehr, J. (2020). Integrating drone-borne thermal imaging with artificial intelligence to locate bird nests on agricultural land [Full-text PDF]. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/342944705

5. Al-Najadi, R., Al-Mulla, Y., Al-Abri, I., & Al-Sadi, A. M. (2025). Effectiveness of drone-based thermal sensors in optimizing controlled environment agriculture performance under arid conditions [Full-text PDF]. ResearchGate. https://www.researchgate.net/

6. Chang, M., Vuong, T., Palaparthi, M., Howell, L., Bonti, A., Abdelrazek, M., & Nguyen, D. T. (2023). An empirical study of automatic wildlife detection using drone thermal imaging and object detection. arXiv. https://arxiv.org/abs/2310.11257

7. Liu, X., Ho, L., Bruenel, S., & Goethals, P. (2025). Applications of unmanned vehicle systems for multi-spatial scale monitoring and management of aquatic ecosystems: A review. Ecological Informatics, 85, 102926. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102926

8. Shruti, B. V., Shoma, R. S., Madhavi, C. M. V., Sridevi, H. R., Pallavi, N. R., Lohith, C., Gnanasundari, A., Vaishnavi, M., & Raghu, P. (2026). SmartSoil: A humanoid-inspired drone framework using thermal imaging and AI for real-time soil moisture estimation. Engineering, Technology & Applied Science Research, 16(2), 33820–33826. https://doi.org/10.48084/etasr.17382

9. Sun, J., Wang, Q., Li, Q., Xu, G., Liang, B., Ma, C., Tian, S., & Gao, Q. (2026). Artificial intelligence in smart agriculture across the production-to-postharvest continuum: Progress, challenges, and future directions. Sustainability, 18(10), 4908. https://doi.org/10.3390/su18104908

10. Rubia Gandhi, R. R., Angel Ida Chellam, J., Prabhu, T. N., Kathirvel, C., Sivaramkrishnan, M., & Siva Ramkumar, M. (2022). Machine learning approaches for smart agriculture. In 2022 6th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC) (pp. 1054–1058). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICCMC53470.2022.9753841