

UO‘K: 004.8:004.93:631.3

## SUN’IY INTELLEKT ASOSIDA MEVALARNI RANGI BO’YICHA SARALASHNI INTELLEKTUALLASHTIRISH

**Uljaev Erkin**<sup>1</sup> - texnika fanlari doktori, professor,  
ORCID: 0000-0001-9614-3724, E-mail: [e.uljaev@mail.ru](mailto:e.uljaev@mail.ru)  
**Abdixalilov O‘lmasjon Ulfat o‘g‘li**<sup>2</sup> - o‘qituvchi,  
ORCID: 0009-0003-8567-2059, E-mail: [u.abdixalilov@kstu.uz](mailto:u.abdixalilov@kstu.uz)

<sup>1</sup>Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent sh., O‘zbekiston

<sup>2</sup>Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi sh., O‘zbekiston

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada Arduino mikrokontrolleri va TCS230 rang sensori asosida meva mahsulotlarini rang xususiyatlariga ko‘ra avtomatik saralash tizimini ishlab chiqish masalalari yoritilgan. Taklif etilgan tizim mevalarning tashqi rang ko‘rsatkichlarini real vaqt rejimida aniqlash, RGB rang komponentlarini qayta ishlash va ularni oldindan belgilangan mezonlar asosida tasniflash imkonini beradi. Tadqiqot qishloq xo‘jaligi va oziq-ovqat sanoatida mahsulot sifatini baholash jarayonlarini avtomatlashtirishga qaratilgan.

Tizimning ishlash algoritmi rang sensoridan olingan ma‘lumotlarni qayta ishlash, infraqizil datchiklar yordamida obyektни aniqlash va mexanik saralash mexanizmini boshqarish bosqichlarini o‘z ichiga oladi. Rang sensorini kalibrlash orqali tashqi yoritish sharoitlarining ta‘siri kamaytirilib, rangni aniqlash aniqligi oshirildi. Tajriba natijalari tizimning barqaror ishlashi va mevalarni rangiga ko‘ra ishonchli saralash imkoniyatini ko‘rsatdi.

Shuningdek, maqolada sun‘iy intellekt elementlari, xususan neyron tarmoqlaridan foydalanish istiqbollari tahlil qilinadi. Rangga asoslangan an‘anaviy chegaraviy usullar bilan solishtirganda, intellektual yondashuvlar rang farqlarini yanada nozik aniqlash imkonini beradi. Tadqiqot natijalari avtomatik meva saralash tizimlarini rivojlantirish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirish uchun amaliy ahamiyatga ega.

**Kalit so‘zlar:** meva saralash, rang sensori, Arduino mikrokontrolleri, avtomatlashtirilgan tizim, RGB rang komponentlari, mexanik saralash, sun‘iy intellekt, real vaqt rejimi.

УДК: 004.8:004.93:631.3

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ СОРТИРОВКИ ФРУКТОВ ПО ЦВЕТУ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

**Ульджаев Эркин**<sup>1</sup> - доктор технических наук, профессор  
**Абдихалилов Улмасжон Улфат угли**<sup>2</sup> - преподаватель

<sup>1</sup>Ташкентский государственный технический университет, г. Ташкент, Узбекистан

<sup>2</sup>Каршинский государственный технический университет, г. Карши, Узбекистан

**Аннотация.** В статье рассматривается разработка автоматической системы сортировки фруктов по цвету на основе микроконтроллера Arduino и цветового сенсора TCS230. Предложенная система предназначена для определения внешних цветовых характеристик плодов в реальном времени, обработки RGB-компонентов и их классификации по заданным критериям. Исследование направлено на автоматизацию процессов оценки качества продукции в сельском хозяйстве и пищевой промышленности.

Алгоритм работы системы включает считывание данных с цветового сенсора, обнаружение объекта с помощью инфракрасных датчиков и управление механическим сортировочным механизмом. Калибровка сенсора позволила снизить влияние внешнего освещения и повысить точность определения цвета. Экспериментальные результаты подтвердили стабильную работу системы и надежность сортировки плодов по цветовому признаку.

Кроме того, в работе проанализированы возможности применения элементов искусственного интеллекта, в частности нейронных сетей. По сравнению с традиционными

пороговыми методами интеллектуальные алгоритмы обеспечивают более точное распознавание цветовых различий. Полученные результаты демонстрируют перспективность использования предложенной системы для повышения эффективности автоматической сортировки плодов.

**Ключевые слова:** сортировка плодов, цветовой сенсор, микроконтроллер Arduino, автоматизированная система, RGB-компоненты цвета, механическая сортировка, искусственный интеллект, обработка в реальном времени

UDC: 004.8:004.93:631.3

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED INTELLIGENT SORTING OF FRUITS BY COLOR

Uljaev, Erkin<sup>1</sup> - Doctor of Technical Sciences, Professor  
Abdikhaliyev, Ulmasjon<sup>2</sup> - Lecturer

<sup>1</sup>Tashkent State Technical University, Tashkent city, Uzbekistan

<sup>2</sup>Karshi State Technical University, Karshi city, Uzbekistan

**Abstract.** *This paper presents the development of an automatic fruit sorting system based on color characteristics using an Arduino microcontroller and a TCS230 color sensor. The proposed system is designed to detect external color features of fruits in real time, process RGB color components, and classify fruits according to predefined criteria. The study focuses on automating quality assessment processes in agricultural and food production sectors.*

