

А. И. Удалов¹✉, А. А. Шаранов¹

Разработка программного модуля «Определения спелости овощей для промышленных теплиц с помощью машинного зрения»

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: udal1999@mail.ru

Аннотация. В статье представлена разработка программного модуля для автоматизированного определения спелости томатов в условиях промышленных теплиц. Модуль реализован на языке Python и использует методы машинного зрения и нейросетевую модель YOLOv11 для детекции плодов на изображениях. Обнаруженные объекты дополнительно анализируются по цветовым признакам в пространствах HSV и LAB для классификации степени зрелости. Архитектура решения построена по модульному принципу, что обеспечивает гибкость, масштабируемость и простоту сопровождения. В статье подробно описаны этапы разработки и результаты тестирования модуля.

Ключевые слова: машинное зрение, спелость томатов, теплица, обработка изображений, классификация, искусственный интеллект, автоматизация, YOLOv11, Python

A. I. Udalov¹✉, A. A. Sharapov¹

Development of the software module "Determining the ripeness of vegetables for industrial greenhouses using machine vision"

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: udal1999@mail.ru

Abstract. This paper presents the development of a software module for automated tomato ripeness detection in industrial greenhouse environments. The module is implemented in Python and utilizes computer vision techniques and the YOLOv11 neural network model for object detection. Detected fruits are further analyzed based on color features in the HSV and LAB color spaces to classify their ripeness level. The system architecture follows a modular design, ensuring flexibility, scalability, and ease of maintenance. The article describes the development stages and the results of module testing.

Keywords: computer vision, tomato ripeness, greenhouse, image processing, classification, artificial intelligence, automation, YOLOv11, Python

Введение

Современное сельское хозяйство требует эффективных и точных методов контроля зрелости урожая, особенно в условиях промышленных теплиц. Традиционные ручные способы оценки спелости томатов трудоемки, субъективны и не подходят для масштабного производства. В связи с этим возрастает интерес к автоматизации с использованием технологий машинного зрения и искусственного интеллекта [1, 8]. В данной статье рассматривается разработка программного модуля для автоматического определения спелости томатов в тепличных

условиях, направленного на повышение точности оценки и оптимизацию сбора урожая.

Целью работы является разработка программного модуля, использующего методы машинного зрения для автоматизированного и точного определения степени спелости томатов в промышленных теплицах.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи.

1. Проведен обзор существующих методов определения зрелости овощей с использованием технологий компьютерного зрения и искусственного интеллекта.

2. Определены основные визуальные признаки, характеризующие степень спелости томатов.

3. Собран и размечен датасет изображений томатов на разных стадиях зрелости.

4. Разработан и обучен алгоритм машинного обучения для классификации степени зрелости на основе изображений.

5. Реализован программный модуль, интегрирующий обученную модель с интерфейсом пользователя и возможностью обработки изображений с камер.

6. Проведено тестирование системы с оценкой точности и скорости работы алгоритма.

Методы и материалы

При разработке программного модуля использовались методы машинного обучения, компьютерного зрения и обработки изображений. Основной задачей была автоматическая классификация степени спелости томатов на основе визуальных признаков, полученных с изображений, снятых в тепличных условиях. Для реализации данного модуля были использованы следующие методы и материалы:

Программный модуль разработан на языке Python с использованием библиотек OpenCV, TensorFlow, NumPy и других инструментов, обеспечивающих эффективную обработку изображений и реализацию алгоритмов машинного обучения [3–5]. Система построена на модульной архитектуре, включающей несколько ключевых компонентов, каждый из которых решает свою задачу и взаимодействует с другими через четко определенные интерфейсы [6, 7] (рис. 1). Такой подход позволил обеспечить высокую гибкость при разработке, упростить масштабирование функциональности и значительно облегчить сопровождение и обновление программного обеспечения.

