

УДК 004.421:658.562

ПРОГРАММНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ОБЁРТКИ КОНФЕТ

Антонович В.А., студент гр.181071

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Парамонов А.И. – канд. техн. наук, доцент, зав. каф. ИСиТ

Аннотация. Представлено программное решение для автоматизации контроля качества обертки конфет с использованием технологий компьютерного зрения. Основная задача — выявление дефектов упаковки в реальном времени посредством нейронной сети YOLOv5. Решение построено на архитектуре Python с применением библиотек OpenCV, PyTorch, NumPy и PyQt5. Реализован удобный графический интерфейс для взаимодействия оператора с системой. Проведённые испытания подтвердили высокую точность выявления дефектов и способность интеграции в реальные условия производства. Это позволит существенно повысить качество продукции, снизить расходы и обеспечить эффективный мониторинг процесса упаковки.

Ключевые слова. Машинное обучение, Компьютерное зрение, YOLOv5, упаковка конфет, автоматизация контроля, OpenCV, дефекты упаковки, пищевая промышленность.

Введение.

Современные производственные процессы в условиях жесткой конкуренции требуют внедрения эффективных методов контроля качества продукции, что особенно актуально для пищевой промышленности. Качество упаковки, например, является важным критерием, непосредственно влияющим на восприятие товара потребителем. Недостатки в упаковке могут привести не только к снижению потребительского интереса, но и к рискам для безопасности продукции.

Традиционные способы контроля, основанные на ручной проверке, обладают рядом ограничений. Это и низкая скорость обработки, и человеческие ошибки, и высокие трудозатраты. В последние годы наметилась тенденция к автоматизации этих процессов с использованием технологий компьютерного зрения [1], что позволило значительно повысить точность и скорость выявления дефектов, а также на минимизацию влияния человеческого фактора с целью уменьшения трудоёмкости «ручного» труда, уменьшения затрат производства и др. Автоматизированные системы контроля становятся особенно актуальными в пищевой промышленности, где высокие требования к качеству продукции и безопасности требуют применения более точных и эффективных методов.

В рамках данного дипломного проекта поставлена цель создать программное решение для автоматического контроля качества упаковки конфет с использованием методов компьютерного зрения. Разработка направлена на автоматизацию процессов контроля, что поможет снизить издержки, повысить качество продукции и ускорить процессы проверки на производстве. В основном на предприятиях используется «ручная» проверка качества продукции, поэтому движение в сторону автоматизации является актуальной и необходимой задачей.

Основная часть.

Для автоматизации процесса контроля качества был выбран подход с использованием методов компьютерного зрения. Задача системы заключается в автоматическом выявлении дефектов обёртки конфет на производственной линии, таких как повреждения, дефекты формы и другие аномалии, которые могут возникнуть во время упаковки конфет.

Процесс работы программного средства начинается с выбора вида конфеты оператором. Это необходимо для того, чтобы система могла загрузить заранее обученную модель, которая была обучена для определения дефектов конкретного типа конфеты. После выбора конфеты оператор запускает процесс контроля качества, и система начинает работать в реальном времени, захватывая и обрабатывая изображения с камеры, расположенной на производственной линии. Процесс захвата и обработки изображений включает несколько ключевых этапов, каждый из которых имеет своё значение в общей системе. На первом этапе система захватывает изображения с видеопотока, а затем выполняет действия по их предварительной обработке (например, изменение размера, цвет коррекция, поворот, выравнивание и прочее). После этого выполняется анализ изображения для дальнейшего мониторинга и обнаружения дефектов обёртки.

Для проектирования и реализации программного решения был проведен анализ проблемы и по его результат проведено моделирование бизнес-процессов. На рисунке 1 представлена диаграмма декомпозиции бизнес-функции «Автоматизированный процесс контроля качества обёртки» в представлении «как-надо». Построение функциональной модели позволило описать функциональную спецификацию требований к программному средству.

