

Выводы

Выращивать высокие урожаи клевера лугового в условиях Республики Беларусь можно лишь при достаточном обеспечении его необходимыми питательными веществами. В исследованиях установлено, что последствие органо-минеральной системы удобрений с умеренными нормами минеральных удобрений и компенсацией элементов питания за счет навоза, соломы и сидератов оказалось весьма эффективным. А замена вспашки под клевер луговой на продуктивную и энергоэффективную плоскорезную обработку почвы (чизелевание, дискование) существенно не влияет на урожайность зеленой массы клевера лугового.

Для проведения сравнительного экономического анализа технологических операций требуются дополнительные расчеты.

Список использованной литературы

1. Ковалевская Л. И. Изменчивость морфологических и хозяйственно полезных признаков у клевера лугового и ее использование в селекции / Л. И. Ковалевская, В. И. Бушуева // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. – 2016 – № 3. – С. 74–78.
2. Ковалевская Л. И. Результаты конкурсного испытания сортов образцов клевера лугового разных типов спелости / Л. И. Ковалевская, В. И. Бушуева // Земляробства і ахова раслін. – 2017 – № 6 – С. 7–13.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник / Б.А. Доспехов. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси / Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007 – 448 с.
5. Лапа В. В. Применение удобрений и качество урожая / В. В. Лапа, В. н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006 – 120 с.
6. Сельманович В.Л. Кормопроизводство. Учебное пособие. – Минск: РИПО, 2021. – 262 с.

УДК 631.3-52:004.8:634.1

А.И. Кутырёв, канд. техн. наук,

Н.А. Потапенков, магистрант

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва
e-mail: potapson64@yandex.ru*

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СОРТИРОВКИ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АРХИТЕКТУРЫ YOLO

Ключевые слова: компьютерное зрение, YOLO, трекинг объектов, оценка спелости, сортировка плодов яблони, реальное время

Keywords: computer vision, YOLO, object tracking, ripeness assessment, apple fruit sorting, real time

Аннотация. В статье представлен алгоритм работы программно-аппаратного комплекса для автоматической сортировки плодов яблони на основе методов компьютерного зрения. Разработанная система включает этапы детекции объектов с использованием нейронных сетей YOLO, трекинг, зональный подсчёт событий входа/выхода, оценку степени зрелости по цветовым характеристикам в пространстве HSV, сбор статистики с сохранением в SQLite, а также визуализацию результатов. Предложенный алгоритм обеспечивает распознавание дефектов, сегментацию плодов и измерение их линейных размеров в реальном времени. Алгоритм может быть адаптирован для других видов плодовой продукции путём дообучения модели и настройки цветовых порогов.

Summary. The article presents an algorithm for the operation of a software and hardware complex for automatic sorting of apple fruits based on computer vision methods. The developed system includes stages of object detection using YOLO neural networks, tracking, zone-based counting of entry/exit events, assessment of ripeness based on color characteristics in the HSV color space, collection of statistics with storage in SQLite, as well as visualization of results. The proposed algorithm provides defect recognition, fruit segmentation, and measurement of their linear dimensions in real time. The algorithm can be adapted for other types of fruit products by retraining the model and adjusting color thresholds.

Автоматизация процессов сортировки сельскохозяйственной продукции является одним из ключевых направлений повышения эффективности перерабатывающих предприятий [1-3]. Особую актуальность эта задача приобретает для плодовой индустрии, где качество и внешний вид продукции напрямую влияют на её рыночную стоимость [4,5].

Современные подходы к автоматической сортировке яблок включают три основные задачи: обнаружение объектов на видеопотоке, отслеживание их перемещения между кадрами (трекинг) и оценку степени зрелости по внешним признакам [6,7]. Для детекции широко применяются свёрточные нейронные сети семейства YOLO, обеспечивающие высокую скорость и точность [8]. Для трекинга используются как центроидные методы, так и более сложные алгоритмы (ByteTrack, DeepSORT), включающие фильтр Калмана и метрики пересечения границ (IoU) либо косинусного расстояния [9-11]. Оценка спелости выполняется по цветовым характеристикам в пространстве HSV, что позволяет устойчиво выделять зелёные, красные и жёлтые области плода [12].

Разработанный алгоритм представлен в виде блок-схемы, отражающей последовательность операций от инициализации системы до завершения обработки видеопотока (рис. 1).

