

YOLOV8 MODELI YORDAMIDA OLMALARNI SANOAT KONVEYERIDA AVTOMATIK TASNIFLASH

Abdixalilov O'lmasjon Ulfat o'g'li – Qarshi Davlat Texnika Universiteti “Axborot texnologiyalari va tizimlari” kafedrası o'qituvchisi

Telifon: +998910034649 E-mail: phdabdixalilov456@gmail.com

Orcid: 0009-0003-8556-2059

*Allashukurova Rayxon Jumanazar qizi - Qarshi Davlat Texnika Universiteti 2 – kurs talabasi
(904438895) rayhonallashukurova885@gmail.com*

*Aliyev Asilbek Safarali o'g'li – Qarshi Davlat Texnika Universiteti 2 – kurs talabasi Telifon:
+9987739013143 E-mail: aliyevasilbek003@gmail.com*

ANNOTATSIYA

Mazkur maqolada sanoat konveyerlarida olmalarni sun'iy intellekt asosida avtomatik saralash tizimi ishlab chiqildi. Tadqiqotda kompyuter ko'rish texnologiyalari va YOLOv8 modeli yordamida olmalarni real vaqt rejimida aniqlash hamda tasniflash usuli taklif etildi. Tizimda optik kuzatish, barqaror yoritish muhiti va aylantiruvchi mexanizmlar qo'llanilib, meva yuzasidagi nuqsonlarni aniqlash samaradorligi oshirildi. Tajriba natijalari ishlab chiqilgan tizimning yuqori aniqlik va tezlikda ishlashini ko'rsatdi. Taklif etilgan yondashuv qishloq xo'jaligi mahsulotlarini qayta ishlash jarayonlarini avtomatlashtirish va mahsulot sifatini nazorat qilish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, kompyuter ko'rish, YOLOv8, olma saralash, optik nazorat, raqamli texnologiyalar, chuqur o'qitish, real vaqt tizimi.

АННОТАЦИЯ

В данной статье разработана система автоматической сортировки яблок на промышленном конвейере на основе искусственного интеллекта. В исследовании предложен метод обнаружения и классификации яблок в реальном времени с использованием технологий компьютерного зрения и модели YOLOv8. В системе применены оптический контроль, стабильная система освещения и вращающиеся механизмы, что позволило повысить эффективность обнаружения дефектов поверхности плодов. Результаты экспериментов показали высокую точность и скорость работы разработанной системы. Предложенный подход позволяет автоматизировать процессы переработки сельскохозяйственной продукции и повысить качество контроля продукции.

Ключевые слова: искусственный интеллект, компьютерное зрение, YOLOv8, сортировка яблок, оптический контроль, цифровые технологии, глубокое обучение, система реального времени.

ABSTRACT

This paper presents an artificial intelligence-based automatic apple sorting system for industrial conveyor environments. The study proposes a real-time apple detection and classification method using computer vision technologies and the YOLOv8 model. The system employs optical inspection, stable illumination conditions, and rotating mechanisms to improve the detection efficiency of surface defects on fruits. Experimental results demonstrated that the developed system provides high accuracy and processing speed. The proposed approach enables automation of agricultural product processing and improves product quality control.

Keywords: artificial intelligence, computer vision, YOLOv8, apple sorting, optical inspection, digital technologies, deep learning, real-time system.

KIRISH

So'nggi yillarda raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt tizimlarining jadal rivojlanishi ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytirdi. Ayniqsa, qishloq xo'jaligi mahsulotlarini qayta ishlash va saralash jarayonlarida kompyuter ko'rish texnologiyalaridan foydalanish mahsulot sifatini oshirish hamda inson omiliga bog'liq xatolarni kamaytirishda muhim ahamiyat kasb etmoqda [1,2].