*The system operation algorithm includes color data acquisition, object detection using infrared sensors, and control of a mechanical sorting mechanism. Sensor calibration was applied to reduce the influence of external lighting conditions and improve color detection accuracy. Experimental results demonstrated stable system performance and reliable color-based fruit classification.*

*In addition, the paper discusses the potential integration of artificial intelligence techniques, particularly neural networks, to enhance sorting accuracy. Compared to conventional threshold-based methods, intelligent approaches allow more precise discrimination of subtle color differences. The obtained results indicate that the proposed system is a promising solution for improving efficiency and reliability in automatic fruit sorting applications.*

**Key words:** *fruit sorting, color sensor, Arduino microcontroller, automated system, RGB color components, mechanical sorting, artificial intelligence, real-time processing*

### Kirish

Hozirgi davrda qishloq xo'jaligi va oziq-ovqat sanoatida poliz va meva mahsulotlari sifatini tezkor, aniq hamda ishonchli baholash masalasi muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etmoqda. Meva mahsulotlarining sifati, asosan, ularning tashqi ko'rinishi bilan belgilanadi va bunda rang ko'rsatkichi mahsulotning pishganlik darajasi, saqlanish holati hamda bozor talablariga muvofiqligini aniqlashda asosiy mezonlardan biri hisoblanadi [1,2]. Rang o'zgarishlari mevalarda kechadigan biologik va fizik-kimyoviy jarayonlar bilan uzviy bog'liq bo'lib, u mahsulotning iste'molga yaroqliligini baholash imkonini beradi.

Amaliyotda keng qo'llaniladigan an'anaviy qo'lda saralash usullari insonning subyektiv bahosiga asoslanadi. Ushbu usullar yuqori mehnat sarfi, past ish unumdorligi va inson omiliga bog'liq xatoliklar bilan tavsiflanadi [3]. Katta hajmdagi mahsulotlarni saralash jarayonida bunday kamchiliklar ishlab chiqarish samaradorligining pasayishiga olib keladi.

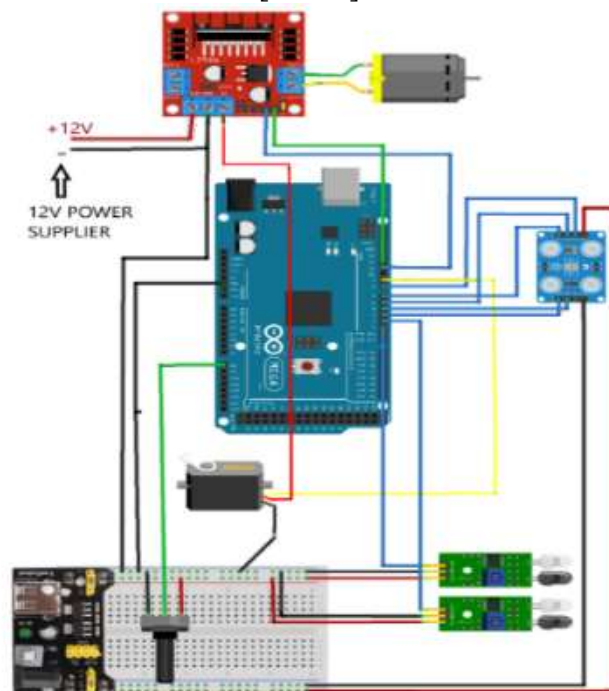
So'nggi yillarda mikroelektronika, sensor texnologiyalari va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarining jadal rivojlanishi meva mahsulotlarini saralash jarayonlarini avtomatlashtirish imkoniyatlarini kengaytirdi [4]. Xususan, ochiq platformali Arduino mikrokontrollerlari va rang sensorlari yordamida mevalarning rang xususiyatlarini real vaqt rejimida aniqlash va ularni avtomatik ravishda sinflarga ajratish mumkin [5]. Bunday tizimlar nisbatan arzonligi, moslashuvchanligi va konstruksion soddaligi bilan ajralib turadi.

Rang sensorlariga asoslangan avtomatik saralash tizimlarida rang ma'lumotlarini yig'ish, qayta ishlash va tahlil qilish muhim bosqich hisoblanadi. Sensorlardan olingan signal asosida qaror qabul qilish algoritmini to'g'ri shakllantirish tizimning umumiy aniqligi va ishonchligini belgilovchi asosiy omillardan biridir [6]. Shu bilan birga, rang sensorlarini to'g'ri kalibrlash va tashqi yorug'lik omillarini hisobga olish saralash sifatini sezilarli darajada oshiradi [7].

Mazkur tadqiqotning maqsadi Arduino mikrokontrolleri va rang sensorlari asosida poliz-meva mahsulotlarini rang xususiyatlariga ko'ra avtomatik saralash tizimini ishlab chiqish hamda uning ishlash algoritmini loyihalashdan iborat. Tadqiqot doirasida rang ma'lumotlarini aniqlash, qayta ishlash, saralash mexanizmini boshqarish va kelgusida sun'iy intellekt elementlarini qo'llash imkoniyatlari tahlil qilinadi [8–10]. Tadqiqot natijalari meva mahsulotlarini saralash jarayonini avtomatlashtirish, mahsulot sifatini yaxshilash va ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga xizmat qilishi kutilmoqda.

