

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 1 (2025)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/PXLE1275>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Омарова А. Р.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

<https://doi.org/10.48081/FICU9991>***Д. А. Ауезханов¹, Е. Ж. Сарсикеев², А. Д. Мехмиев³**^{1,2,3}Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана¹ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4164-1033>²ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7209-5024>³ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2633-3976>*e-mail: daueyzkhanov@gmail.com

ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ

В обзорной статье рассматриваются современные технологии сортировки плодов и овощей с использованием оптических методов. Сортировка сельскохозяйственной продукции имеет решающее значение для сохранения их качества и конкурентоспособности на рынке, для повышения продовольственного оборота. В обзоре рассматриваются современные тенденции и достижения в оптической сортировке. Обзор включает основные методы и их применение в реальном производстве. В обзоре показано влияние оптических методов на повышение устойчивости сельскохозяйственных процессов и снижение потерь продукции. Обоснованы преимущества, определены проблемы и перспективы использования этой технологии в сельском хозяйстве. В статье рассматриваются новейшие достижения в этой области, анализируются практические примеры внедрения технологий в производство, а также обсуждаются их преимущества, проведены классификация методов разработанных решений. Данный обзор может быть полезным для исследователей, инженеров и производителей, которые хотят узнать больше об использовании оптических методов в процессах сортировки овощей и плодов.

Ключевые слова: сортировка, оптический анализ, оптические методы, плоды и овощи, сортировка плодов, качество продукции

Введение

На сегодняшний день аграрная промышленность является одним из главных источников доходов во многих странах. Благодаря развитию

технологий аграрная промышленность развивается каждый день. С помощью этих технологий стало возможным автоматизировать многие процессы, но возникла проблема с сортировкой сельскохозяйственных продуктов по их качеству. На сегодняшний день несколько предлагаются различные технологии с использованием оптических методов для сортировки плодов и овощей. В данной обзорной статье рассматриваются современные решения, которые предлагают свои технологии для сортировки продуктов и научные статьи, которые описывают современные решение данной проблемы.

Материалы и методы

Проведен анализ научных статей от всемирно признанных изданий Scopus и Google Scholar. Анализ заключается в следующем, были отобраны статьи объединенной общей тематикой и направлением исследования. Из выбранного массива была сделана классификация для разделение по тематическим направлениям. Это позволило подготовить определенный задел для получения первичной информации который будет использован в данном обзоре.

Оценка качества овощей производится с использованием неразрушающих методов, которые являются одними из самых основных тем в сельскохозяйственном производстве. В работе отражены некоторые проблемы с оценкой качества и отразили собственные результаты исследования по данной теме [1, с. 323–379]. Здесь же имеется информация, посвященная методам контроля качества и оценке характеристик плодов. В исследовании использовались оптические методы для распознавания зрелости и спелости овощей, разработка сортировочной машины для онлайн измерения качества, что не отражает полноты картины качества тестируемых овощей.

На сегодняшний день одной из самых популярных форм исследования повреждений картофеля является использование оптических методов. Для этого используются оптический метод, который фотографирует кожу картофеля и обрабатывает изображение под разными углами. После этого изображение сравнивается с базой данных на наличие заболеваний и повреждение на картофеле. В заключение по результатам исследования авторы утверждают что точность поиска дефектов составляет 93,1 %. В статье [2, с. 1188] проводятся исследование для автоматизации работы по поиске дефектов, что позволит повысить точность распознавания и уберет человеческие фактор во время сортировки.

Процесс исследования различные оптических и механических методов для измерения твердости сельскохозяйственных продуктов был проведен в статье [3, с. 4009–4039]. В исследовании провели множества исследования множественными методами, к которым относится спектроскопии видимого/ближнего инфракрасного диапазона (Vis/NIR), гиперспектральной

или мультиспектральной визуализации (HIS/MSI) и другие, а также виды механических методов, включая несколько методов, таких как микродеформация, измерения вибрации, реакция на акустический удар, удар при падении, удар молотком и ультразвуковые методы. В данной статье подробно обсуждаются фундаментальные принципы, а также измеренные характеристики механических и оптических методов измерения твердости фруктов. Результаты исследования восполняют недостаток знания в области распознавания с использованием оптических и механических методов.

Исследование в области сортировки с помощью компьютерного зрения проводится очень давно. С помощью данного исследования показываются ценность машинного обучения для сферы питания. Так же в данной статье подмечаются о полезности распознавания продуктов для здорового образа жизни, по причине возможности машинного обучения для анализа продуктов пищевой ценности и безопасности пищевых продуктов, так же для подсчёта калории, белков, углеводов и других. Одной из главных проблем которых описываются в статье является создание точной и надежной системы, по причине невозможности распознавания качества продуктов на основе изображения [4, с. 323–379].