Dunyo bo'yicha oziq-ovqat mahsulotlariga bo'lgan talabning ortib borishi mevalarni tezkor va sifatli saralash tizimlariga ehtiyojni kuchaytirmoqda. An'anaviy saralash usullarida mevalarning sifati asosan inson tomonidan vizual baholanadi. Bunday yondashuv katta hajmdagi mahsulotlarni qayta ishlashda yetarli samaradorlikni ta'minlamaydi hamda turli subyektiv xatolarga olib keladi [3]. Shu sababli zamonaviy sanoat korxonalarida avtomatlashtirilgan optik nazorat tizimlariga o'tish jarayoni jadallashmoqda.

Kompyuter ko'rish texnologiyalari asosida ishlovchi intellektual tizimlar mevalarning tashqi ko'rinishi, rangi, shakli va yuzasidagi nuqsonlarni avtomatik ravishda aniqlash imkonini beradi [4]. Ayniqsa, chuqur o'qitish algoritmlarining rivojlanishi natijasida real vaqt rejimida obyektlarni aniqlash va tasniflash samaradorligi sezilarli darajada oshdi. YOLO oilasiga mansub modellar tezkor ishlashi va yuqori aniqligi sababli sanoat tizimlarida keng qo'llanilmoqda [5].

Olmalarni saralash jarayonida asosiy muammolardan biri meva yuzasining barcha qismlarini to'liq nazorat qilish hisoblanadi. Oddiy bitta kamera asosidagi tizimlarda ayrim nuqsonlar yashirin qolib ketishi mumkin. Shu sababli ko'p tomondan optik kuzatish texnologiyalaridan foydalanish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi [6]. Mevalarni aylantirish orqali turli burchaklardan tasvir olish nuqsonlarni aniqlash aniqligini oshirishga yordam beradi.

Bugungi kunda sun'iy intellekt asosidagi meva saralash tizimlari nafaqat mahsulot sifatini yaxshilash, balki ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish va texnologik jarayonlarni optimallashtirish imkonini ham bermoqda [7]. Shuningdek, bunday tizimlar eksport talablariga mos sifat nazoratini amalga oshirishda muhim vositalardan biri sifatida qaralmoqda.

Bir qator tadqiqotlarda mevalarni saralash uchun turli algoritmlar va optik tizimlardan foydalanilgan. Ayrim ishlarda rang bo'yicha tasniflash amalga oshirilgan bo'lsa, boshqa tadqiqotlarda nuqsonlarni aniqlash uchun chuqur o'qitish modellari qo'llanilgan [8]. Biroq ko'plab tizimlarda real vaqt rejimida ishlash tezligi, optik kuzatish barqarorligi hamda sanoat sharoitiga moslashuv bilan bog'liq muammolar saqlanib qolmoqda.

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi sanoat konveyerlarida olmalarni sun'iy intellekt asosida avtomatik saralash tizimini ishlab chiqish hamda ko'p tomondan optik kuzatish orqali nuqsonlarni aniqlash samaradorligini oshirishdan iborat. Tadqiqotda kompyuter ko'rish texnologiyalari va YOLOv8 modeli asosida real vaqt rejimida ishlovchi intellektual tizim ishlab chiqildi [9,10].

Tadqiqot natijalari qishloq xo'jaligi mahsulotlarini qayta ishlash jarayonlarini avtomatlashtirish, mahsulot sifatini nazorat qilish hamda ishlab chiqarish samaradorligini oshirish uchun muhim amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi.

TADQIQOT METODLARI

Tadqiqot jarayonida sanoat konveyerlarida olmalarni avtomatik saralash uchun sun'iy intellekt va kompyuter ko'rish texnologiyalariga asoslangan intellektual tizim ishlab chiqildi. Tizimning asosiy vazifasi olmalarni real vaqt rejimida aniqlash, ularning tashqi ko'rinishini tahlil qilish hamda yuzasidagi nuqsonlarga qarab avtomatik ravishda tasniflashdan iborat bo'ldi.

Ishlab chiqilgan tizim bir nechta asosiy modullardan tashkil topdi. Ular sanoat kamerasi, yoritish tizimi, konveyer mexanizmi, aylantiruvchi roliklar, boshqaruv moduli va sun'iy intellekt

algoritmalaridan iborat bo'ldi. Ushbu modullar o'zaro integratsiyalashgan holda ishlashi natijasida mevalarni uzluksiz kuzatish va saralash imkoniyati yaratildi [1,2].

