

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2026-53-136-139>

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СОРТИРОВКИ

Кутырёв А.И., Потапенков Н.А.

Федеральный агроинженерный научный центр ВИМ, Москва, Россия

Ключевые слова: компьютерное зрение, YOLO, распознавание плодов яблони, сортировочная линия, ограничивающие рамки, маски сегментации.

Аннотация. В статье проведён сравнительный анализ двух методов компьютерного зрения для сортировки плодов яблони на технологической линии: детекции с ограничивающими рамками (YOLO12s) и пиксельной сегментации (YOLO11m-seg). Ограничивающие рамки оптимальны для быстрого учёта плодов с признаками гнили, а маски сегментации для точной локализации и оценки площади дефектов, таких как парша.

COMPARATIVE ANALYSIS OF COMPUTER VISION METHODS FOR RECOGNITION OF APPLE FRUITS ON A TECHNOLOGICAL SORTING LINE

Kutyrev A.I., Potapenkov N.A.

Federal Agroengineering Scientific Center VIM, Moscow, Russia

Keywords: computer vision, YOLO, apple fruit recognition, sorting line, bounding boxes, segmentation masks.

Abstract. The article presents a comparative analysis of two computer vision methods for sorting apple fruits on a processing line: detection with bounding boxes (YOLO12s) and pixel segmentation (YOLO11m-seg). Bounding boxes are optimal for rapid counting of fruits with signs of rot, while segmentation masks are suitable for precise localization and area assessment of defects such as scab.

В агропромышленном комплексе одной из задач послеуборочной обработки плодов яблони является их сортировка на технологической линии по показателям качества, степени зрелости, наличию поверхностных дефектов [1]. Для автоматизации этого процесса применяются методы компьютерного зрения на основе свёрточных нейросетей [2]. Современные модели способны в реальном времени анализировать видеопоток, распознавать плоды на неоднородном фоне и оценивать их состояние [3]. Выбор алгоритма компьютерного зрения определяет не только точность распознавания, но и возможности системы, такие как подсчёт дефектных плодов, распознавание дефектов и устойчивость к частичному перекрытию объектов на конвейере [4, 5].

В статье рассматриваются два метода распознавания: детекция с помощью ограничивающих рамок (bounding boxes) и пиксельная сегментация (построение масок). Проводится сравнительный анализ их применимости для распознавания плодов яблони на сортировочной линии.

В качестве метода распознавания с помощью ограничивающих рамок выбрана свёрточная нейронная сеть YOLO12s (рис. 1).

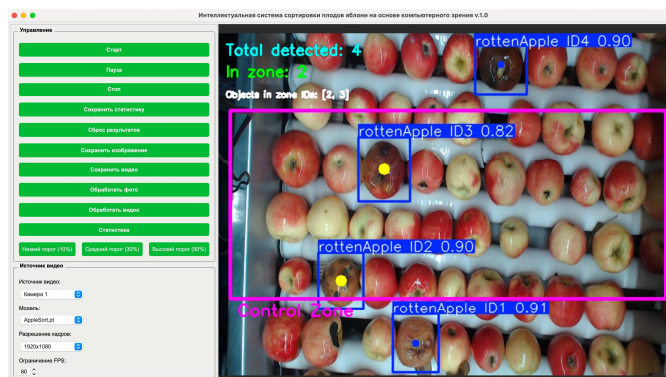


Рис. 1. Применение архитектуры YOLO12s для распознавания плодов яблони с признаками гнили

На рисунке 1 для каждого яблока с признаками гнили отображена ограничивающая рамка с текстовой меткой «rottenApple» и числовым значением уверенности. YOLO12s выполняет предсказание ограничивающих рамок и классов объектов за один проход через сеть, что обеспечивает высокую скорость обработки данных. После прямого прохода сеть выдаёт множество рамок с вероятностями. Для устранения дублирования применяется алгоритм Non-Maximum Suppression (NMS), из нескольких рамок, перекрывающих один и тот же объект, оставляется рамка с максимальной уверенностью, а остальные отбрасываются. Для автоматического количественного учёта плодов, пересекающих контрольную зону конвейера, применяется зональный метод [6]. Для каждого отслеживаемого объекта система на каждом кадре вычисляется центр ограничивающей рамки:

$$C(t) = \left(\frac{x_1 + x_2}{2}, \frac{y_1 + y_2}{2} \right). \quad (1)$$

Зональный подсчёт на основе центроидов рамок обеспечивает учёт объектов в реальном времени, что подтверждает пригодность метода для промышленной сортировочной линии.

Для точной локализации дефектов выбрана модель инстанс-сегментации YOLO11m-seg (рис. 2).

Она реализует попиксельное выделение плодов и поражений (например, парши). Модель выделяет каждый объект (плод яблони, а также зоны дефектов) в виде пиксельной маски. Использование масок позволяет не только локализовать дефект, но и оценить его площадь. Несмотря на более высокие вычислительные затраты, сегментация обеспечивает необходимую точность для детального анализа качества каждого плода [3].