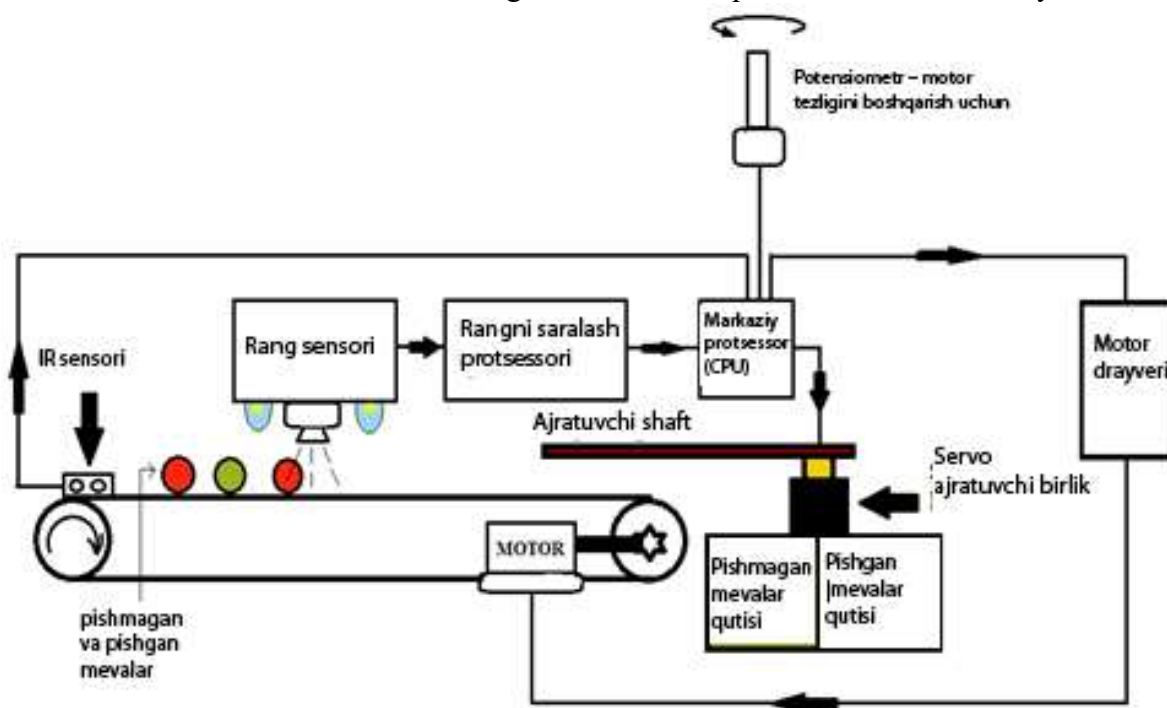
### Methods (Tadqiqot usullari)

Ushbu tadqiqotda poliz va meva mahsulotlarini rang xususiyatlariga ko'ra avtomatik saralash tizimini ishlab chiqish hamda uni eksperimental sinovdan o'tkazish maqsad qilib olindi. Tadqiqot obyekti sifatida Arduino mikrokontrolleri, TCS230 rang sensori hamda mexanik saralash mexanizmlariga asoslangan avtomatlashtirilgan tizim tanlandi. Bunday yondashuv meva mahsulotlarining tashqi rang ko'rsatkichlarini real vaqt rejimida aniqlash va ularni avtomatik tasniflash imkonini beradi [11]. Tadqiqot jarayonida mevalarning rang ko'rsatkichlarini aniqlash, olingan ma'lumotlarni qayta ishlash va saralash bo'yicha qaror qabul qilish algoritmi ishlab chiqildi. Eksperimental tadqiqotlar turli xil mevalar, jumladan olma, apelsin, nok va banan namunalarda olib borildi. Har bir meva turi rangning tabiiy o'zgaruvchanligini hisobga olgan holda bir nechta namunalar asosida sinovdan o'tkazildi. Ushbu yondashuv rang sensorlariga asoslangan tizimlarning ishonchligini baholash va saralash aniqligini oshirishga xizmat qildi [12]. Tizimning strukturaviy tuzilishi rang ma'lumotlarini yig'ish moduli, Arduino asosidagi boshqaruv bloki, signalni qayta ishlash algoritmi va mexanik ijro mexanizmidan iborat. Ushbu komponentlarning o'zaro integratsiyasi natijasida mevalarni real vaqt rejimida rangiga qarab avtomatik saralash imkoniyati yaratildi. Tizim tarkibiga Arduino mikrokontrolleri, TCS230 rang sensori, infraqizil (IR) datchiklar, servo va doimiy tok (DC) motorlari, konveyer mexanizmi hamda displey yoki ketma-ket monitor orqali ma'lumotlarni chiqarish moduli kiradi. Ushbu apparat vositalari birgalikda avtomatlashtirilgan va modulli saralash tizimini shakllantiradi [11, 12].



1-rasm. Mevalarni saralash tizimining strukturaviy sxemasi.