Tasvirlarni olish jarayonida yuqori aniqlikka ega sanoat kamerasidan foydalanildi. Kamera konveyerning nazorat zonasiga joylashtirildi va mahsulotlarning uzluksiz tasvirlari olinib borildi. Tasvir sifati tashqi muhit yoritilishiga bog'liq bo'lganligi sababli tizimda barqaror sun'iy yoritish muhiti tashkil qilindi [3]. Bir xil yorug'lik oqimini hosil qilish orqali tasvirlarda paydo bo'lishi mumkin bo'lgan soyalar va ortiqcha yorqinliklar kamaytirildi.

Olmalar yuzasining barcha qismlarini nazorat qilish maqsadida konveyer tizimiga aylantiruvchi roliklar o'rnatildi. Ushbu mexanizm yordamida olma harakat davomida aylantirilib, uning turli tomonlaridan tasvirlar olish imkoniyati yaratildi. Natijada oddiy bir tomonlama kuzatishda aniqlanmay qoladigan nuqsonlarni aniqlash samaradorligi oshirildi [4].

Tasvirlarni qayta ishlash va obyektlarni aniqlash uchun YOLOv8s modeli tanlandi. Ushbu model real vaqt rejimida ishlash tezligi va yuqori aniqlik ko'rsatkichlari bilan ajralib turadi [5]. Modelni o'qitish jarayonida olmalar tasvirlaridan iborat ma'lumotlar bazasi shakllantirildi. Dastlabki ma'lumotlar to'plami turli yoritish sharoitlari va har xil ko'rinishdagi olmalarni o'z ichiga oldi.

Sun'iy intellekt modelining umumlashtirish qobiliyatini oshirish maqsadida augmentatsiya usullaridan foydalanildi. Tasvirlar gorizontaal aylantirish, burish, masshtablash va boshqa transformatsiyalar orqali ko'paytirildi [6]. Bu usul modelning turli holatlardagi mahsulotlarni aniqlash imkoniyatini yaxshiladi.

Tadqiqot davomida olmalar quyidagi sinflarga ajratildi:

- qizil olma;
- yashil olma;
- sariq olma;
- nuqsonli olma.

Har bir sinf uchun alohida yorliqlangan tasvirlar tayyorlandi va modelni o'qitishda foydalanildi. Tasvirlarni belgilash jarayoni obyektlarni aniqlash uchun mo'ljallangan maxsus annotatsiya vositalari yordamida amalga oshirildi [7].

Modelni o'qitish Google Colab muhitida NVIDIA Tesla T4 grafik protsessori yordamida bajarildi. O'qitish jarayonida modelning ishlash aniqligi va yo'qotish qiymatlari muntazam kuzatib borildi. Modelning optimal holatini tanlash uchun bir nechta tajriba sinovlari amalga oshirildi [8].

Saralash tizimining ishlash jarayonida kamera tomonidan olingan tasvirlar real vaqt rejimida qayta ishlanib, sun'iy intellekt modeli orqali tahlil qilindi. Aniqlangan sinf natijasiga qarab boshqaruv tizimi tomonidan mahsulot tegishli yo'nalishga ajratildi. Ushbu yondashuv mahsulotlarni tezkor va avtomatik saralash imkonini berdi [9].

Taklif etilgan tizimning samaradorligini baholash maqsadida aniqlik, ishlash tezligi va nuqsonlarni topish ko'rsatkichlari tahlil qilindi. Natijalar mavjud an'anaviy yondashuvlar bilan taqqoslanib o'rganildi [10].

NATIJALAR

Tadqiqot davomida ishlab chiqilgan sun'iy intellekt asosidagi optik saralash tizimining ishlash samaradorligi tajriba sinovlari orqali baholandi. Tajribalar sanoat konveyeriga yaqinlashtirilgan laboratoriya sharoitida amalga oshirildi. Sinov jarayonida turli rang va yuzaviy holatga ega olmalar tizim orqali uzluksiz o'tkazildi.