В отличие от ограничивающих рамок, которые захватывают и здоровые участки, и фон, маски сегментации обеспечивают точное попиксельное выделение, что важно при распознавании очагов парши на ранней стадии. Даже при частичном перекрытии плодов модель способна разделить их маски, сохраняя индивидуальные идентификаторы для каждого экземпляра.

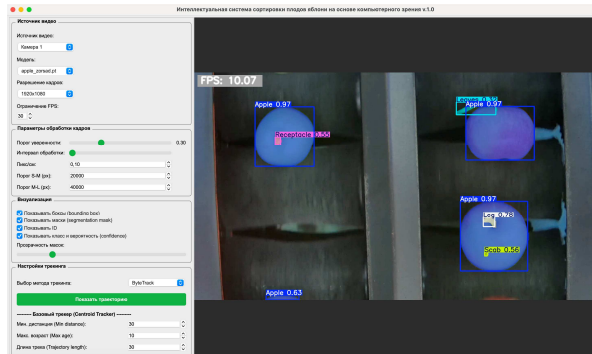


Рис. 2. Применение архитектуры YOLO11m-seg для попиксельного выделения плодов яблони и дефектов (например, парши)

Проведённый анализ показал, что каждый метод имеет свои преимущества. Выбор между детекцией и сегментацией определяется требованиями линии: для быстрого распознавания плодов с признаками гнили оптимальны ограничивающие рамки, для точной классификации и измерения площади дефектов – маски сегментации.

Список литературы

1. 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). – С. 419-333.
2. Khort D.O., Kutyrëv A., Smirnov I., Andriyanov N., Filippov R., Chilikin A., Astashev M.E., Molkova E.A., Sarimov R.M., Matveeva T.A., Gudkov S.V. Enhancing Sustainable Automated Fruit Sorting: Hyperspectral Analysis and Machine Learning Algorithms // Sustainability. 2024, vol. 16(22), p. 10084.
3. 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: Волгоградский государственный аграрный университет, 2025. – С. 225-231.
4. Cao D., Luo W., Tang R., Liu Y., Zhao J., Li X., Yuan L. Research on Apple Detection and Tracking Count in Complex Scenes Based on the Improved YOLOv7-Tiny-PDE // Agriculture. 2025, vol. 15, iss. 5, p. 483. DOI: 10.3390/agriculture15050483.
5. Кутырёв А.И. Распознавание и классификация болезней листьев яблони на основе анализа их изображений моделями сверточных нейронных сетей (CNN) // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – №3(63). – С. 215-223.
6. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2025682457. Программа компьютерного зрения для распознавания, классификации и сегментации плодов яблони на линии сортировки с использованием алгоритмов машинного обучения / А.И. Кутырёв, Н.А. Потапенков. – Заявка №2025681419 от 10.07.2025.

References

1. Kutyrev A.I., Potapenkov N.A. Recognition and Counting of Apple Fruits with Signs of Rot on a Sorting Line Using the YOLO26 Neural Network Model // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2026, no. 217(03), pp. 419-433.
2. Khort D.O., Kutyrev A., Smirnov I., Andriyanov N., Filippov R., Chilikin A., Astashev M.E., Molkova E.A., Sarimov R.M., Matveeva T.A., Gudkov S.V. Enhancing Sustainable Automated Fruit Sorting: Hyperspectral Analysis and Machine Learning Algorithms // Sustainability. 2024, vol. 16(22), p. 10084.
3. Potapenkov N.A., Kutyrev A.I. Development of a Convolutional Neural Network Model for Recognition and Classification of Apple Fruits on a Sorting Line // In: Innovative Technologies in the Agro-Industrial Complex in the Context of Digital Transformation. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. – Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2025. – P. 225-231.
4. Cao D., Luo W., Tang R., Liu Y., Zhao J., Li X., Yuan L. Research on Apple Detection and Tracking Count in Complex Scenes Based on the Improved YOLOv7-Tiny-PDE // Agriculture. 2025, vol. 15, iss. 5, p. 483. DOI: 10.3390/agriculture15050483.
5. Kutyrev A.I. Recognition and classification of diseases of apple leaves based on the analysis of their images by convolutional neural network models (CNN) // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2023, no. 3(63), pp. 215-223.
6. Certificate of registration of the computer program No. 2025682457. Computer vision program for recognition, classification and segmentation of apple fruits on the sorting line using machine learning algorithms / A.I. Kutyrev, N.A. Potapenkov. – Appl. No. 2025681419 from 10.07.2025.

Кутырёв Алексей Игоревич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией интеллектуальных цифровых систем мониторинга диагностики и управления процессами в сельском производстве	Kutyrev Aleksey Igorevich – candidate of technical sciences, leading researcher, head of the laboratory of intelligent digital systems for monitoring, diagnostics and process control in agricultural production.
Потапенков Никита Александрович – магистрант, инженер лаборатории интеллектуальных цифровых систем мониторинга диагностики и управления процессами в сельском производстве	Potapenkov Nikita Aleksandrovich – master's degree student, engineer at the laboratory of intelligent digital systems for monitoring, diagnostics and process control in agricultural production
potapson64@yandex.ru	

Received 15.04.2026