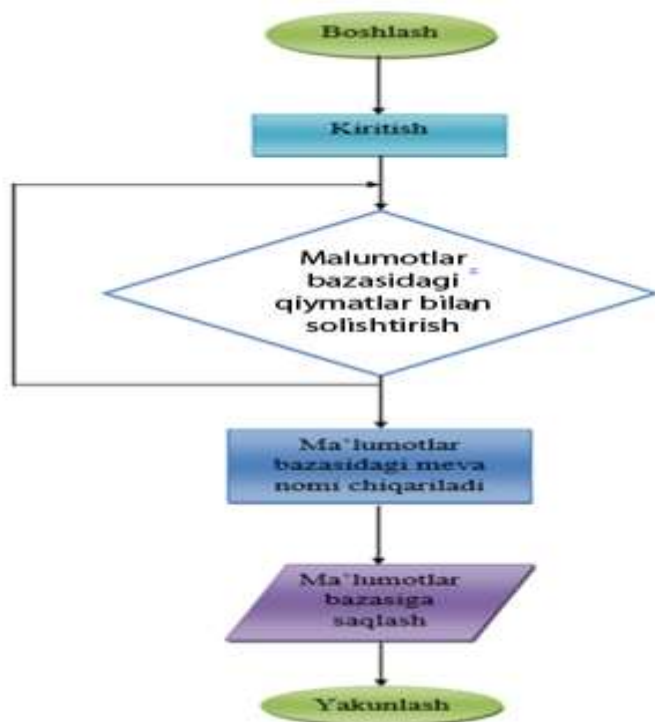
1-rasmda mevalarni saralash tizimining strukturaviy sxemasi keltirilgan. Tizimning ishlash prinsipi: mevalarni konveyer lentasi orqali rangni aniqlash modulidan ketma-ket o'tkazishga asoslanadi. Dastlab infraqizil datchiklar yordamida mevaning mavjudligi aniqlanadi va ushbu signal asosida konveyer lentasining harakati boshqariladi. Meva rangni aniqlash zonasiga yetib kelganda, TCS230 rang sensori orqali qizil (R), yashil (G) va ko'k (B) spektr komponentlarining sonli qiymatlari o'lchanadi. Olingan rang ma'lumotlari Arduino mikrokontrolleri tomonidan real vaqt rejimida qayta ishlanib, oldindan belgilangan chegaraviy (threshold) qiymatlar bilan taqqoslanadi. Tahlil natijalariga ko'ra, boshqaruv signali shakllantiriladi va servo ijro mexanizmi faollashtiriladi. Natijada meva o'zining rang xususiyatlariga mos ravishda belgilangan yo'nalishga avtomatik tarzda yo'naltiriladi. Ushbu ketma-ketlik tizimning uzluksiz va barqaror ishlashini ta'minlaydi.



2-rasm. Poliz, meva mahsulotlarini saralash tizimning ishlash prinsipi.

2-rasmda poliz, meva mahsulotlarini saralash tizimning ishlash prinsipi keltirilgan, **algoritmni loyihalash:** Mevalarni rangiga qarab saralash algoritmi ketma-ket bosqichlar asosida ishlab chiqildi. Algoritmning asosiy bosqichlari quyidagilardan iborat: 1. Mevalarni saralash uchun tayyorlash va konveyerga joylashtirish (pishmagan va pishgan mevalar); 2. Rang sensoridan ma'lumotlarni o'qish (IR sensori); 3. Olingan rang qiymatlarini qayta ishlash (rangni saralash protsessori); 4. Rang ma'lumotlarini tahlil qilish va tasniflash (markaziy protsessor (CPU), Potensiometr); 5. Saralash bo'yicha qaror qabul qilish; 6. Saralash mexanizmini boshqarish; 7. Natijalarni ko'rsatish yoki uzatish.

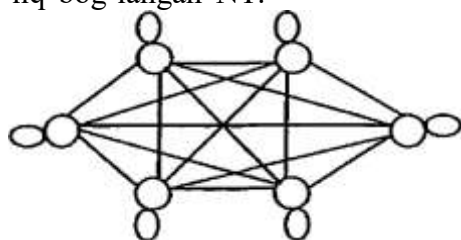
Quyida keltirilgan 3-rasmda tizimning ishlash algoritmi ko'rsatilib o'tilgan, rang sensorini kalibrlash: Rangni aniqlash jarayonining aniqligini ta'minlash maqsadida rang sensori dastlabki kalibrlashdan o'tkazildi. Kalibrlash jarayonida har bir meva turi uchun qizil (R), yashil (G) va ko'k (B) rang komponentlarining o'rtacha qiymatlari aniqlanib, statistik tahlil qilindi. Olingan natijalar asosida saralash algoritmidagi qo'llaniladigan chegaraviy diapazonlar shakllantirildi. Kalibrlash ishlari eksperimental sinovlar asosida amalga oshirilib, tashqi yoritish sharoitlarining o'zgarishi hamda mevalarning rangdagi tabiiy farqlari hisobga olindi. Ushbu yondashuv rangni aniqlashdagi xatoliklarni kamaytirishga va qaror qabul qilish algoritmining barqaror ishlashini ta'minlashga xizmat qildi. Natijada, kalibrlash jarayoni tizimning umumiy ishonchliligi va saralash aniqligini oshirishda muhim omil sifatida namoyon bo'ldi. Algoritm bo'yicha dasturiy ta'minotni ishlab chiqilgan.



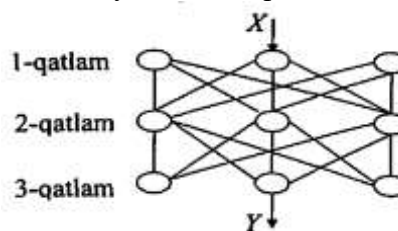
**3-rasm. Tizimning ishlash algoritmi.**

**Sun'iy intellekt elementlaridan foydalanish.** Neyron tarmoqlarini ikki asosiy: to'liq bog'langan va iyerarxikli turlariga ajratadi To'liq bog'langan neyron tarmoqlar - bu har bir neyronning chiqishi barcha boshqa neyronlar kirishlari bilan, uning kirishlari esa qolgan neyronlar chiqishlari bilan bog'langan tarmoq. Bundan tashqari har bir neyronning chiqishi uning kirishiga ulangan bo'ladi ("o'z - o'ziga bog'lanish"). N neyronlardan iborat bo'lgan to'liq bog'langan neyron tarmoqda bog'lanish soni  $N * N$  teng.

a) To'liq bog'langan NT.