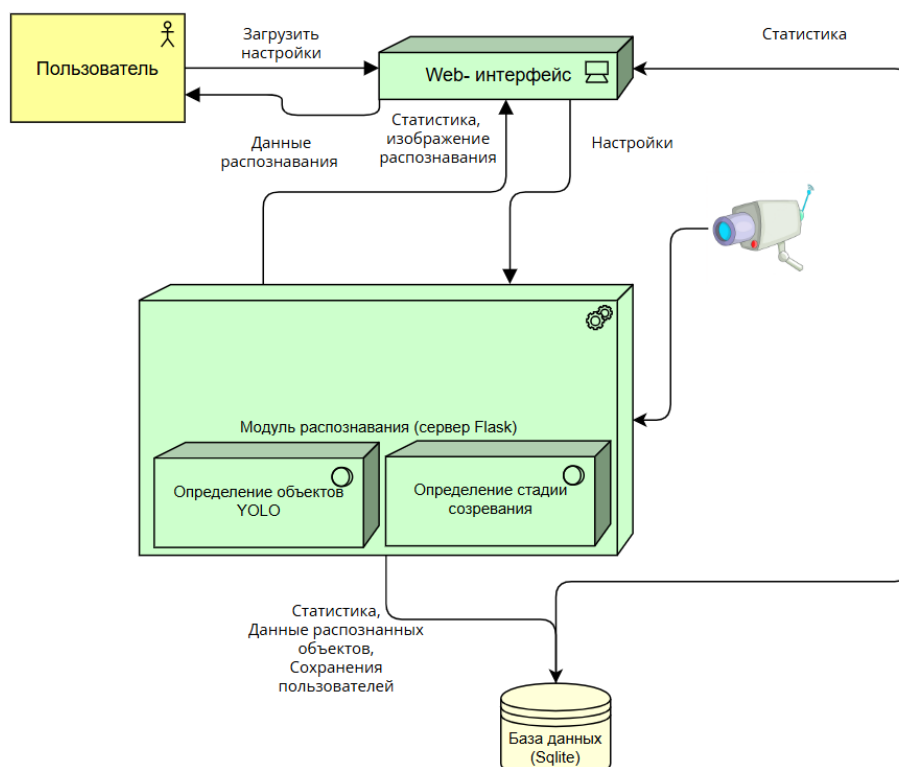


Рис. 1. Общая архитектура системы

Для обучения и тестирования программного модуля был сформирован датасет, включающий более 10 000 изображений томатов. Изображения были получены как с камер высокого разрешения в условиях, имитирующих промышленную теплицу, так и собраны из открытых интернет-источников. Это позволило охватить широкий спектр условий съемки, включая различные ракурсы, уровни освещения и фоны, что повышает обобщающую способность модели. Все изображения прошли ручную разметку с распределением по трем классам зрелости: незрелый, зрелый и перезрелый (рис. 2). Классификация проводилась на основе визуальных признаков, таких как цвет кожуры, насыщенность оттенков, наличие характерных пятен и текстура поверхности плодов. Разметка осуществлялась с использованием специализированных инструментов аннотации изображений, что обеспечило точную структуризацию данных и подготовку их к этапу обучения модели.