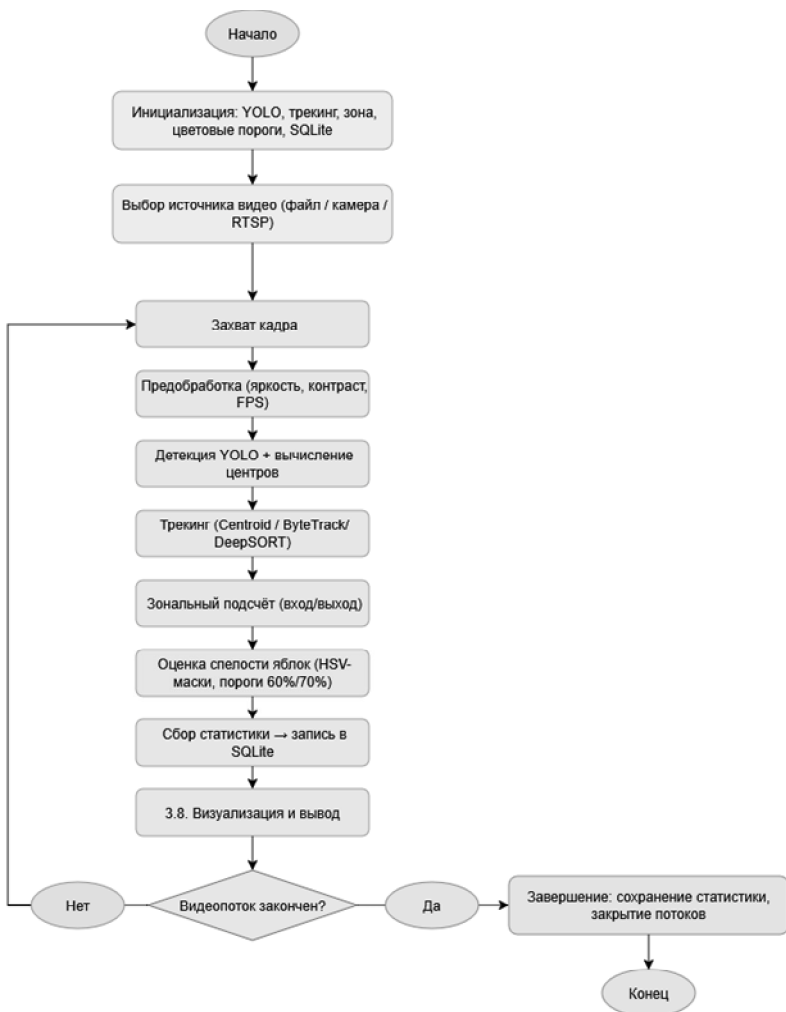


Рис. 1. Алгоритм работы программно-аппаратного комплекса

На первом этапе выполняется инициализация всех необходимых компонентов. Загружается модель детекции YOLO, предварительно обученная нейронная сеть для обнаружения объектов. Задаются параметры трекинга, определяется зона подсчёта, устанавливаются цветовые пороги, включая диапазоны для зелёного, красного и жёлтого цветов в пространстве HSV, которые будут использоваться при оценке спелости. После инициализации происходит выбор источника видео. Пользователь может ука-

зять один из трёх типов: локальная USB-камера или встроенная веб-камера, заранее записанный, либо RTSP-поток от IP-камеры.

Цикл начинается с захвата очередного кадра. Если кадр отсутствует (достигнут конец файла или разорвано соединение), алгоритм переходит к этапу завершения. Если кадр получен, выполняется его предобработка. На этом шаге производятся операции для улучшения качества изображения и снижения вычислительной нагрузки: коррекция яркости и контраста для стабилизации условий освещения. Предобработанный кадр подаётся на вход модели YOLO. Для каждого обнаруженного объекта определяются его класс. Объекты с низкой уверенностью (ниже заданного порога) отбрасываются.

Далее выполняется трекинг объектов, связывание объектов между соседними кадрами на основе вычисленных центров и ограничивающих рамок. Алгоритм поддерживает два типа трекеров геометрические и на основе нейронных сетей, выбираемых при инициализации. Результатом трекинга является набор идентификаторов, привязанных к каждому объекту на текущем кадре.

После трекинга, если зона подсчёта является активной, запускается процедура зонального подсчёта. Сначала выполняется пересчёт нормированных координат зоны в пиксели согласно текущему разрешению кадра. Затем для каждого обнаруженного объекта проверяется, попадает ли его центр внутрь заданной области. Фиксируются события входа и выхода: если объект появился внутри зоны, а в предыдущем кадре его не было в множестве, регистрируется вход; если объект покинул зону, регистрируется выход. На основе этих событий обновляются счётчики: количество вошедших и количество вышедших. Также вычисляется общее количество объектов – суммарное число уникальных объектов, зафиксированных за время работы.