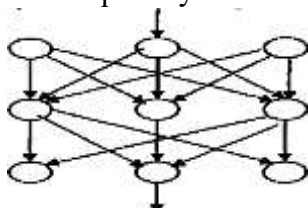


b) Iyerarxikli neyron tarmoq

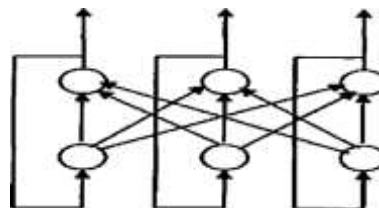


**4-rasm. Neyron tarmoqlarining turlari**

4-rasmda Neyron tarmoqlarining turlari ko'rsatilgan, iyerarxikli neyron tarmoq — bu neyron guruhlarining ma'lum darajalar va qatlamlar bo'yicha iyerarxik tarzda joylashgan tuzilmasidir. Bunday neyron tarmoqlarda har bir qatlamdagi neyronlar oldingi va keyingi qatlamlardagi neyronlar bilan o'zaro bog'langan bo'lib, axborot uzatish jarayoni qatlamlar orqali ketma-ket amalga oshiriladi [13]. Iyerarxikli neyron tarmoq tarkibida kirish va chiqish qatlamlari mavjud bo'lib, ular tashqi muhit bilan to'g'ridan-to'g'ri aloqada bo'ladi. Ichki (yashirin) qatlamlar esa kirish ma'lumotlarini qayta ishlash, xususiyatlarni ajratib olish va ularni yuqori darajadagi tasniflash uchun xizmat qiladi. Ushbu tuzilma murakkab ma'lumotlarni samarali modellashtirish imkonini beradi [14]. Bog'lanishlar yo'nalishiga ko'ra neyron tarmoqlar teskari aloqasiz (feed-forward) va teskari aloqali (feed-back) turlarga ajratiladi. Feed-forward neyron tarmoqlarda axborot faqat kirish qatlamidan chiqish qatlamiga tomon uzatiladi va teskari bog'lanishlar mavjud bo'lmaydi. Feed-back neyron tarmoqlarda esa chiqish signallari oldingi qatlamlarga qayta uzatilishi mumkin bo'lib, bu tarmoqning dinamik holatini va xotira xususiyatlarini shakllantiradi [13,14]. 5-rasmda teskari aloqasiz neyron tarmog'i, 6-rasmda teskari aloqali neyron tarmog'i ko'rsatilgan.

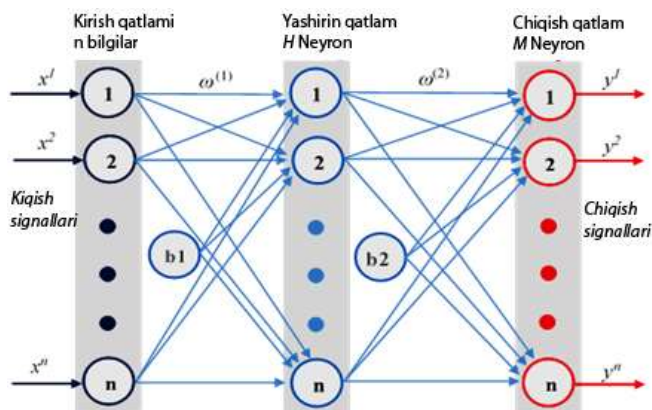


**5-rasm. Teskari aloqasiz neyron tarmoq.**



**6-rasm. Teskari aloqali neyron tarmog'i.**

**Neyron tarmoqning o'rgatish usullari tasnifi.**



**7-rasm. Bitta yashirin qatlamdan tashkil topgan ko‘p qatlamli neyron tarmog‘i.**

7-rasmda bitta yashirin qatlamdan tashkil topgan ko‘p qatlamli neyron tarmog‘i ko‘rsatilgan, Tajriba davomida olma, apelsin, nok, banan va boshqalar kabi turli xil mevalar ishlatilgan. Har bir meva turi bir xil turdagi rangning mumkin bo‘lgan o‘zgarishlarini hisobga olish uchun bir nechta namunalar bilan ifodalangan. Tajribaning birinchi bosqichi rang sensorini kalibrlash edi. Bu bizga har bir meva turi uchun boshlang‘ich qiymatlarni belgilash va saralash algoritmidan ishlatiladigan chegara qiymatlarini aniqlash imkonini beradi.

### Natijalar

Tajriba sharoitlari va sinov jarayoni: Tajriba ishlari Arduino mikrokontrolleri va TCS230 rang sensori asosida ishlab chiqilgan meva saralash qurilmasida amalga oshirildi. Sinovlar laboratoriya sharoitida, barqaror yoritish muhitida o‘tkazildi. Tajriba davomida olma, apelsin, nok va banan kabi turli xil mevalar tanlab olindi. Har bir meva turi rangning tabiiy o‘zgaruvchanligini hisobga olish maqsadida bir nechta namunalar asosida sinovdan o‘tkazildi [11].