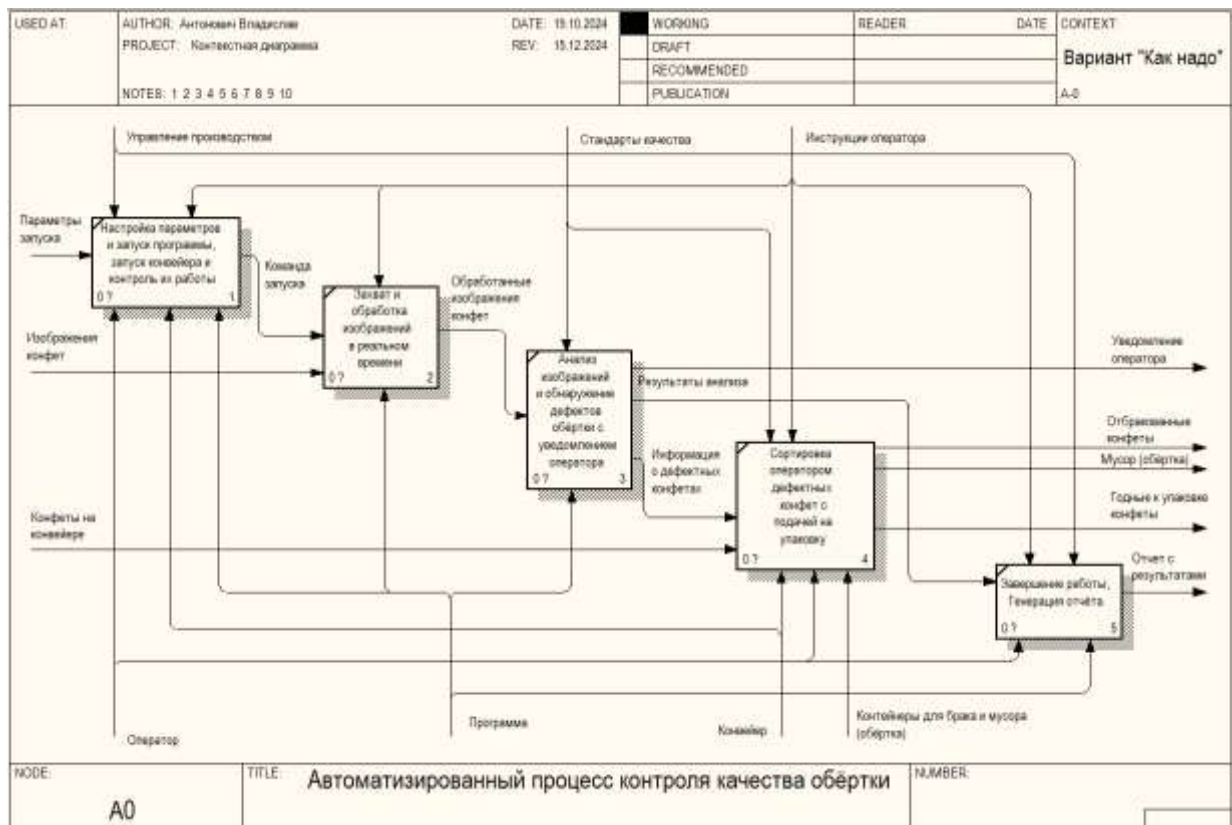


Рисунок 1 – Диаграмма развёртывания программного средства

Основным инструментом для анализа изображений стало применение алгоритмов на основе нейронных сетей модели YOLOv5 [2], которая позволяет обнаруживать дефекты обёртки в реальном времени. Эта модель была обучена на большом количестве изображений конфет и находит дефекты обёртки на изображениях с высокой точностью. YOLOv5 распознает объекты (конфеты) и определяет, есть ли на изображении дефекты. После анализа изображений начинается этап постобработки. После того как модель YOLOv5 выполнит анализ, система проводит постобработку, которая включает маркировку обнаруженных дефектных конфет с указанием типа дефекта. YOLOv5 была выбрана для решения задачи, так как она является одной из самых быстрых в скорости обработки изображений и точных моделей по определению объектов (дефектов) в реальном времени, что критически важно для производственных процессов с высокой производительностью.