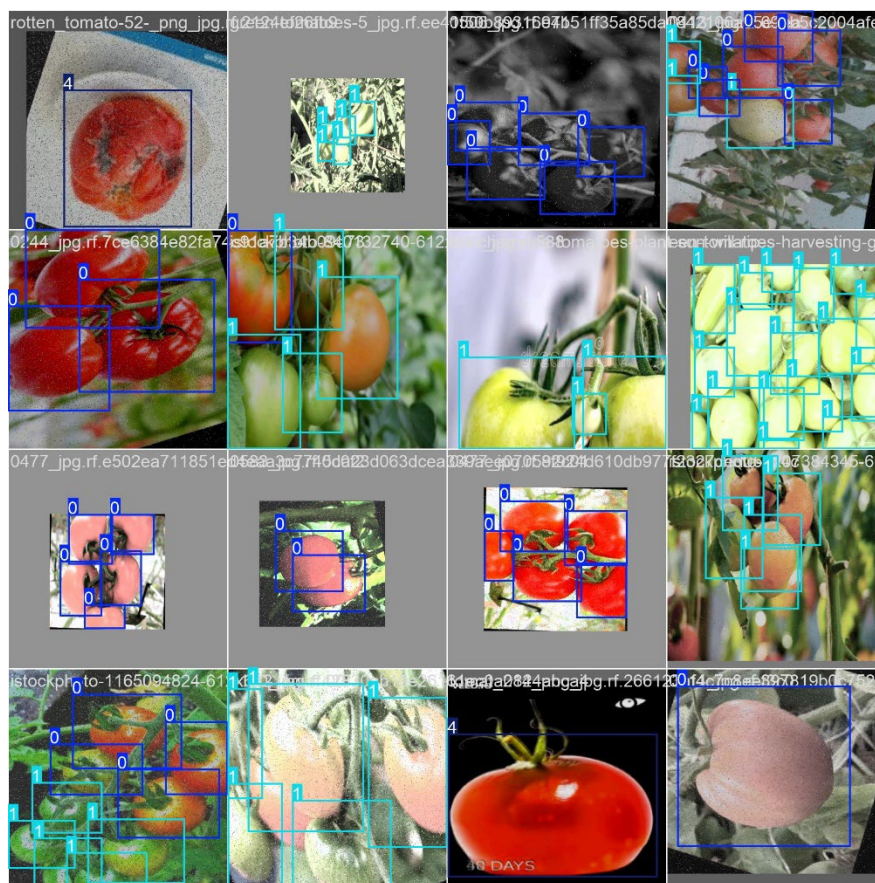


Рис. 2. Разметка фотографий

На этапе предобработки изображения подвергались серии преобразований, направленных на повышение качества входных данных и устойчивости модели к вариативности условий съемки. Для реализации данных процедур использовались библиотеки OpenCV, NumPy и Math. Изображения были приведены к единому размеру, нормализованы по яркости и контрасту, что позволило минимизировать влияние неравномерного освещения в теплице. Также применялись методы аугментации, включая повороты, масштабирование, отражение и изменение яркости, с целью увеличения разнообразия обучающей выборки и предотвращения переобучения модели. Такая предварительная обработка позволила улучшить стабильность и точность работы алгоритма на изображениях, полученных в различных условиях.

Для автоматического обнаружения томатов на изображениях использовалась сверточная нейронная сеть на основе архитектуры YOLOv11, отличающаяся высокой скоростью и точностью детекции объектов в реальном времени [2]. После локализации плодов в кадре определенные участки изображений выделялись в виде прямоугольных областей интереса (ROI) для последующего анализа. С каждой выделенной области проводилось преобразование в цветовые пространства HSV и LAB, что позволило повысить чувствительность к различиям в оттенках, недоступным при анализе только в RGB-формате. На основе этих преобразований рассчитывались средние значения цветовых каналов, а также доля

пикселей, соответствующих характерным оттенкам незрелых, зрелых и перезре-
 лых томатов. Полученные цветовые характеристики использовались в качестве
 входных признаков для модуля классификации, определяющего степень зрело-
 сти каждого обнаруженного плода. Такой подход позволил добиться высокой
 точности определения зрелости даже при вариациях в освещении и фоне.

Для оценки эффективности разработанного программного модуля были
 проведены тестирования на валидационной выборке, включающей изображения,
 не использовавшиеся при обучении [10]. По результатам испытаний модуль про-
 демонстрировал высокую стабильность и точность: средняя точность опреде-
 ления зрелости томатов превысила 90 %, при этом детекция объектов происходила
 в режиме, близком к реальному времени. Полученные результаты подтверждают
 применимость разработанного решения в условиях промышленного тепличного
 хозяйства (рис. 3).



Рис. 3. Тестовая детекция изображений

Результаты

В данной работе представлена разработка программного модуля, использую-
 щего технологии компьютерного зрения и машинного обучения для автоматиче-
 ского определения зрелости томатов в промышленных теплицах. Использование со-
 временных алгоритмов детекции и цветового анализа позволило достичь высокой

точности распознавания, что делает разработанный модуль перспективным инструментом для автоматизации агропромышленного производства (рис. 4).