Mevalar konveyer mexanizmi orqali rang sensori oldidan ketma-ket uzatildi va har bir meva uchun rang ma’lumotlari real vaqt rejimida yig‘ildi. Infraqizil (IR) sensorlar yordamida mevalarning joylashuvi aniqlanib, o‘lchov jarayoni sinxronlashtirildi, bu esa o‘lchash aniqligini oshirishga xizmat qildi [12].

Rang sensorini kalibrlash natijalari: Tajribaning dastlabki bosqichida rang sensori kalibrlashdan o‘tkazildi. Har bir meva turi uchun qizil (R), yashil (G) va ko‘k (B) rang komponentlarining chastota qiymatlari o‘lchandi. Kalibrlash jarayonida mevalarning rang xususiyatlariga mos keluvchi chegaraviy diapazonlar aniqlanib, saralash algoritmiga kiritildi [11].

Olingan kalibrlash natijalari rangni aniqlashda sensorning barqaror ishlashini ta’minladi va tashqi yoritish omillarining ta’sirini kamaytirdi. Kalibrlashsiz holat bilan solishtirganda rangni aniqlash aniqligining sezilarli darajada oshgani tajriba natijalarida kuzatildi [12].

Mevalarni rangiga ko‘ra tasniflash natijalari: Saralash algoritmi asosida mevalar rangiga qarab tegishli sinflarga ajratildi. TCS230 rang sensori tomonidan o‘lchangan RGB chastota qiymatlari oldindan belgilangan chegara qiymatlar bilan solishtirildi. Natijada mevalarning asosiy ranglari muvaffaqiyatli aniqlanib, mos yo‘nalishlarga saralandi [11]. Ayniqsa, olma mevalarini qizil va yashil ranglarga ajratishda yuqori aniqlik qayd etildi. Servo mexanizm tomonidan amalga oshirilgan mexanik saralash jarayoni barqaror ishladi va noto‘g‘ri yo‘naltirish holatlari minimal darajada bo‘ldi. Ranglarni aniqlash va saralash jarayoni real vaqt rejimida bajarilib, tizimning tezkorligi va amaliy qo‘llanilishi mumkinligini namoyon etdi [12].

Saralash mexanizmining ishlash natijalari: Saralash jarayonida servo va DC motorlar yordamida mevalar mos pozitsiyalarga uzatildi. Konveyerning ishga tushishi va to‘xtashi infraqizil sensorlar orqali boshqarildi. Tajribalar davomida mexanik tizimning uzluksiz va ishonchli ishlashi kuzatildi. Saralash mexanizmining ishlashi rangni aniqlash algoritmi bilan sinxron ravishda amalga oshirildi. Bu esa mevalarning noto‘g‘ri joyga tushib ketish ehtimolini kamaytirdi. Mexanik tizim kichik hajmdagi ishlab chiqarish sharoitlari uchun yetarli darajada samarali ekanligi aniqlandi.

Tizimning umumiy samaradorligi: O‘tkazilgan tajribalar natijalari Arduino va rang sensorlariga asoslangan meva saralash tizimining yuqori samaradorligini ko‘rsatdi.

- rangni aniqlashda barqaror natijalar berdi;
- real vaqt rejimida ishladi;
- mexanik saralash jarayonini avtomatlashtirdi;
- inson omiliga bog‘liq xatoliklarni kamaytirdi.

Shuningdek, tizimning soddaligi va modulliligi uni turli meva turlariga moslashtirish imkonini berdi. Rang sensorini qayta kalibrlash orqali yangi meva turlari uchun ham tizimni qo‘llash mumkinligi aniqlandi. Sun‘iy intellektdan foydalanish imkoniyatlari bo‘yicha natijalar. Tajriba davomida an‘anaviy chegaraviy qiymatlar asosidagi rang tasnifi bilan bir qatorda sun‘iy intellekt, xususan neyron tarmoqlaridan foydalanish imkoniyati ham baholandi. Nazariy tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, ko‘p qatlamli neyron tarmoqlar ranglarning nozik farqlarini aniqlashda yuqori aniqlikni ta‘minlashi mumkin. Bu yondashuv kelgusida rang o‘zgarishlari keng bo‘lgan mevalar uchun saralash aniqligini oshirish imkonini beradi va tizimni yanada intellektual qilishga xizmat qiladi.

Natijalar bo‘yicha umumiy xulosa: O‘tkazilgan tajribalar natijasida ishlab chiqilgan meva saralash tizimi rang bo‘yicha samarali va ishonchli ishlashi isbotlandi. Kalibrlangan rang sensori, to‘g‘ri ishlab chiqilgan algoritm va mexanik saralash mexanizmining uyg‘un ishlashi tizimning umumiy samaradorligini ta‘minladi. Ushbu natijalar meva mahsulotlarini avtomatik saralash tizimlarini ishlab chiqishda Arduino va rang sensorlaridan foydalanish istiqbolli ekanligini ko‘rsatadi.