YOLOv8 modeli yordamida olmalarni aniqlash va tasniflash real vaqt rejimida bajarildi. Tajribalar davomida tizim olmalarni yuqori aniqlik bilan aniqlashi kuzatildi. Ayniqsa, aylantiruvchi roliklar yordamida olmaning turli tomonlarini kuzatish nuqsonlarni aniqlash samaradorligini oshirdi.

Modelni o'qitish natijasida tasniflash aniqligi yuqori ko'rsatkichlarga erishdi. Tajriba davomida nuqsonli va sog'lom olmalarni ajratish samaradorligi alohida tahlil qilindi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, ko'p tomondan optik kuzatish oddiy bir tomonlama tizimlarga nisbatan ancha yaxshi natija berdi.

Tizimning ishlash tezligi ham sanoat talablariga mos kelishi aniqlandi. Kamera tomonidan uzatilgan tasvirlar sun'iy intellekt modeli orqali qisqa vaqt ichida qayta ishlanib, saralash mexanizmiga uzatildi. Bu esa konveyer harakatini to'xtatmasdan mahsulotlarni avtomatik ajratish imkonini berdi.

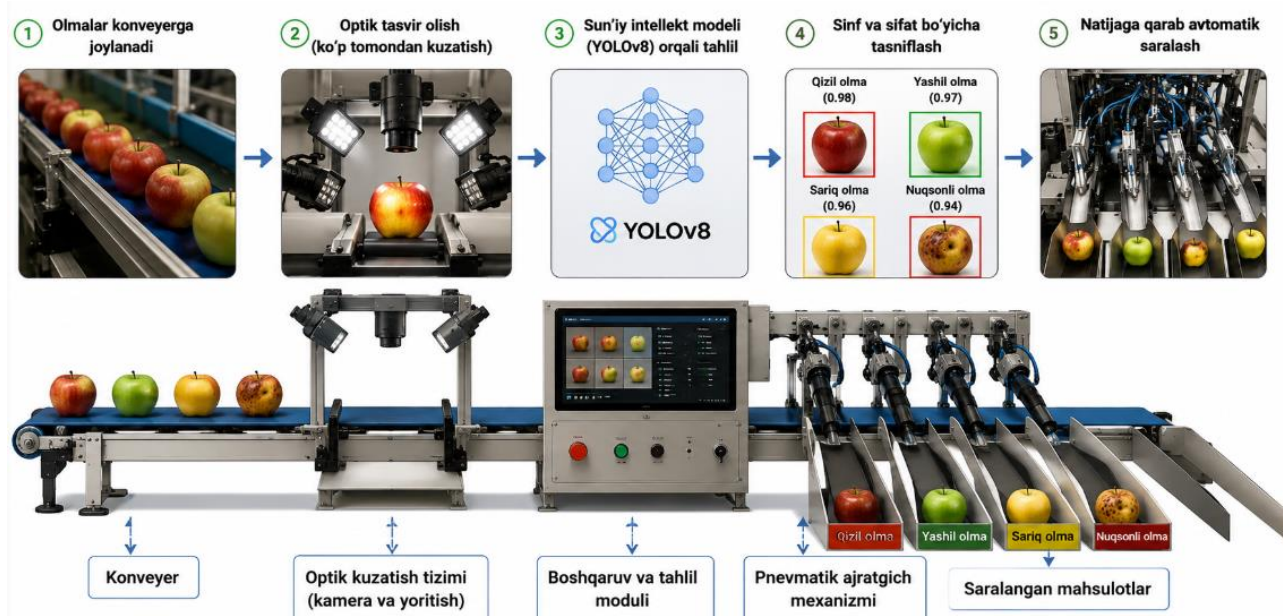
Tajriba natijalari asosida ishlab chiqilgan tizimning asosiy texnik ko'rsatkichlari tahlil qilindi.