Все результаты работы программного средства отображаются на экране пользователя. В случае обнаружения дефекта, на изображении появляется ограничивающая рамка вокруг дефектных конфет с пометкой типа дефекта и вероятностью, с которой он был распознан, а также оператору отправляется уведомление. По завершении процесса контроля качества программное средство генерирует отчёт с результатами работы, который можно сразу же просмотреть, что позволяет отслеживать количество дефектов на производственной линии и анализировать статистику.

Реализация программного средства потребовала комплексного подхода, объединяющего инновационные технологии и методики компьютерного зрения, обеспечивающие высокий уровень вычислительной производительности и устойчивую работу системы в режиме реального времени.

Архитектура системы спроектирована на основе модульного подхода, где каждый этап обработки изображения представлен как отдельный компонент. Основными компонентами программного решения определены:

- Драйвер камеры – программное обеспечение, которое обязательно должно быть установлено на компьютер для управления взаимодействием компьютера с устройством камеры;
- Модуль захвата изображений, который отвечает за захват изображений из видеопотока камеры, которые затем передает для дальнейшей обработки;
- Модуль обработки изображений, который занимается предобработкой изображений, а затем передачей их на анализ в модуль анализа изображений;
- Модуль анализа изображений (YOLOv5), который отвечает за анализ изображений с использованием обученной модели на основе алгоритма обнаружения объектов YOLOv5, а также за обнаружение дефектов и передачу результатов в другие модули;
- Модуль интерфейс пользователя, который обеспечивает взаимодействие с оператором, предоставляя ему визуализацию результатов анализа и контроль над системой;
- Модуль уведомлений, который формирует уведомления для оператора на основе полученных данных во запущенного время процесса контроля качества;

- Модуль генерации отчетов, который по результатам анализа изображений формирует итоговые отчеты.

Также для разворачивания рабочего места оператора определены основные узлы информационной системы:

- Камера – внешнее подключаемое физическое устройство, которое захватывает изображения конфет с конвейера и передает их на компьютер.

– Вычислительный узел – компьютер, на котором размещены все программные средства по обработке и анализу изображений.

Для камеры определены следующие характеристики: подключение к компьютеру через USB, разрешение FHD, частота кадров 60 FPS.

Для компьютера определены следующие минимальные характеристики: 16 ГБ ОЗУ, 5 ГБ ПЗУ, операционная система Windows 10/11.

Для демонстрации архитектуры системы на рисунке 2 представлена диаграмма развертывания, содержащая основные компоненты программного средства.