### **Muhokama**

Olingan natijalarni tahlil qilish: Mazkur tadqiqot doirasida Arduino mikrokontrolleri va TCS230 rang sensori asosida ishlab chiqilgan meva mahsulotlarini rang bo‘yicha avtomatik saralash tizimining ishlash samaradorligi baholandi. O‘tkazilgan laboratoriya sinovlari natijalari tizimning barqaror va ishonchli ishlashini ko‘rsatdi. Rang sensori orqali olingan RGB komponentlarining chastota qiymatlari asosida mevalarni sinflarga ajratish usuli amaliy jihatdan samarali ekanligi tasdiqlandi. Natijalar tahlili rang bo‘yicha saralash jarayonida sensorni to‘g‘ri kalibrlash muhim ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi. Kalibrlash amalga oshirilgan holatda rangni aniqlash aniqligi sezilarli darajada oshib, tizim tomonidan qabul qilingan qarorlarning ishonchligi ta‘minlandi. Ushbu holat ilgari olib borilgan tadqiqotlar natijalari bilan mos kelib, rang sensorlariga asoslangan tizimlarda tashqi yoritish sharoitlari hamda rang diapazonlarini oldindan aniqlash muhim omil ekanligini tasdiqlaydi.

Rang sensoriga asoslangan yondashuvning afzalliklari: TCS230 rang sensori asosida rangni aniqlashning asosiy ustunligi uning konstruktiv soddaligi va real vaqt rejimida ishlash imkoniyati bilan bog‘liq. Tadqiqotda qo‘llanilgan yondashuv hisoblash resurslariga kam talab qo‘yadi, bu esa xotira va ishlash tezligi cheklangan Arduino kabi mikrokontrollerlar uchun muhim hisoblanadi. Rang sensoriga asoslangan tizimlar mashinani ko‘rish texnologiyalariga nisbatan arzonroq va dasturiy hamda apparat jihatdan soddaroq joriy etilishi bilan ajralib turadi. Ushbu xususiyatlar rangga asoslangan avtomatik saralash tizimlarini kichik va o‘rta hajmdagi fermer xo‘jaliklari hamda mahalliy ishlab chiqarish liniyalari uchun amaliy jihatdan qulay yechimga aylantiradi. Tadqiqot natijalari rang bo‘yicha saralash tezkor va iqtisodiy samarador yechim ekanligini ko‘rsatdi. Cheklovlar va aniqlangan muammolar: Shu bilan birga, tadqiqot jarayonida bir qator cheklovlar ham aniqlandi. Eng muhim muammolardan biri tashqi yoritish sharoitlarining rangni aniqlash aniqligiga sezilarli ta‘sir ko‘rsatishidir. Tajribalar barqaror yoritish sharoitida o‘tkazilgan bo‘lsa-da, real ishlab chiqarish muhitida tabiiy yorug‘likning o‘zgarishi yoki soylanish holatlari natijalarning aniqligini pasaytirishi mumkin.

Bundan tashqari, rang sensoriga asoslangan tizim mevaning faqat tashqi rang xususiyatlarini baholaydi. Mevalardagi mexanik shikastlanishlar, yuzadagi dog‘lar yoki chirish jarayonlari rang jihatidan aniq farq qilmagan hollarda sensor tomonidan aniqlanmasligi mumkin. Ushbu holatlar rangga asoslangan saralash tizimlarining funksional imkoniyatlarini cheklaydi. Mexanik saralash tizimi bilan bog‘liq muhokama: Mexanik saralash mexanizmining rangni aniqlash algoritmi bilan sinxron ishlashi tizimning umumiy samaradorligini oshirdi. Servo mexanizmlar yordamida mevalarning yo‘naltirilishi tajriba davomida ishonchli tarzda amalga oshirildi. Shu bilan birga, mevalarning shakli va o‘lchamidagi farqlar mexanik xatoliklar yuzaga kelish ehtimolini oshirishi mumkin.

Olingan natijalar mexanik saralash tizimini yanada takomillashtirish zarurligini ko'rsatadi. Jumladan, mevalarning o'lchamini aniqlovchi qo'shimcha sensorlar yoki moslashuvchan yo'naltiruvchi mexanizmlarni joriy etish mexanik aniqlikni oshirish imkonini beradi.

Boshqa tadqiqotlar bilan solishtirish: Mazkur tadqiqot natijalari mashinani ko'rish va kamera asosidagi meva saralash tizimlari bilan solishtirilganda, aniqlik darajasi jihatidan nisbatan past bo'lishi mumkin. Biroq taklif etilgan tizim soddaligi, arzonligi va kam hisoblash resurslari talab qilishi bilan ustunlik qiladi. Kamera va sun'iy intellektga asoslangan tizimlar murakkab algoritmlar va yuqori narxdagi apparat vositalarini talab etadi. Shu nuqtai nazardan, rang sensoriga asoslangan yondashuv meva saralash jarayonlarini avtomatlashtirishning boshlang'ich bosqichi uchun maqbul yechim sifatida qaralishi mumkin. Tadqiqot natijalari ushbu yondashuvning amaliy samaradorligini tasdiqlaydi.

Sun'iy intellekt integratsiyasi istiqbollari: Tahlil natijalari kelgusida rang sensorlaridan olingan ma'lumotlarni sun'iy intellekt algoritmlari bilan integratsiya qilish orqali tizim aniqligini oshirish mumkinligini ko'rsatadi. Neyron tarmoqlar rang komponentlaridagi murakkab va nozik farqlarni aniqlashda an'anaviy chegaraviy usullarga nisbatan yuqori samaradorlikka ega. Shuningdek, kamera asosidagi tasvirlarni qayta ishlash texnologiyalarini qo'llash mevalarning rangidan tashqari shakli, o'lchami va yuzadagi nuqsonlarini aniqlash imkonini beradi. Bu esa kompleks va ko'p parametrlilik meva saralash tizimlarini yaratish uchun istiqbolli yo'nalish hisoblanadi.