1-jadval. Sun'iy intellekt modeli ishlash samaradorligi ko'rsatkichlari

Nº	Ko'rsatkich nomi	Qiymat	Izoh
1.	Model	YOLOv8s	Obyektlarni aniqlash va tasniflash modeli
2.	O'qitish ma'lumotlar bazasi hajmi	6420 ta tasvir	Turli rang va holatdagi olmalar tasvirlari
3.	Tasdiqlash (Validation) tasvirlari	20 %	Ma'lumotlar bazasining tasdiqlash qismi
4.	Sinov (Test) tasvirlari	20 %	Model sinovi uchun ajratilgan qism
5.	O'qitish davri (epoch)	100	Model o'qitilgan sikllar soni
6.	Umumiy aniqlik (mAP@0.5)	96.7 %	Barcha sinflar bo'yicha o'rtacha aniqlik
7.	Precision (Aniqlik)	95.8 %	To'g'ri aniqlangan obyektlar ulushi
8.	Recall (Qamrov)	97.3 %	Aniqlanmagan obyektlar ulushi
9.	Ishlash tezligi	38–42 FPS	Real vaqt rejimida qayta ishlash tezligi
10.	Nuqsonli olmani aniqlash aniqligi	95.1 %	Yuzadagi nuqsonlarni aniqlash samaradorligi

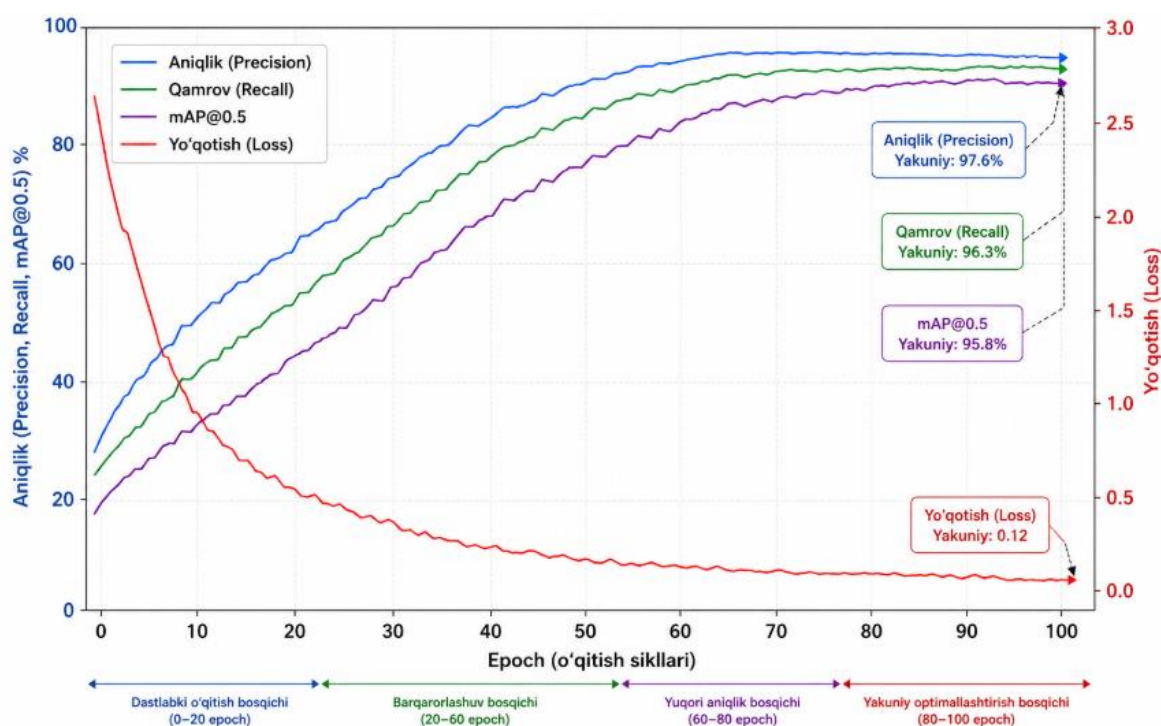
Tadqiqot davomida tizimning turli sharoitlardagi ishlashi ham sinovdan o'tkazildi. Yorug'lik darajasi o'zgarishi, olmalarning har xil joylashuvi hamda yuzadagi turli nuqsonlar modelning ishlashiga ta'siri nuqtai nazaridan baholandi. Barqaror yoritish tizimi qo'llanilganda modelning aniqlik darajasi yuqori saqlanib qoldi.

