УДК 658.012.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ СБОРА ПЛОДОВ ТОМАТОВ

Буймов П.Ю., студент гр. АРм-241, II курс
Научный руководитель: Курышкин Н.П., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева
Россия, г. Кемерово

Современные робототехнические комплексы (РТК), применяемые для автоматизации процессов сбора плодоовощной продукции, требуют высокой точности восприятия окружающей среды и уверенной работы в условиях динамично изменяющейся сцены. Одной из ключевых задач таких систем является определение степени спелости томатов непосредственно в процессе сбора. В отличие от статичных задач сортировки, где объект располагается на контролируемой поверхности и в стабильных условиях освещения, РТК функционируют в среде с ограниченным пространством, нерегулярными структурами листвы, неоднородным светом и подвижной платформой. Это предъявляет повышенные требования к алгоритмам технического зрения и классификации визуальных признаков.

Интеграция системы распознавания спелости непосредственно в контур управления РТК позволяет существенно повысить автономность, точность выбора целевых плодов и качество выполнения операции. Для этого требуется разработка алгоритмов, способных надёжно выделять томаты среди сложного фона растений, корректно классифицировать достигнутую степень зрелости и передавать эту информацию исполнительным механизмам в режиме реального времени.

Важным аспектом является обеспечение совместимости вычислительных методов с ограниченными ресурсами бортовых платформ, такими как мобильный манипулятор и автономная передвижная платформа.

Цель работы — разработка и анализ системы технического зрения, интегрируемой в РТК для автоматизированного сбора томатов, с возможностью выделения плодов и определения их спелости в реальном времени. Работа направлена на создание подхода, сочетающего устойчивую сегментацию, высокоточный классификатор зрелости и адаптацию к вычислительным ограничениям роботизированной платформы.

В качестве исходных данных для обучения и оценки работы системы технического зрения использовался набор изображений «Tomatoes Dataset». Он содержал 7226 фотографий томатов различных стадий состояния, снятые в разрешении 256x256. Dataset включает 4 основных категории: спелые, неспелые, старые и повреждённые плоды [1].

Изображения представлены в различающихся условиях освещённости, ракурсах и фонах, что делает данные пригодными для разработки моделей, способных функционировать в динамичной среде робототехнического комплекса. Для подготовки данных к обучению дата сет был разделён на две выборки в соотношении **90% / 10%**:

- **90% (обучающая выборка)** — использовались для обучения моделей сегментации и классификации спелости;
- **10% (проверочная выборка)** — применялись для оценки точности, устойчивости и способности алгоритма обобщать знания на новых данных.

Подобное распределение обеспечивает достаточный объём обучающих примеров при сохранении репрезентативности тестовой выборки, что является необходимым условием корректной валидации разрабатываемой системы технического зрения [1].

На данном этапе используется комбинированный подход, включающий предварительную цветовую сегментацию и последующее уточнение границ объектов с помощью моделей глубокого обучения [4, 5].

Первичное выделение областей интереса выполняется в цветовых пространствах HSV и Lab, которые позволяют более надёжно учитывать вариации освещённости по сравнению с RGB. На основе пороговых значений оттенков красного, жёлтого и зелёного определяется карта вероятного расположения плодов. Данный шаг служит для сокращения области поиска и уменьшения вычислительной нагрузки на бортовое оборудование робототехнического комплекса.

Для точной локализации томатов применяется детектор объектов на основе свёрточных нейронных сетей, такой как YOLOv8, обеспечивающий высокую скорость обработки и устойчивость к сложным сценам, включая частичное перекрытие плодов листьями и неоднородный фон. Модель обучена на аннотированных изображениях датасета «Tomatoes Dataset» и способна формировать ограничивающие рамки вокруг каждого обнаруженного плода [2, 3].

После выделения рамок выполняются дополнительные морфологические операции (расширение, сужение), позволяющие устранить мелкие шумы и улучшить качество сегментации. На выходе формируется набор точных областей, содержащих отдельные плоды, которые передаются на следующий этап системы — классификацию степени их зрелости. Такой комбинированный метод обеспечивает баланс между скоростью обработки и высоким качеством сегментации, что критически важно для работы системы в составе мобильного РТК.

Обучение моделей сегментации и классификации спелости томатов выполнялось с использованием облачной вычислительной среды Google Colab, что позволило применять графические ускорители GPU для обработки датасета «Tomatoes Dataset» и обучения модели нейронных сетей [2, 3].

Для визуального восприятия окружающей среды робототехнический комплекс оснащён камерой Logitech HD Webcam C510, работающей в разрешении 720p при 30 кадрах в секунду. Данная камера установлена на мобильной

платформе таким образом, чтобы обеспечивать стабильное поле зрения в направлении предполагаемых объектов сбора. Изображения в реальном времени поступают на вычислительный модуль, установленный на базе Raspberry Pi 5, который выполняет первичную обработку с использованием библиотеки OpenCV и применяет предварительные процедуры выделения областей интереса [3].

В качестве исполнительного механизма для реализации операции захвата используется манипулятор промышленного робота KUKA. На программном уровне предусмотрен механизм обратной связи: при распознавании класса «спелый», система генерирует управляющий сигнал, инициирующий последовательность действий манипулятора — открытие захвата, движение к целевому объекту и последующее закрытие губок для сбора плода.

В ходе проведённого исследования была разработана система технического зрения для интеграции в робототехнический комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора томатов. Основное внимание уделялось созданию метода, способного в реальном времени выделять плоды среди сложного природного фона и определять их спелость с высокой точностью. Использование комбинированного подхода, включающего предварительную цветовую сегментацию и детекцию объектов с помощью нейронных сетей, позволило добиться устойчивости алгоритма к изменениям освещения, вариативности формы и цвета плодов, а также частичным перекрытиям листьями.

Список литературы:

1. Использованный набор данных для распознавания томатов [Электронный ресурс] // URL: https://www.kaggle.com/datasets/enalis/tomatoes-dataset (дата обращения 20.09.2025).

2. Официальный сайт с документацией по работе с моделями на базе YOLOURL [Электронный ресурс] // URL: https://docs.ultralytics.com/ru/ (дата обращения 20.09.2025).

3. Официальная документация Open CVURL [Электронный ресурс] // URL: https://docs.opencv.org/4.x/ (дата обращения 20.09.2025).

4. Иванова, А. Г., Сидоров, Н. А. Многомерные статистические методы обработки изображений в агрономии / А. Г. Иванова, Н. А. Сидоров // Научные аспекты агрономии. – 2021. – № 2. – С. 85-102.

5. Щербаков, Н. А. Возможность применения машинного зрения для определения фаз роста растений на примере томатов / Н. А. Щербаков, А. А. Садов // Обзор тенденций в агропромышленном комплексе: Сб. статей конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Тенденции в АПК», Екатеринбург, 24 октября 2022 года. – Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2022. – С. 99-100.