Для всех объектов, классифицированных как «яблоко», дополнительно проводится оценка спелости. По координатам ограничивающей рамки из исходного кадра вырезается область интереса (ROI), содержащая только плод. Это изображение переводится из RGB в цветовое пространство HSV, которое позволяет задавать цветовые диапазоны в виде оттенка. На основе заранее заданных диапазонов для зелёного, красного и жёлтого цветов создаются бинарные маски: маска зелёного (пиксели, попадающие в диапазон зелёного), маска красного и маска жёлтого. Для каждой маски вычисляется процентное соотношение пикселей от общей площади ROI. Затем применяются пороговые условия классификации. Если зелёный цвет составляет более 60% площади плода, он относится к категории «незрелый» (Unripe). Если сумма красного и жёлтого цветов превышает 70% площади, плод считается «спелым» (Ripe). Если ни одно из условий не выполнено, плод может быть отнесён к категории «требующий проверки». Полученный результат сохраняется для текущего объекта.

Следующий шаг – сбор статистики. После обработки всех объектов на кадре обновляются показатели: счётчики незрелых и спелых яблок, общее число учтённых объектов; средняя, минимальная и максимальная

площадь ограничивающих рамок (или масок) для каждого класса; распределение долей зелёного, красного и жёлтого по всем плодам яблони; производительность – текущее значение FPS и время обработки одного кадра. Все накопленные данные сохраняются в базу данных SQLite. Это позволяет анализировать работу системы и формировать отчёты.

Затем выполняется визуализация. Для текущего кадра формируется выходное изображение с наложенной графической информацией: ограничивающие рамки вокруг обнаруженных объектов (цвет рамки может зависеть от класса или степени спелости); опционально-полупрозрачные цветочные маски, выделяющие области зрелости; текстовые идентификаторы треков (уникальный ID объекта); контур или заливка зоны подсчёта; текстовая информация – текущие счётчики, FPS, количество спелых и незрелых яблок.

В зависимости от конфигурации системы возможны два режима вывода. В GUI-режиме кадр отображается в окне приложения с возможностью паузы, масштабирования и изменения параметров в реальном времени. В режиме вывода кадр записывается в выходной видеофайл или передаётся по сети.

Если видеопоток не закончился, алгоритм возвращается к шагу захвата следующего кадра. Если поток видео прекратился, выполняется завершение работы. При завершении (окончание видеопотока или принудительная остановка) алгоритм сохраняет оставшуюся статистику в SQLite, если это не было сделано ранее, закрывает все открытые потоки (файлы, соединения с камерами, RTSP-сессии), освобождает память и завершает работу программы.

В результате проведенных исследований разработана система компьютерного зрения на основе сверточных нейронных сетей YOLO12 и YOLO11-seg на языке Python [13]. Программа обеспечивает распознавание основных типов дефектов плодов, сегментацию яблок с оценкой степени зрелости по цветовым характеристикам в пространстве HSV, а также измерение их линейных размеров (рис. 2).

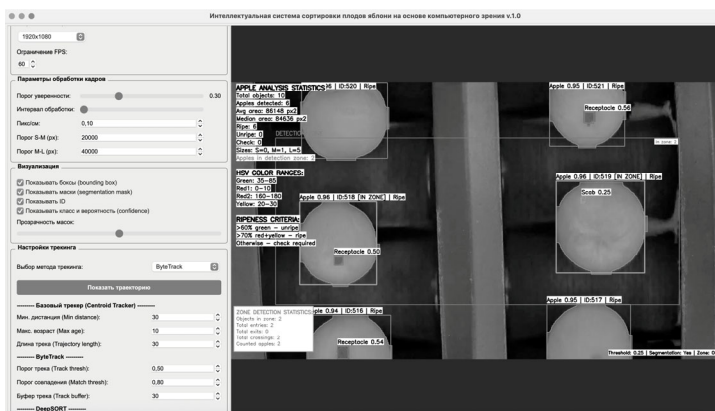


Рисунок 2. Процесс сортировки плодов яблони

В ходе выполнения работы был разработан и описан алгоритм работы программно-аппаратного комплекса для автоматической сортировки плодов яблони. Алгоритм объединяет полный цикл обработки видеопотока, от инициализации модели детекции YOLO, выбора источника видео и предобработки кадров до детекции объектов, трекинга, зонального подсчёта событий входа/выхода, оценки степени зрелости плодов на основе цветowych масок в пространстве HSV, сбора статистики и сохранения данных в SQLite, а также визуализации результатов. На основе разработанного алгоритма создана программа для ЭВМ, реализующая все перечисленные этапы в реальном времени. Разработанный алгоритм и реализующая его программа могут быть адаптированы для других видов плодовой продукции (груши, персики, томаты и т.п.) путём расширения обучающего датасета для модели YOLO изображениями этих плодов с соответствующей разметкой, а также последующей настройки цветowych диапазонов в пространстве HSV и пороговых условий оценки спелости, специфичных для каждого вида.