Shuningdek, aylantiruvchi mexanizm qo'llanilganda nuqsonlarni aniqlash samaradorligi oshgani kuzatildi. Ayrim hollarda oddiy kuzatishda aniqlanmagan kichik nuqsonlar aylantirish jarayonida kamera nazoratiga tushdi. Tizimning ishlash jarayonida mevalarni avtomatik kuzatish va saralash bosqichlari ketma-ket amalga oshirildi.



1-rasm. Olmalarni sun'iy intellekt asosida avtomatik saralash jarayoni

Sun'iy intellekt modelning o'qitish jarayonida aniqlik va yo'qotish ko'rsatkichlari muntazam kuzatib borildi. O'qitish bosqichlari davomida modelning aniqlik darajasi ortib borganligi kuzatildi.



2-rasm. YOLOv8 modelini o'qitish jarayonidagi aniqlik ko'rsatkichlari grafigi

Turli sinfdagi olmalarni tasniflash natijalari alohida baholandi. Tajriba natijalariga ko'ra nuqsonli olmalarni aniqlashda tizim yuqori samaradorlik ko'rsatdi.

2-jadval. Olmalar sinflari bo'yicha tasniflash natijalari

Nº	Sinflar	Namuna tasvir	Aniqlik (Precision) %	Qamrov (Recall) %	F1-score %	Tasdiqlangan namunalar soni	Noto'g'ri klassifikatsiya soni
1.	Qizil olma		95.6	97.2	96.4	1248	56
2.	Yashil olma		96.8	97.1	96.9	1263	48
3.	Sariq olma		95.4	96.3	95.8	1187	58
4.	Nuqsonli olma		94.2	93.6	93.9	1324	86
Jami / O'rtacha		–	95.5	96.0	95.8	5022	248

MUHOKAMA

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, sun'iy intellekt va kompyuter ko'rish texnologiyalarini mevalarni saralash jarayonlariga joriy etish ishlab chiqarish samaradorligini sezilarli darajada oshirish imkonini beradi. Taklif etilgan tizim real vaqt rejimida ishlashi hamda mahsulotlarni yuqori aniqlik bilan tasniflashi orqali an'anaviy saralash usullariga nisbatan ustunlikka ega ekanligi aniqlandi.

Ishlab chiqilgan tizimning asosiy afzalliklaridan biri ko'p tomondan optik kuzatish texnologiyasining qo'llanilishidir. Oddiy bitta kamera asosidagi tizimlarda meva yuzasining ayrim qismlari kamera nazoratidan tashqarida qolishi mumkin. Natijada ayrim nuqsonlar aniqlanmay qoladi. Taklif etilgan tizimda aylantiruvchi roliklar yordamida olmaning turli tomonlari kuzatildi va bu nuqsonlarni aniqlash samaradorligini oshirdi.

YOLOv8 modelining qo'llanilishi tizimning ishlash tezligini oshirish bilan birga aniqlik darajasining ham yuqori bo'lishini ta'minladi. Tadqiqot davomida modelning real vaqt rejimida barqaror ishlashi kuzatildi. Bu esa uni sanoat konveyer tizimlariga integratsiya qilish imkoniyatini beradi.

Shuningdek, tadqiqot davomida barqaror yoritish muhitining ahamiyati ham aniqlandi. Yorug'lik sharoitidagi o'zgarishlar tasvir sifatiga bevosita ta'sir qilishi sababli sun'iy yoritish tizimidan foydalanish modelning ishlash aniqligini saqlab qolishga yordam berdi. Ayniqsa, nuqsonli mahsulotlarni aniqlashda yoritish tizimining to'g'ri tashkil qilinishi muhim omillardan biri bo'ldi.

Tajriba natijalari shuni ko'rsatdiki, ishlab chiqilgan tizim qishloq xo'jaligi mahsulotlarini qayta ishlash korxonalarida qo'llanilishi mumkin. Avtomatlashtirilgan saralash tizimi inson mehnatini kamaytiradi, saralash tezligini oshiradi va mahsulot sifatini barqaror nazorat qilish imkonini beradi.