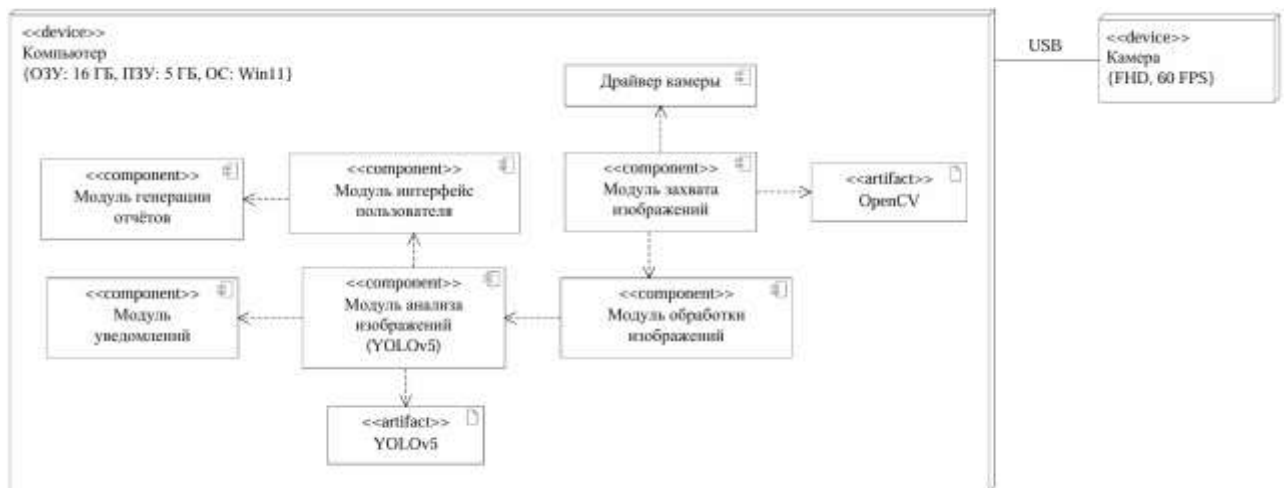


Рисунок 2 – UML диаграмма развёртывания программного средства

Программное средство было реализовано на языке Python. Использование Python обеспечило удобство интеграции с библиотекой компьютерного зрения, такой как OpenCV [3], а также с фреймворком для работы с нейронными сетями, таким как PyTorch [4] для обработки данных и обучения моделей. Кроме того, были использованы дополнительные средства реализации: библиотека NumPy для высокопроизводительных вычислений с массивами данных, что является важным этапом при обработке изображений и выполнении операций над матрицами; библиотека PyQt5 для разработки пользовательского интерфейса.

Особое внимание было уделено этапу обучения модели YOLOv5, который включал подготовку данных, их аннотирование, а также настройку параметров обучения для достижения высокой точности распознавания. Процесс обучения модели проводился с использованием размеченных данных, которые представляли собой кадры из видеозаписей с производственной линии. Кадры были специально отобраны с различными дефектами и распределены равномерно перед обучением, чтобы можно было обучить модель обнаруживать все возможные дефекты в процессе производства. Для ускорения обучения использовались предварительно обученные веса модели YOLOv5, что позволяло значительно повысить качество обнаружения дефектов при меньших затратах времени.

Система была разработана с ориентацией на функционирование в среде операционной системы Windows, что обеспечивает универсальность ее применения на рабочих местах операторов в производственных помещениях различного назначения. Требования к аппаратному обеспечению включают наличие достаточных вычислительных мощностей для эффективной эксплуатации разработанного программного инструмента. Принятый подход позволил быстро создавать прототипы и оперативно вносить требуемые модификации в течение цикла разработки. Важнейшей составляющей процесса проектирования стала реализация интуитивно понятного пользовательского интерфейса, предоставляющего оператору полный контроль над процессом контроля качества и своевременное информирование о выявленных дефектах.

Разработанное программное средство прошло тестирование в условиях, приближенных к реальному производственному процессу. В ходе тестирования была подтверждена его высокая точность в выявлении дефектов обёртки, а также стабильная работа в реальном времени. В процессе работы в программном средстве качественные конфеты помечаются рамкой с границами синего цвета, а дефектные рамкой с границами красного цвета. Пример запущенного процесса контроля качества отображён на рисунке 3.