Информационная панель

Прямая Трансляция с камеры

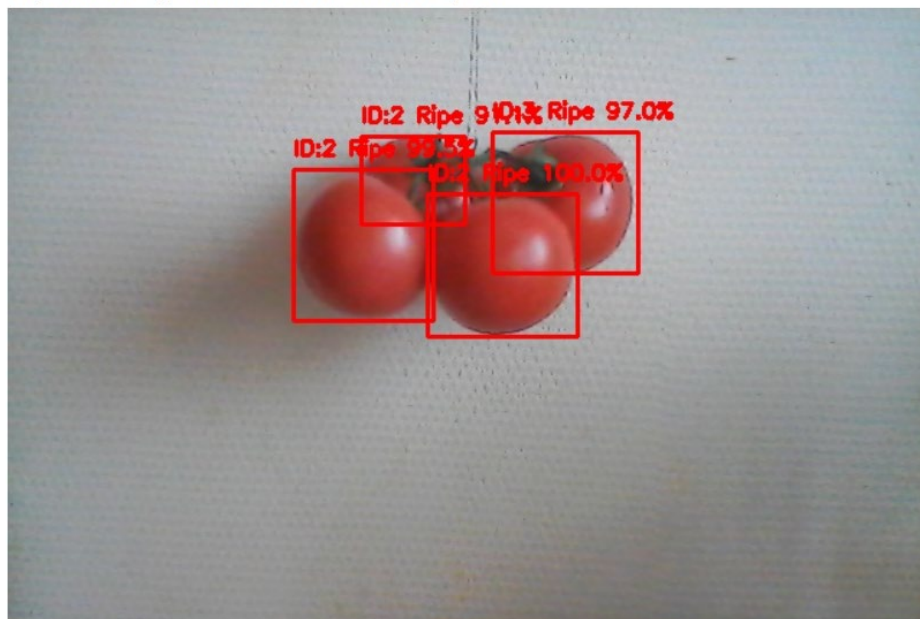


Рис. 4. Пример работы модуля определения зрелости томатов

Заключение

В ходе работы был разработан программный модуль для автоматического определения степени зрелости томатов в условиях промышленной теплицы. Применение современных технологий машинного обучения и компьютерного зрения позволило создать эффективную систему, способную снижать зависимость от ручного труда, минимизировать ошибки и повышать точность оценки зрелости плодов.

Представленное решение демонстрирует потенциал интеграции интеллектуальных программных систем в агропромышленное производство, обеспечивая улучшение качества сбора урожая и повышение общей эффективности тепличного хозяйства [9]. Разработка подобного рода не только оптимизирует текущие процессы, но и открывает возможности для дальнейшего развития автоматизированных решений в сельском хозяйстве, способствуя переходу к более устойчивым и технологически продвинутым формам агропроизводства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Машинное зрение в сельском хозяйстве: применение и перспективы. – Текст: электронный // AgroTechNews. – URL: <https://agrotechnews.ru/machine-vision-in-agriculture>
2. YOLOv11 инструкция. – Текст: электронный // vc. – URL: <https://docs.ultralytics.com/ru/models/yolo11/>
3. OpenCV Library. – Текст: электронный // OpenCV. – URL: <https://opencv.org/>

4. NumPy: фундаментальный пакет для научных вычислений на Python. – Текст: электронный // NumPy. – URL: <https://numpy.org/>
5. TensorFlow. – Текст: электронный // TensorFlow. – URL: <https://www.tensorflow.org/>
6. Беляев, Н. М. Методы машинного обучения и искусственного интеллекта: учебное пособие / Н. М. Беляев. – Иркутск : Издательство ИрННТУ, 2021. – 192 с.
7. Воронов, М. В. Системы искусственного интеллекта : учебник и практикум для вузов / М. В. Воронов, В. И. Пименов, И. А. Небаев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2024. – 268 с.
8. Камилярис, А., Пренафета-Болду, Ф. И. Глубокое обучение в сельском хозяйстве: обзор // Computers and Electronics in Agriculture. – 2018. – Т. 147. – С. 70–90.
9. Шаныгин, С. В. Применение компьютерного зрения и автоматизации в аграрном секторе / С. В. Шаныгин // Известия ВУЗов. Сер. "Машиностроение". – 2019. – № 2. – С. 42–46.
10. Блохин, А. В. Анализ изображений и извлечение признаков зрелости плодов : студенческое исследование / А. В. Блохин. – Омск : б. и., 2021. – 64 с.

© А. И. Удалов, А. А. Шаранов, 2025