Biroq tizimning ayrim cheklovlari ham mavjud. Masalan, turli yoritish sharoitlari yoki mevalarning bir-biriga juda yaqin joylashishi ayrim hollarda aniqlash sifatiga ta'sir qilishi mumkin. Bundan tashqari, model samaradorligi foydalanilgan ma'lumotlar bazasining hajmi va

sifatiga bog'liq bo'ladi. Kelgusida tizimni yanada rivojlantirish uchun quyidagi yo'nalishlarda tadqiqot olib borish maqsadga muvofiq hisoblanadi:

- turli meva turlarini aniqlash imkoniyatini kengaytirish;
- segmentatsiya algoritmlarini qo'llash;
- Edge AI texnologiyalarini joriy etish;
- sanoat robotlari bilan integratsiyalash;
- yuqori tezlikdagi konveyer tizimlariga moslashtirish.

Taklif etilgan yondashuv raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt asosida ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirishning amaliy namunasini namoyish etadi hamda zamonaviy aqlli qishloq xo'jaligi tizimlarini rivojlantirishda muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

XULOSA

Mazkur tadqiqotda olmalarni sun'iy intellekt asosida avtomatik saralash tizimi ishlab chiqildi va uning ishlash samaradorligi tahlil qilindi. Tadqiqot jarayonida kompyuter ko'rish texnologiyalari hamda YOLOv8 modeli asosida real vaqt rejimida ishlovchi intellektual tizim yaratildi.

Taklif etilgan tizimda aylantiruvchi roliklar yordamida olmaning turli tomonlarini kuzatish imkoniyati yaratildi. Bu esa meva yuzasidagi nuqsonlarni aniqlash samaradorligini oshirdi. Tajriba natijalari ishlab chiqilgan tizimning yuqori aniqlik va tezlikda ishlashini ko'rsatdi.

Sun'iy intellekt asosidagi saralash tizimi inson omilidan kelib chiqadigan xatolarni kamaytirish, mahsulot sifatini barqaror nazorat qilish hamda ishlab chiqarish samaradorligini oshirish imkonini beradi. Shuningdek, tizim sanoat konveyerlariga integratsiya qilish uchun mos ekanligi aniqlandi.

Tadqiqot natijalari raqamli texnologiyalarni qishloq xo'jaligi mahsulotlarini qayta ishlash jarayonlariga joriy etish istiqbollari yuqori ekanligini ko'rsatadi. Kelgusida tizimni yanada takomillashtirish orqali turli meva turlarini avtomatik saralash imkoniyatlarini kengaytirish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning // *Nature*. – 2015. – Vol. 521. – pp. 436–444.
2. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – MIT Press, 2016.
3. Gonzalez R.C., Woods R.E. Digital Image Processing. – Pearson Education, 2018.
4. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. – Springer, 2022.
5. Redmon J., Farhadi A. YOLOv3: An Incremental Improvement // *arXiv preprint arXiv:1804.02767*. – 2018.
6. Jocher G. et al. Ultralytics YOLOv8 Documentation. – 2023.
7. Kamilaris A., Prenafeta-Boldú F.X. Deep learning in agriculture: A survey // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2018. – Vol. 147. – pp. 70–90.
8. Patel K.K., Kar A., Jha S.N., Khan M.A. Machine vision system: a tool for quality inspection of food and agricultural products // *Journal of Food Science and Technology*. – 2015. – Vol. 49. – pp. 123–141.
9. Uljaev E., Abdixalilov U., Suleymanova S., Tadjitdinov G. Analysis of Methods and Means of Fruit Sorting, Selection of a Rational Method of Fruit Sorting // *International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics*. – 2025. – Issue 22. – Vol. II. – pp. 233–241.
10. Uljaev E., Abdixalilov U. Artificial intelligence-based intelligent sorting of fruits by color // *Innovatsion texnologiyalar*. – 2026. – Vol. 1. – No. 61. – pp. 79–86.