Имеется публикация, посвященная опыту использования мобильных для распознавания продовольственных продуктов и подсчета калорий, углеводов и других рассматривается в статье [5, с. 59]. Благодаря характеристикам мобильных камер производится подсчет калорий, углеводов и других свойств продуктов. В работе подмечаются доступность данной технологии по причине массовости распространение смартфонов функции, которых позволяет выполнять множества различных операции. Одной из главных проблем в данном исследовании, которая выделили сами авторы является недоверия к компьютерному зрению и отсутствие объяснения того, как они получают свои классификации или оценки объема и теплотворной способности. Данное исследование, как и любое связанное с развитием смартфонов, имеет огромную полезность, благодаря их популярности.

Исследования в области оптических методов диагностики зрелости и качества плодоовощной продукции представлены в статье [6, с. 123–130], где авторы изложили различные оптические методы и показали их преимущества и недостатки. В данной работе рассмотрены основные проблемы оптических методов, к которым можно отнести невысокая точность распознавания и низкая вероятность успеха обнаружение дефектов. В данной статье, описывают все основные аспекты связанные с тематикой распознавания с помощью оптических методов, что позволит расширить область знания в сфере компьютеров зрения.

Имеются сведения о безопасности и качестве пищевых продуктов, описываются оптические методы, с помощью которых обнаруживаются различные загрязнения на сельскохозяйственных продуктах. В статье представляются несколько научных исследований, связанные с загрязнением и повреждением фруктов и овощей, а также фиксации различных заболеваний. Также описываются недостатки и преимущества оптического зондирования для анализа повреждений. Исследования могут быть использованы для повышения безопасности и здоровья человека, с помощью распознавание различных бактерий и заболеваний используя оптические методы [7, с. 121–167].

Статья [8, с. 315–326] посвящена сортировке яблок с использованием оптического модуля и нейронной сети. В работе отражены исследование с использованием оптико-электронной системы и проводимых испытаниях. Одной из проблем показанных в исследовании является неспособность существующих машин для сортировки яблок по их характеристикам. Исследование в области сортировки яблок и других продуктов пользующимся популярностью у население, поможет обеспечить высокое качество продукции которое будет продаваться людям.

В статье [9] показаны исследование оливок с помощью распознавания дефектов с помощью алгоритмов искусственного интеллекта для распределения их по качеству. Предлагаемые методы использовались во время их эксперимента, в котором использовался образец имеющий раму из алюминия, для обеспечения перекрытия изображения и избежания потери информации. В исследовании использовались движущаяся конвейерная лента с компактной камерой RGB. Созданное устройство можно увидеть на рисунке 2. В работе подмечается, что данное исследование нуждается в оптимизации и модернизации программной части. Результаты имеют большой потенциал в сфере изготовления оливкового масла, что позволит оптимизировать работу сортировки и поиска дефектов во время отбора оливок для изготовления.

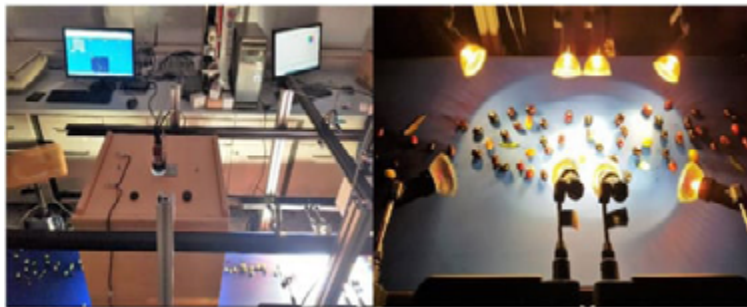


Рисунок 1 – Пилотный конвейер, используемый для отбора оливок

Одним из направлений развития методов оценки качества, является автоматизированная система по распознаванию различных продуктов по их цвету [10, с. 573–579]. Авторы дают описание наиболее популярных и действенных методов, таких как распознавания с помощью оптического датчика для определения световых волн и изменение цвета продукта по черно белому изображению. Здесь же можно найти информацию по изучению высокоскоростной системы автоматизированной системы машинного обучения, разработанной на основе системы распознавания в реальном времени IDAS. В заключение авторы подмечают несколько проблем, такими как отсутствие информации о цвете и плохого качества изображения. В данной статье описываются не только исследования, но и описание конфигурации всех оборудование которые использовались в эксперименте, что поможет в дальнейшем в улучшение и оптимизации всех процессов.