Список использованной литературы

1. Tian H., Wang T., Liu Y., Qiao X., Li Y. Computer vision technology in agricultural automation – A review // *Inf. Process. Agric.* 2019. 7. 1-19.
2. Baneh N.M., Navid H., Kafashan J. Mechatronic components in apple sorting machines with computer vision // *J. Food Meas. Charact.* 2018. 12. 1135-1155.
3. Кутырёв А.И., Потапенков Н.А. Распознавание и подсчет плодов яблони с признаками гнили на сортировочной линии с использованием нейросетевой модели YOLO26 // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2026. № 217(03).
4. Gudkov S.V., Matveeva T.A., Sarimov R.M., Simakin A.V., Stepanova E.V., Moskovskiy M.N., Dorokhov A.S., Izmailov A.Y. Optical Methods for the Detection of Plant Pathogens and Diseases (Review) // *AgriEngineering.* 2023. 5. 1789-1812.
5. Потапенков, Н.А., Кутырёв, А.И. Разработка модели свёрточной нейронной сети для распознавания и классификации плодов яблони на линии сортировки // В сборнике: *Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации. Материалы Международной научно-практической конференции.* Волгоград, 2025. С. 225-231.
6. Zhang L., Cao J. A Light-Weight CNN Based Multi-Task Architecture for Apple Maturity and Disease Classification // *Biology and Life Sciences Forum.* 2024. 30(1). 19.
7. Gao F., Fang W., Sun X., Wu Z., Zhao G., Li G., Li R., Fu L., Zhang Q. A Novel Apple Fruit Detection and Counting Methodology Based on Deep Learning and Trunk Tracking in Modern Orchard // *Comput. Electron. Agric.* 2022. 197. 107000.
8. Kutyrev A., Andriyanov N., Khort D., Smirnov I., Zubina V. Adaptive CNN Ensemble for Apple Detection: Enabling Sustainable Monitoring Orchard // *AgriEngineering.* 2025. № 7(11). 369.
9. Zhang Y., Sun P., Jiang Y., Yu D., Weng F., Yuan Z., Luo P., Liu W., Wang X. ByteTrack: Multi-object Tracking by Associating Every Detection Box. In *Computer Vision-ECCV 2022.*

10. Смирнов И.Г., Кутырёв А.И., Хорт Д.О., Тумаева Е.А., Бурменко Ю.В. Разработка программно-аппаратного комплекса с мобильным приложением на основе нейронной сети для мониторинга плодов яблони в кроне дерева // Садоводство и виноградарство. 2023. № 1. С. 43–51.

11. Yang X., Gao Y., Yin M., Li H. Automatic Apple Detection and Counting with AD-YOLO and MR-SORT // Sensors. 2024. 24(21). 7012.

12. Rojas Santelices I., Cano S., Moreira F., Peña Fritz Á. Artificial Vision Systems for Fruit Inspection and Classification: Systematic Literature Review // Sensors. 2025. 25. 1524.

13. А.И. Кутырев, Н.А. Потапенков Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025682457 Российская Федерация. Программа компьютерного зрения для распознавания, классификации и сегментации плодов яблони на линии сортировки с использованием алгоритмов машинного обучения: заявл. 10.07.2025. опубл. 22.08.2025.

УДК 631:631.9:631.95

И.И. Серегина, д-р биолг. наук, профессор,

Е.И. Гальченко, аспирант

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва
seregina.I@inbox.ru

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО ФОСФОГИПСА НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Ключевые слова: нейтрализованный фосфогипс, дозы внесения, яровая пшеница, качество зерна, белок, крахмал.

Keywords: neutralized phosphogypsum, application rates, spring wheat, grain quality, protein, starch.

Аннотация. В полевых исследованиях изучено влияние нейтрализованного фосфогипса на содержание сырого протеина в зерне яровой пшеницы сорта Агрос в условиях нечерноземной зоны. В результате исследования установлено позитивное влияние нейтрализованного фосфогипса на показатели качества яровой пшеницы, при условии совместного применения с азотсодержащими и калийными удобрениями.

Summary: In the field studies, the effect of neutralized phosphogypsum on the crude protein content in the grain of spring wheat of the Agros variety in the conditions of the non-chernozem zone was studied. As a result of the study, the positive effect of neutralized phosphogypsum on the quality indicators of spring wheat was established, provided that it is used together with nitrogen-containing and potassium fertilizers.