Muhokama bo'yicha umumiy xulosa: Umuman olganda, o'tkazilgan tadqiqot natijalari Arduino mikrokontrolleri va rang sensorlari asosida ishlab chiqilgan avtomatik meva saralash tizimi amaliy jihatdan samarali ekanligini ko'rsatdi. Muhokama davomida aniqlangan afzalliklar va cheklovlar tizimni yanada rivojlantirish va takomillashtirish yo'nalishlarini belgilab berdi. Olingan natijalar arzon, moslashuvchan va keng qo'llanilishi mumkin bo'lgan avtomatik saralash tizimlarini ishlab chiqish uchun ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

### **Xulosa**

Ushbu tadqiqotda Arduino mikrokontrolleri va TCS230 rang sensori asosida meva mahsulotlarini rang xususiyatlariga ko'ra avtomatik saralash tizimi ishlab chiqildi va laboratoriya sharoitida tajriba yo'li bilan baholandi. O'tkazilgan sinovlar tizimning real vaqt rejimida barqaror ishlashini hamda turli meva turlarini rangiga qarab samarali tasniflay olishini ko'rsatdi.

Tadqiqot jarayonida RGB rang komponentlarining chastota qiymatlariga asoslangan saralash algoritmi amaliy jihatdan o'zini oqladi. Rang sensorini dastlabki kalibrash orqali aniqlik darajasi sezilarli darajada oshirilib, tashqi yoritish omillarining salbiy ta'siri kamaytirildi. Rangni aniqlash algoritmi mevalarning tabiiy rang farqlarini hisobga olgan holda to'g'ri tasniflash imkonini berdi.

Mexanik saralash mexanizmi va rangni aniqlash algoritmining o'zaro uyg'un ishlashi mevalarni avtomatik yo'naltirishni ta'minladi. Tajribalar davomida mexanik tizimning uzluksiz va ishonchli ishlashi kuzatilib, ishlab chiqilgan qurilmaning kichik va o'rta hajmdagi saralash jarayonlari uchun mosligi tasdiqlandi.

Shu bilan birga, rangga asoslangan saralash tizimi faqat mevaning tashqi rang xususiyatlarini baholashi bilan cheklangan. Mevaning ichki sifati yoki rang jihatidan kam farqlanuvchi nuqsonlarni aniqlash imkoniyati cheklanganligi kelgusida tizimni yanada rivojlantirish zarurligini ko'rsatadi. Shu sababli, kelajakdagi tadqiqotlarda rang sensorlarini sun'iy intellekt algoritmlari va kamera asosidagi mashinani ko'rish texnologiyalari bilan integratsiya qilish tavsiya etiladi.

Xulosa qilib aytganda, ushbu tadqiqot Arduino va rang sensorlari asosida avtomatik meva saralash tizimlarini ishlab chiqish va amaliyotga joriy etish uchun muhim ilmiy va texnik asos yaratadi. Olingan natijalar qishloq xo'jaligi mahsulotlarini qayta ishlash jarayonlarini avtomatlashtirishda samarali, iqtisodiy jihatdan maqbul va moslashuvchan yechimlar ishlab chiqishga xizmat qiladi.

### **Adabiyotlar**

- [1] Blasco J., Cubero S., Moltó E. Vision-based quality inspection of fruits and vegetables. *Biosystems Engineering*, 2018, 176, pp. 97–108.

- [2] 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.
- [3] 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*, 2018, 55(6), pp. 1974–1989.
- [4] Uljaev E., Abdixalilov O‘.U. Sun‘iy intellekt asosida meva saralash tizimlarini takomillashtirish: mexanik va optik usullar tahlili. *The Role and Prospects of Modeling in the Processes of Digital Transformation: Xalqaro ilmiy va ilmiy-texnik konferensiya materiallari, 1-qism*, Namangan: Namangan davlat texnika universiteti, 2025, 4–5-dekabr.
- [5] Kumar S., Singh R. Arduino-based low-cost color sensing system for agricultural applications. *IEEE Sensors Journal*, 2020, 20(12), pp. 6789–6796.
- [6] Perez-Borrero I., et al. Fruit quality assessment using color and vision-based systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2020, 175, 105–118.
- [7] Li J., Rao X., Ying Y. Calibration methods for color sensors in agricultural product grading. *Sensors*, 2021, 21(8), 2674.
- [8] Kamilaris A., Prenafeta-Boldú F.X. Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2018, 147, pp. 70–90.
- [9] Mohanty S.P., Hughes D.P., Salathé M. Using deep learning for image-based plant disease detection. *Frontiers in Plant Science*, 2019, 10, 272.
- [10] Lu Y., Yi S., Zeng N. Identification of fruit ripeness based on color features and machine learning. *Measurement*, 2022, 187, 110–118.
- [11] Gonzales R. C., Woods R. E. *Digital Image Processing*. 4th ed., Pearson Education, New York, 2018.
- [12] Jayaraman S., Esakkirajan S., Veerakumar T. *Digital Image Processing*. Tata McGraw-Hill Education, New Delhi, 2011.
- [13] Haykin S. *Neural Networks and Learning Machines*. 3rd ed., Pearson Education, New York, 2009.
- [14] Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. *Deep Learning*. MIT Press, Cambridge, 2016.