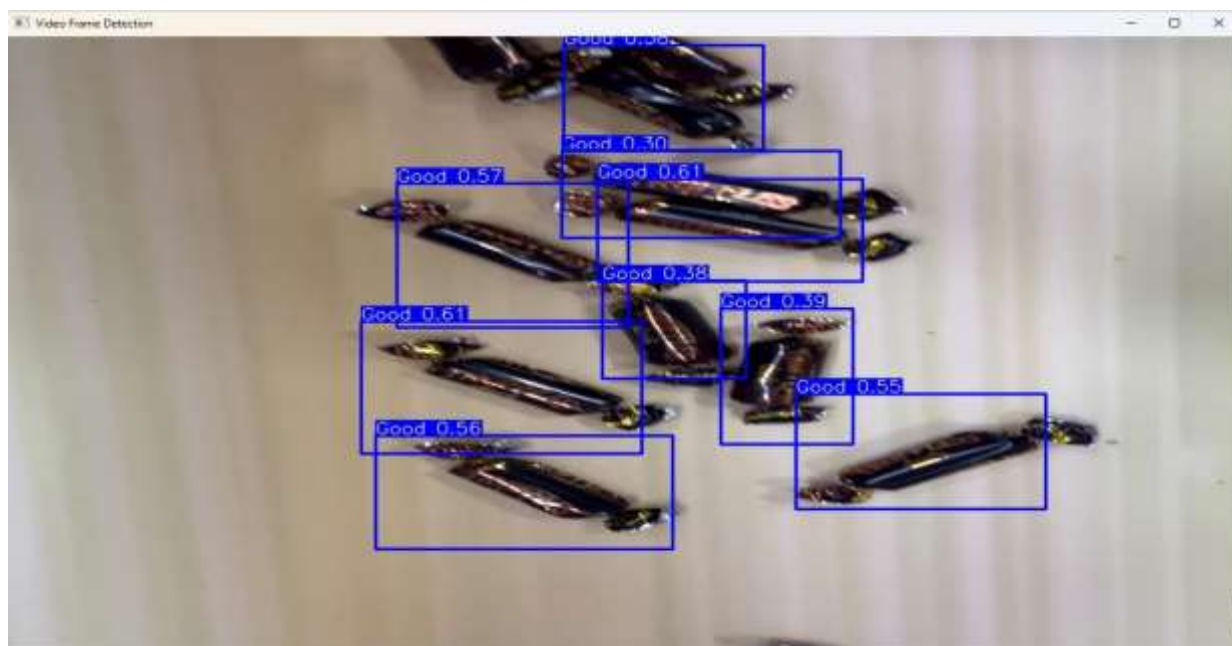


Рисунок 3 – Пример запущенного процесса контроля качества

Заключение. Разработанное программное средство и решение на его основе имеет значительный практический потенциал для внедрения в производственные процессы предприятий пищевой промышленности, где требуется высококачественный и быстрый контроль упаковки. Программа может быть адаптирована под различные производственные линии. Она способствует повышению эффективности производства, снижению затрат на трудовые ресурсы и повышению уровня качества продукции. Технология автоматизации контроля качества с помощью компьютерного зрения является перспективной для многих отраслей, где необходим контроль на разных этапах производственного процесса. Разработанная программа может быть расширена и адаптирована для других типов упаковки или для более сложных производственных процессов, что открывает возможности для дальнейшего развития и усовершенствования проекта в будущем.

Список использованных источников:

1. Иванов, А. Б. Анализ применения технологий компьютерного зрения в автоматизации производственных процессов / А. Б. Иванов, В. Г. Петров // Известия вузов. Серия «Информатика и управление». — Москва, 2024. — Вып. 4. — С. 23–35.
2. YOLOv5 GitHub Repository [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Доступ свободный. — Режим доступа: <https://github.com/ultralytics/yolov5>. — Загл. с экрана. — Яз. англ. — Дата доступа: 30.03.2025.
3. OpenCV-Python Tutorials [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Доступ свободный. — Режим доступа: https://docs.opencv.org/4.x/d6/d00/tutorial_py_root.html. — Загл. с экрана. — Яз. англ. — Дата доступа: 30.03.2025.
4. PyTorch Documentation [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Доступ свободный. — Режим доступа: <https://pytorch.org/docs/stable/index.html>. — Загл. с экрана. — Яз. англ. — Дата доступа: 30.03.2025.

UDC 004.421:658.562

SOFTWARE SOLUTION FOR AUTOMATING QUALITY CONTROL OF CANDY WRAPPERS

Antonovich V.A., student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Paramonov A.I. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. The article presents a software solution for automating quality control of candy wrappers using computer vision technologies. The main objective is to detect packaging defects in real time using the YOLOv5 neural network. The solution is built on the Python architecture using the OpenCV, PyTorch, NumPy and PyQt5 libraries. A user-friendly graphical interface for operator interaction with the system is implemented. The tests confirmed the high accuracy of defect detection and the ability to integrate into real production conditions. This will significantly improve product quality, reduce costs and ensure effective monitoring of the packaging process.

Keywords. Machine Learning (ML), Computer Vision, YOLOv5, Candy Packaging, Control Automation, OpenCV, Packaging Defects, Food Industry.