Развитие искусственного интеллекта и использования его в сфере распознавания и определение внешних дефектов и повреждений у плодов оливок было подробно рассмотрено в статье [11, с. 894–898]. Здесь представлен способ работы искусственного интеллекта, который был разработан с целью обнаружение внешних дефектов. Так же были подробно объяснены принцип работы данного метода и расписан процесс исследования. Предложенный алгоритм может быть встроен в сортировочную машину и улучшить сортировочной процесс оливок на заводе. Использование искусственного интеллекта в сортировке оливок и других продуктов имеет огромный потенциал, благодаря высокой точности отбора и экономии денежных средств.

Исследование в области автоматизации сортировочной работы с проверкой на дефекты и без разрушение качества всегда уделялось большое внимание. В статье [12, с. 213–231] представляются исследования оптических систем контроля качества для фруктов и овощей. В исследовании уделялось большое внимание к определению основных характеристик плодов, таких

как цвета, размеры, формы, дефекты и зрелость. Также большое внимание уделяется исследованию уже существующих решений в области оптического сканирования. В заключение исследование описывает существующие методы и их дальнейшее развитие в этой области.

Процесс сортировки плодов и овощей имеет огромное значение в пост сборочной обработке, поскольку определяет качество продукции и ее рыночную стоимость. В последние годы благодаря развитию роботизированных систем сортировки, оснащенных оптическими лазерами, предложило более быструю и безошибочную систему. Исследование в статье [13] рассматривает существующие и рабочие методы оптической сортировки с применением дополнительных методов, такими как фьюжн датчики, машинное обучение и адаптивных решений сортировки. Согласно заключению авторов, исследование имеет потенциал в области сортировки, но требует решения различных технических и практических проблем.

Результаты и обсуждения

Обзорная статья охватывает современные технологии сортировки и оценки качества сельскохозяйственной продукции, такие как спектроскопия видимого и ближнего инфракрасного диапазонов (VIS/NIR), гиперспектральная и мультиспектральная визуализация, а также использование оптико-электронных систем и машинного обучения. Приводятся ряд практических примеров, описывают преимущества и недостатки каждого из методов, а также выявляют основные вызовы и перспективы их использования в реальных производственных условиях.

Таким образом, статья делает вклад в развитие знаний об оптических методах, применимых в сельскохозяйственном производстве, и может служить основой для исследователей и производителей, заинтересованных во внедрении этих технологий для повышения качества плодоовощной продукции.

Выводы

В заключение, обзорная статья предоставила подробный обзор современных оптических методов сортировки плодов и овощей. Оптическая сортировка – мощный инструмент для обеспечения высококачественной продукции, оптимизации производственных процессов и повышения конкурентоспособности на рынке. В обзорной статье были рассмотрены основные методы оптической сортировки, а также выявлены преимущества и недостатки. Были также рассмотрены проблемы, с которыми сталкиваются разработчики и производители при использовании данной технологии. Несмотря на значительные достижения в этой области, существует множество проблем, которые требуют дополнительных исследований и

инноваций. Оптическая сортировка плодов и овощей обещает улучшить эффективность и точность процессов сортировки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Deshpande, S. S. et al.** Nondestructive optical methods of food quality evaluation //Critical Reviews in Food Science & Nutrition. – 1984. – Т. 21. – № 4. – С. 323–379.

2 **Dorokhov, A. et al.** Development of an Optical System with an Orientation Module to Detect Surface Damage to Potato Tubers //Agriculture. – 2023. – Т. 13. – № 6. – P. 1188.

3 **Tian, S., Xu, H.** Mechanical-based and optical-based methods for nondestructive evaluation of fruit firmness //Food Reviews International. – 2023. – Т. 39. – № 7. – P. 4009–4039.

4 **Deshpande, S. S., Cheryan, M., Luh, B. S.** «Nondestructive Optical Methods of Food Quality Evaluation.» Critical Reviews in Food Science & Nutrition, vol. 21, No. 4, 1984, P. 323–379.

5 **Amugongo, L. M. et al.** Mobile computer vision-based applications for food recognition and volume and calorific estimation: A systematic review // Healthcare. – MDPI, 2022. – Т. 11. – № 1. – P. 59.

6 **Ivanov, A. V., Petrov, B. N.** «Optical Methods for Assessing the Ripeness and Quality of Fruits and Vegetables.» Journal of Agricultural Sciences, vol. 15, No. 2, 2020, P. 123–130.

7 **Ng, P. C., Khor, S. M.** Optical Detection of Targets for Food Quality Assessment //Biosensing and Micro-Nano Devices: Design Aspects and Implementation in Food Industries. – Singapore : Springer Nature Singapore, 2022. – P. 121–167.

8 **Kazakievich, P. et al.** Optical-Electronic System for Apple Sorting Line: Development and Implementation //International Conference on Agriculture Digitalization and Organic Production. – Singapore : Springer Nature Singapore, 2023. – С. 315–326.

9 **Figorilli, S. et al.** Olive fruit selection through ai algorithms and RGB imaging //Foods. – 2022. – Т. 11. – № 21. – С. 33–91.

10 **Lee, D. J., Anbalagan, R. S.** High-speed automated color-sorting vision system //Optical Engineering Midwest'95. – SPIE, 1995. – Т. 2622. – P. 573–579.

11 **Guzmán, E. et al.** Infrared machine vision system for the automatic detection of olive fruit quality //Talanta. – 2013. – Т. 116. – С. 894–898.

12 **Zhang, B. et al.** Challenges and solutions of optical-based nondestructive quality inspection for robotic fruit and vegetable grading systems: A technical review //Trends in food science & technology. – 2018. – Т. 81. – P. 213–231.

13 Lu, R. et al. Measurement of optical properties of fruits and vegetables: A review //Postharvest Biology and Technology. – 2020. – T. 159. – P. 111003.

Поступило в редакцию 20.05.24

Поступило с исправлениями 26.11.24

Принято в печать 01.09.24

*Д. А. Ауезханов¹, Е. Ж. Сарсикеев², А. Д. Мехтиев³

^{1,2,3}С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы, Астана қ.

20.05.24 ж. баспаға түсті.

26.11.24 ж. түзетулерімен түсті.

10.03.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫНДАҒЫ ОПТИКАЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Шолу мақаласында оптикалық әдістерді қолдану арқылы жемістер мен көкөністерді сұрыптаудың заманауи әдістері қарастырылады. Ауыл шаруашылығын бағалау олардың сапасы мен нарықтағы бәсекеге қабілеттілігін сақтау үшін өте маңызды. Дәлдігі, жылдамдығы және бұзылмайтындығына байланысты оптикалық әдістер ауыл шаруашылығында барған сайын танымал бола бастады. Бұл шолу оптикалық сұрыптаудағы соңғы трендтер мен жетістіктерді қарастырады. Шолу негізгі әдістерді және олардың нақты өндірісте қалай қолданылатынын қамтиды. Шолу сонымен қатар ауылшаруашылық процестерінің тұрақтылығын арттыруға және өнімнің жоғалуын азайтуға оптикалық әдістердің әсеріне назар аударады. Бұл технологияны ауыл шаруашылығында қолданудың артықшылықтары, қиындықтары мен келешегі басты назарда. Мақалада осы саладағы соңғы жаңалықтар қарастырылады, технологияны өндіріске енгізудің практикалық мысалдары талданады және оның жоғары тиімділік, автоматтандыру және көптеген параметрлер бойынша сұрыптау мүмкіндігі сияқты артықшылықтары мен кемшіліктері, соның ішінде жабдықтың жоғары құны және күрделі калибрлеу қажеттілігі. Бұл шолу көкөністер мен жемістерді сұрыптау процестерінде оптикалық әдістерді қолдану туралы көбірек білгісі келетін зерттеушілер, инженерлер және өндірушілер үшін пайдалы болуы мүмкін.

Кілтті сөздер: сұрыптау, оптикалық талдау, оптикалық әдістер, жемістер мен көкөністер, жемістерді сұрыптау, өнім сапасы

**D. A. Auezkhanov¹, E. Zh. Sarsikeev², A. D. Mehdiev³*

^{1,2,3} S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University,

Republic of Kazakhstan, Astana

Received 20.05.24

Received in revised form 26.11.24

Accepted for publication 10.03.25

OPTICAL TECHNOLOGIES IN THE AGRICULTURAL INDUSTRY

This review article discusses modern methods of fruit and vegetable sorting using optical methods. Agricultural sorting is crucial to maintain their quality and competitiveness in the market. Due to their accuracy, speed and non-destructiveness, optical methods are becoming increasingly popular in agriculture. The review examines the latest trends and achievements in optical sorting. The review includes the main methods and how they are used in real production. The review also focuses on the impact of optical methods on increasing the sustainability of agricultural processes and reducing product losses. The main focus is on the advantages, challenges and prospects of using this technology in agriculture. The article examines the latest advances in this field, analyzes practical examples of the implementation of technologies in production, and discusses their advantages, such as high efficiency, automation and the ability to sort by several parameters, and disadvantages, including high equipment cost and the need for complex calibration. This review may be useful for researchers, engineers and producers who want to learn more about the use of optical methods in fruit and vegetable sorting processes.

Key words: sorting, optical analysis, optical methods, fruits and vegetables, fruit sorting, product quality

Теруге 10.03.2025 ж. жіберілді. Басуға 28.03.2025 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4358

Сдано в набор 10.03.2025 г. Подписано в печать 28.03.2025 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4358

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz