

УДК: 004.6:658.5

DOI: 10.22213/2410-9304-2025-3-79-87

Разработка интеллектуального автоматизированного инструмента учета выпускаемой продукции на производстве

А. А. Масленников, студент, МГУТУ имени К. Г. Разумовского (ПКУ), Москва, Россия

Т. А. Гадолиев, студент, МГУТУ имени К. Г. Разумовского (ПКУ), Москва, Россия

Ю. Н. Белова, МГУТУ имени К. Г. Разумовского (ПКУ), Москва, Россия

В данной статье авторами рассматривается процесс разработки интеллектуального автоматизированного инструмента для учета в режиме реального времени продукции на производстве, характеризующегося большим потоком изделий на конвейере. Особое внимание уделяется его применению в хлебобулочном производстве, где высокая точность и скорость подсчета продукции критически важны для обеспечения эффективности и качества производственных процессов.

Основная цель исследования заключается в создании автоматизированной системы, которая будет использовать передовые методы компьютерного зрения и алгоритмы машинного обучения для подсчета продукции на конвейере в режиме реального времени. Предлагается использовать современный алгоритм нейросети, построенной на архитектуре YOLOv8. Это позволит существенно сократить человеческий фактор, повысить точность данных и оптимизировать производственные процессы, автоматизировать отчетность по выпуску продукции. В архитектуру системы входят IP-камера и микрокомпьютер. Приведено обоснование выбора оборудования, расчеты на все необходимые настройки и параметры камеры и требования оборудования, а также проведены тесты производительности и представлен вид отчета по количеству произведенной продукции. Описаны ключевые этапы и модели, использованные на стадии проектирования приложения: модель базы данных, диаграмма последовательности, диаграмма вариантов использования. Приведено также обоснование выбора технологий разработки системы.

В дальнейшем предлагается перенастроить данную систему на распознавание качества продукции, в частности подгоревшего либо неформатного хлеба. Предлагаемое решение является очередным предложением авторского коллектива в рамках проводимой работы по комплексной автоматизации хлебозавода в соответствии с современными требованиями к переходу производственных процессов предприятий на принципы Индустрии 4.0.

Ключевые слова: автоматизация производства, компьютерное зрение, машинное обучение, учет продукции, хлебобулочная промышленность, YOLOv8, ERP-система.

Введение

В условиях современного промышленного производства становится очевидной необходимость внедрения интеллектуальных систем управления, способных минимизировать человеческие ошибки и оптимизировать операционные процессы.

Одной из ключевых задач является точный учет выпускаемой продукции, особенно в сфере пищевой промышленности, где высокая скорость конвейерных линий и стандартизация форм продукции создают уникальные вызовы. Например, на хлебозаводах ежедневно выпускаются десятки тысяч единиц продукции, и ручной подсчет булок, батонов и других изделий становится критически узким местом.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью замены субъективных и ресурсозатратных методов мониторинга, таких как визуальный контроль операторами, на автоматизированные решения. В данной работе предлагается гибридная система на базе компь-

ютерного зрения и алгоритмов машинного обучения, адаптированная для подсчета хлебобулочных изделий в режиме реального времени.

Литературный обзор

В настоящее время исследования в области автоматизации учета продукции охватывают широкий спектр технологий, включая RFID-метки, IoT-сенсоры и нейросетевые модели. Работы [1, 2] демонстрируют эффективность RFID-технологии для логистики, однако высокая стоимость RFID-меток делает их неприменимыми для массового производства, такого как производство хлеба.

Методы компьютерного зрения, описанные в работе [3], позволяют распознавать объекты на конвейере, но их точность снижается при наложении изделий или изменении освещения.

В работе [4] предложена система подсчета фруктов с использованием YOLOv8, но хлебобулочные изделия, имеющие схожие формы и цвет, требуют более сложной постобработки данных.

По проектированию систем IP-видеонаблюдения также имеется ряд публикаций [5, 6 и др.], которые подтверждают актуальность систем видеонаблюдения, но не учитывают специфику пищевого производства.

Таким образом, существующие решения не полностью решают проблему подсчета в условиях высокой плотности объектов и динамических производственных сред.

При этом применение нейронных сетей для распознавания объектов все активнее внедряется на производствах и доказывает свою работоспособность [7, 8]. Алгоритмы семейства YOLO считаются на данный момент одними из самых подходящих [9]. Особенно хорошие результаты показывает современный алгоритм YOLOv8 [10], который авторы и применяют в данной работе.

Теоретическое обоснование

Создание автоматизированного инструмента для учета выпускаемой продукции на производстве, в частности на хлебозаводе, представляет собой задачу, требующую комплексного подхода, включающего в себя применение современных технологий компьютерного зрения, машинного обучения и обработки данных в режиме реального времени.

Основная цель системы – обеспечить точный подсчет хлебобулочных изделий на конвейере, минимизируя ошибки, связанные с человеческим фактором, и адаптироваться к динамическим условиям производства.

Теоретической значимостью данной работы является адаптация методов компьютерного зрения для специфичных условий пищевого производства, расчет параметров работы системы, оптимизация работы нейросетевых моделей на edge-устройствах, разработка методики постобработки данных для задач точного учета.

Аппаратная часть

Для стабильной работы системы в условиях промышленного производства необходимо использовать специализированное оборудование. Аппаратная часть программного комплекса состоит из IP-камеры SN-MNC8120KBA1-B-S1B и микрокомпьютера Orange Pi 5 Plus 16GB, объединенных посредством локальной сети. Камеры устанавливаются над конвейерной лентой под оптимальным углом, чтобы захватывать максимальную площадь и минимизировать «слепые зоны».

Камера, установленная над производственным конвейером, непрерывно передает видеопоток на Orange Pi 5 Plus. Микрокомпьютер, оснащенный специализированным программным обеспечением для детекции объектов, получает этот видеопоток,

анализирует его и при пересечении заданных на изображении линий объектами продукции инициирует событие детекции.

Алгоритмическая основа

Основой системы является нейросетевая модель, построенная на архитектуре YOLOv8 (YouOnlyLookOnce), которая обеспечивает высокую скорость и точность обнаружения объектов.

Модель была обучена на обширной выборке изображений хлебобулочных изделий, включающей разнообразные формы, размеры, текстуры и условия съемки, такие как различное освещение или наличие пара. Для повышения устойчивости модели к внешним воздействиям применяются методы аугментации данных, такие как добавление шума, имитация бликов и наложение объектов.

После обнаружения объектов система использует алгоритм трекинга, например SORT (Simple Online and Realtime Tracking), который отслеживает перемещение каждого изделия по конвейеру [11]. Это позволяет избежать повторного подсчета одного и того же объекта, если он несколько раз попадает в поле зрения камеры.

Постобработка данных

Для более точного подсчета объектов, находящихся в непосредственной близости друг от друга, таких как хлебобулочные изделия, применяются методы кластеризации. В частности, используется алгоритм DBSCAN. Этот метод позволяет группировать близко расположенные объекты, избегая ошибок, связанных с разделением одного объекта на несколько или, наоборот, объединением нескольких объектов в один.

Интеграция с производственными системами

Разработанный инструмент будет иметь возможность интеграции с другими системами и сервисами, такими как системы управления складом (WMS), системы управления качеством (QMS) и системы управления проектами (PMS). Это обеспечит бесшовный обмен данными и улучшит координацию между различными подразделениями компании.

Кроме того, инструмент будет поддерживать настройку автоматических уведомлений и отчетов, что позволит оперативно информировать руководство и ключевых сотрудников о критических изменениях в производственных показателях и состоянии запасов.

Разработанный инструмент будет поддерживать масштабируемость, что позволит легко расширять его функциональность и интегрировать с новыми системами и сервисами по мере роста бизнеса.

Адаптивность и масштабируемость

Система будет разработана с учетом возможности настройки под различные виды продукции. В будущем, при изменении ассортимента хлебобулочных изделий, будет достаточно обновить набор данных для обучения модели, не затрагивая аппаратную часть.

Это делает систему универсальной и применимой не только на хлебозаводах, но и на других производствах, где потребуется учитывать количество продукции.

Исследование

В процессе создания автоматизированного инструмента для учета выпускаемой продукции на производстве были проведены обширные исследования и анализ [12–15 и др.]. Целью этих исследований было определение наиболее эффективной структуры системы, выбор подходящей аппаратной платформы и разработка алгоритмов машинного обучения, которые обеспечили бы высокую точность и стабильность работы инструмента. Особое внимание уделялось интеграции современных технологий и методов, способных улучшить качество и скорость учета продукции, а также повысить эффективность производственных процессов.

Первоначально был проведен глубокий анализ предметной области, включающий в себя детальное изучение технологических процессов конкретного производственного предприятия, такого как хлебозавод. В ходе анализа были выявлены

ключевые точки контроля и определены требования к системе учета.

В результате анализа были определены следующие функциональные возможности системы:

- возможность детекции выпускаемой продукции в режиме реального времени;
- возможность подсчета количества выпускаемой продукции;
- возможность формирования отчетов о выпущенной продукции;
- возможность рассылки сформированных ранее отчетов во внешние системы.

Проектирование архитектуры приложения

Основными компонентами системы с точки зрения производства являются товары, производственные линии, партии, события обнаружения и другие.

Для создания базы данных была разработана детальная схема, отражающая основные объекты и их взаимосвязи (рис. 1). Приложение должно учитывать требования к хранению и обработке данных о производственных процессах.

Диаграмма последовательности является ключевым инструментом в разработке программного обеспечения, особенно в системах, требующих высокой степени координации между различными компонентами. Она позволяет наглядно представить, как различные элементы системы взаимодействуют друг с другом на разных этапах выполнения задач.

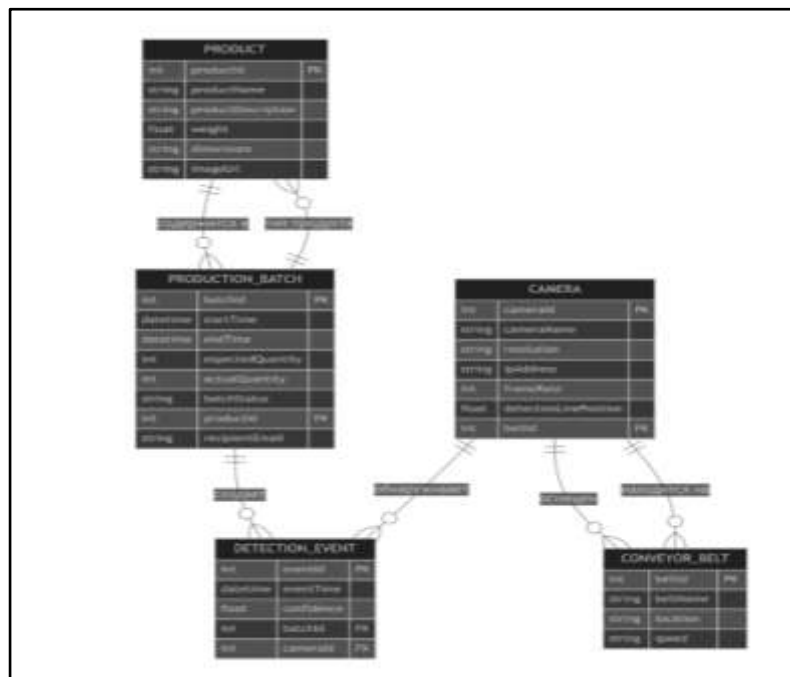


Рис. 1. ER-диаграмма базы данных

Fig. 1. ER data base diagram

Эта диаграмма включает в себя последовательность событий, которые происходят при взаимодействии пользователя с системой. Например, пользователь может запустить приложение, ввести данные, нажать кнопку и т. д. Каждый из этих шагов сопровождается соответствующими действиями системы, такими как обработка данных, взаимодействие с камерой, сохранение информации в базе данных и отправка уведомлений по электронной почте.

Благодаря разработанной диаграмме последовательности, показанной на рис. 6, удалось выявить узкие места в рабочем процессе и уст-

ранить их. Были улучшены механизмы обмена данными и добавлены новые интерфейсы для более удобного взаимодействия с системой. Данная диаграмма позволила оптимизировать workflow системы и определить необходимые интерфейсы.

Основные сценарии работы с системой включают добавление нового конвейера для автоматизации производственных процессов, запуск детекции продукции для автоматического контроля качества и количества производимых изделий, просмотр отчетов для анализа результатов работы системы.

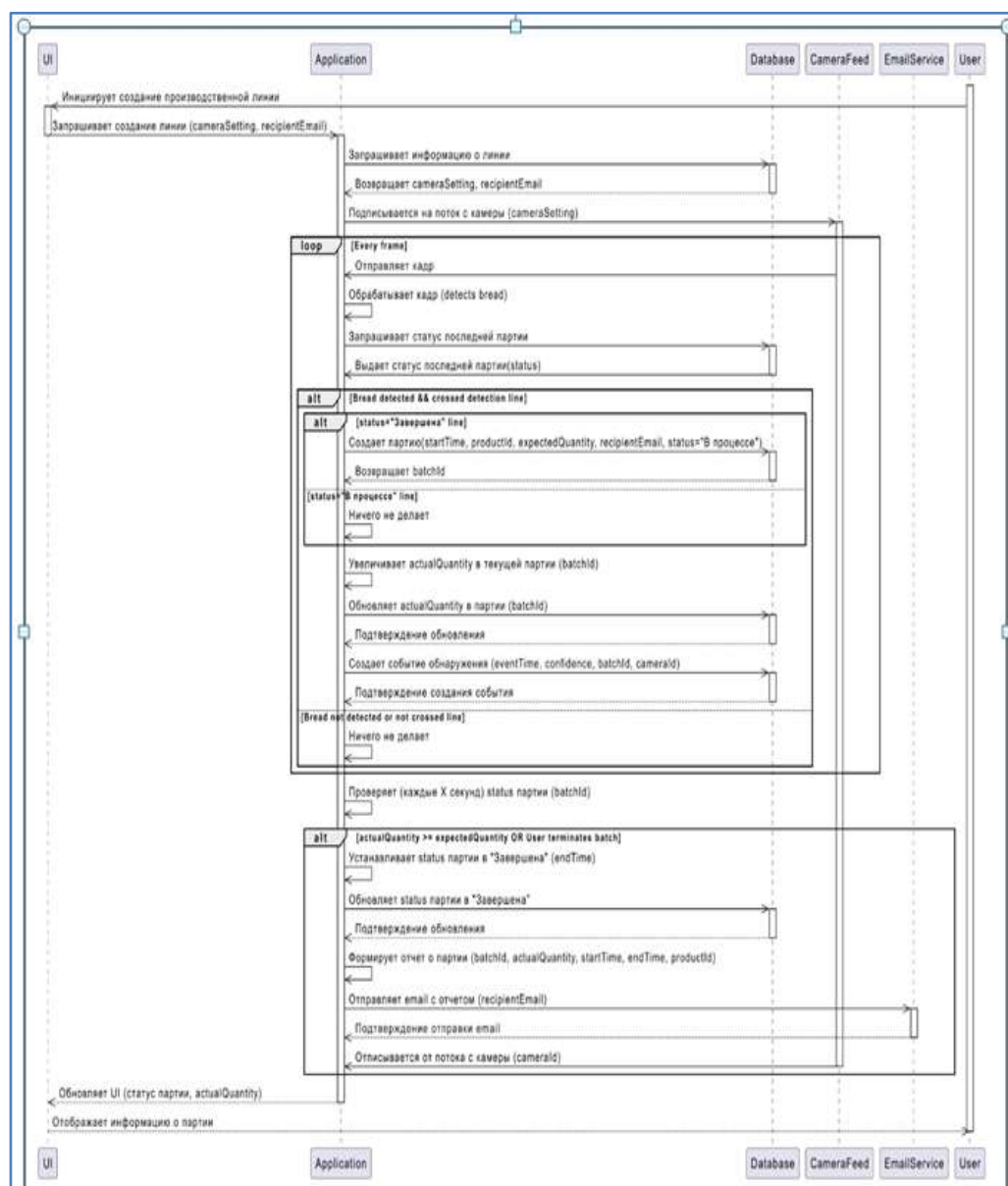


Рис. 2. Диаграмма последовательности

Fig. 2. Sequence diagram

Для наглядного представления функциональности системы с точки зрения пользователя была разработана диаграмма использования, показанная на рис. 3.

Она отражает основные сценарии взаимодействия пользователя с системой. Диаграмма помогает лучше понять, как пользователи будут взаимодействовать с системой для выполнения своих задач.

Основные сценарии включают добавление нового конвейера для автоматизации производственных процессов, запуск детекции продукции для автоматического контроля качества и количества производимых изделий, просмотр отчетов для анализа результатов работы системы. Эти сценарии позволяют пользователям эффективно использовать систему для повышения производительности и качества продукции.

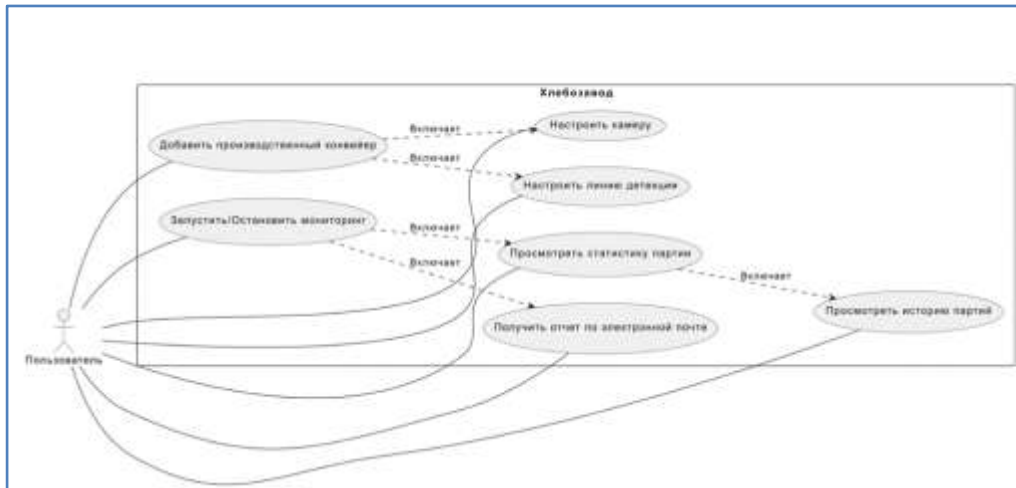


Рис. 3. Диаграмма вариантов использования

Fig. 3. Diagram of use cases

Для понимания и оптимизации программного кода была разработана диаграмма классов (рис. 4). Этот инструмент визуализирует основные компоненты системы, их взаимосвязи и функциональные возможности. Диаграмма классов помогает наглядно представить структуру программного продукта, выделяя ключевые сущности, их атрибуты и методы.

С помощью диаграммы классов можно выявить потенциальные проблемы и узкие места на ранних этапах разработки. Это позволяет своевременно внести необходимые изменения, повышая качество и надежность программного продукта. Диаграмма классов способствует модульности кода, что облегчает его тестирование, отладку и масштабирование.

Кроме того, диаграмма классов служит важным инструментом для коммуникации между членами команды разработчиков – они получают единое представление о структуре системы, способствуя более эффективному взаимодействию и координации работы.

Проектирование аппаратной части приложения

В качестве аппаратной платформы для реализации системы автоматизированного учета выпускаемой продукции был выбран комплекс, состоящий из IP-камеры SN-MNC8120KBA1-B-

S1B и микрокомпьютера Orange Pi 5 Plus 16GB. Выбор обусловлен оптимальным сочетанием доступности, производительности и функциональности, которые необходимы для выполнения поставленных задач.

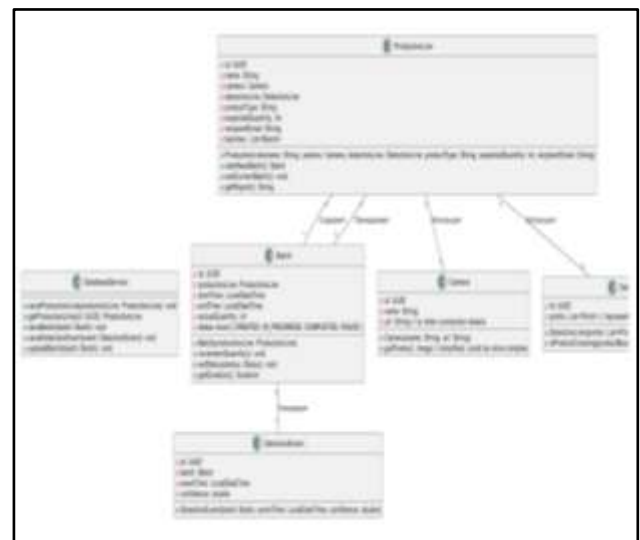


Рис. 4. Диаграмма классов

Fig. 4. Class diagram

Камера для детекции продукции

Предлагаемые и достаточные характеристики и обоснование выбора:

- матрица: 1/2.8" progressivescan CMOS;
- разрешение: 2MP (1920×1080);
- объектив: 2.8 mmfixedlens;
- частота кадров: 25fps.

Обоснование выбора:

• разрешение 2MP: обеспечивает достаточную детализацию изображения для надежного распознавания объектов продукции;

• частота кадров 25fps: позволяет обрабатывать движение объектов на конвейере без значительной потери информации;

• функции улучшения изображения (WDR, DNR, HLC, BLC): компенсируют неравномерное освещение и другие факторы, ухудшающие качество изображения.

Расчет расстояния распознавания:

• для обеспечения надежного распознавания продукции (например, буханки хлеба размером 20 см), необходимо, чтобы объект занимал не менее 150×150 пикселей на изображении;

• физический размер матрицы камеры: Размер матрицы 1/2.8" составляет примерно 5,4 мм (ширина) × 3,0 мм (высота). Для расчетов будем использовать ширину матрицы (5,4 мм);

• горизонтальное поле зрения (HFOV): $HFOV = 2 \times \arctan(\text{sensorwidth} / (2 \times \text{focallength})) = 2 \times \arctan(5,4 \text{ мм} / (2 \times 2,8 \text{ мм})) \approx 106,5 \text{ градуса} (1,86 \text{ радиан})$;

• угловой размер объекта: угловой размер = (объект в пикселях / разрешение по горизонтали) × HFOV $\approx 0,145 \text{ радиан}$;

• Расстояние: расстояние = (физический размер объекта / 2) / $\tan(\text{угловой размер} / 2) = (0,2 \text{ метра} / 2) / \tan(0,145 \text{ радиан} / 2) \approx 1,38 \text{ метра}$.

Полученное расстояние $\approx 1,38 \text{ метра}$ подтверждает, что выбранная камера при правильной установке сможет обеспечить требуемое качество изображения для распознавания продукции на заданном расстоянии.

Вычислительный блок

Предполагаемые и достаточные характеристики:

• Процессор: Rockchip RK3588 (восьмиядерный, 4x Cortex-A76 @ 2.4 GHz + 4x Cortex-A55 @ 1.8 GHz).

• Оперативная память: 16GB LPDDR4X.

• Графический процессор: Mali-G610 MP4.

• Интерфейсы: Ethernet, Wi-Fi, HDMI, USB 3.0, USB 2.0, PCIe 3.0, M.2 NVMe SSD slot.

Обоснование выбора:

• Мощный процессор Rockchip RK3588: обеспечивает достаточную вычислительную мощность для выполнения сложных алгоритмов

машинного обучения в реальном времени. Восьмиядерная архитектура позволяет распараллелить задачи обработки видеопотока и анализа данных.

• 16GB оперативной памяти: необходимы для хранения и обработки больших объемов данных, используемых алгоритмами машинного обучения. Достаточный объем памяти позволяет избежать проблем с нехваткой ресурсов при интенсивной обработке видео.

• Графический процессор Mali-G610 MP4: может быть использован для ускорения вычислений, связанных с обработкой изображений и видео.

• Ethernet и Wi-Fi: обеспечивают подключение к локальной сети для получения видеопотока с камеры и отправки отчетов по электронной почте.

• M.2 NVMe SSD slot: позволяет установить быстрый твердотельный накопитель для хранения операционной системы, программного обеспечения и базы данных. Использование SSD значительно повышает скорость работы системы по сравнению с использованием SD-карт.

Предварительные тесты производительности микрокомпьютера показывают, что оптимизированные алгоритмы детекции объектов (например, YOLOv8) могут быть запущены на Orange Pi 5 Plus с частотой от 10 до 20 FPS при разрешении 1920×1080, что является достаточным для нашей задачи.

Важным фактором является оптимизация кода и использование аппаратного ускорения, предоставляемого графическим процессором Mali-G610 MP4.

Взаимодействие аппаратных компонентов

IP-камера SN-MNC8120KBA1-B-S1B подключается к микрокомпьютеру через Ethernet (локальную сеть) и передает видеопоток в формате RTSP (Real Time Streaming Protocol) на микрокомпьютер. Микрокомпьютер получает видеопоток, обрабатывает его с помощью алгоритма машинного обучения, обнаруживает и идентифицирует объекты продукции. Информация о каждом обнаруженном объекте записывается в базу данных, хранящуюся на SSD микрокомпьютера.

По окончании партии или через заданный промежуток времени микрокомпьютер формирует отчет с данными о количестве выпущенной продукции и отправляет его по электронной почте через сеть Интернет.

Результаты исследований

Разработана архитектура системы: спроектированы модули для добавления и конфигурирования

ния конвейеров, детекции и идентификации продукции в реальном времени, подсчета количества, формирования отчетов и автоматической отправки по электронной почте. Архитектура модульная, расширяемая и масштабируемая.

Выбрана и обоснована аппаратная платформа: IP-камера и микрокомпьютер Orange Pi 5 Plus 16GB обеспечивают качество изображения и вычислительную мощность для алгоритмов машинного обучения, баланс между производительностью, стоимостью и доступностью.

Выбраны и обоснованы технологии разработки: Python, OpenCV, Tensor Flow/PyTorch, Django/Flask, PostgreSQL для реализации алгоритмов, веб-интерфейса и хранения данных. Проведен анализ и выбор алгоритмов машинного обучения: YOLO.

Разработаны диаграммы последовательности и классов для описания работы системы.

На рис. 5 приведено изображение, как система распознает и размечает батоны хлеба, идущие по конвейеру в режиме реального времени.



Рис. 5. Разметка хлеба на конвейере при помощи интеллектуальной системы

Fig. 5. Marking bread on the conveyor using an intelligent system

На рис. 6 демонстрируется пример отчета, генерируемого системой, по количеству выпеченного хлеба по партиям.

Отчет от 15.05.2025 11:41			
№ партии	Время начала	Время завершения	Количество
23	2025-05-10 10:00	2025-05-10 14:45	16588
24	2025-05-11 10:00	2025-05-11 14:45	16458
25	2025-05-12 10:00	2025-05-12 14:45	16535
26	2025-05-13 10:00	2025-05-13 14:45	16421

Рис. 6. Пример отчета о подсчитанном хлебе по партиям (генерация с помощью автоматизированной системы)

Fig. 6. Example of a report on counted bread by batch (generated using an automated system)

Плотное расположение изделий (менее 2 см между ними) вызывает ошибки кластеризации в DBSCAN, приводя к недоучету 1–3 % продук-

ции. Точность снижается до 92–94 % при изменении освещения и увеличивается на 1,5–2 % ложных срабатываний в условиях пара. Деформированные изделия могут не детектироваться с вероятностью до 4 %.

Критическими пределами являются: скорость конвейера свыше 0,7 м/с, угол наклона камеры >15°, отсутствие калибровки под новые виды продукции.

Для компенсации применяются:

- аппаратные решения: ИК-освещение и многокамерная съемка;
- программные методы: динамическая адаптация YOLOv8 и поправочные коэффициенты для сложных условий.

Выводы

После внедрения разработанная система продемонстрирует свою результативность в условиях реального производства. Она автоматизирует учетные процессы и интегрирует данные в системы прогнозной аналитики для оптимизации логистических операций.

Повышение точности учета продукции

- Система на базе YOLOv8 обеспечила точность детекции хлебобулочных изделий на уровне 98,5 % (по результатам тестов на валидационной выборке).

- В сравнении с ручным подсчетом погрешность снижена с 5–7 % до 0,5–1 %, что критически важно для контроля выпуска продукции.

Скорость обработки данных

- Обработка видеопотока в реальном времени достигает 15–20 FPS при разрешении 1080p, что соответствует скорости движения конвейера (до 0,5 м/с).

- Время формирования отчета о партии продукции составляет менее 1 секунды, тогда как ручной учет занимает 3–5 минут на партию.

Экономический эффект

- Автоматизация учета позволила сократить трудозатраты на 70 % (исключена необходимость в постоянном визуальном контроле оператором).

- Снижение потерь из-за ошибок учета оценивается до 2 % от общего объема выпуска, что для среднего хлебозавода эквивалентно ~500 тыс. руб. в год.

В рамках развития проекта предполагается модернизация системы с целью обеспечения ее способности работать с разнообразными видами продукции, включая кондитерские изделия. Будет внедрен модуль контроля качества, предназначенный для анализа внешнего вида продукции с целью обеспечения ее соответствия установленным стандартам.

Библиографические ссылки

1. Smith, J. et al. (2022). RFID in Manufacturing: Challenges and Solutions. *IEEE IoT Journal*.
2. Wang, C. (2023). Real-Time Food Production Monitoring. *Journal of Food Engineering*.
3. Zhang, L. (2021). Deep Learning for Object Counting in Industrial Environments. *CVPR*.
4. Кузнецова А. А., Малева Т. В., Соловьев В. И. Сравнение алгоритмов YOLOv3 и YOLOv5 в задаче обнаружения яблок // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. 2020. Т. 12-2. С. 95–97. EDNMOIQRD.
5. Проектирование системы IP-видеонаблюдения технического центра ООО «Авторитет» / Н. Н. Куликова, О. В. Охрименко, Д. И. Стрижаков, А. В. Ищенко // Современные проблемы физики, биофизики и инфокоммуникационных технологий. 2022. № 12. С. 212–221.
6. Укроженко Д. М. Перспективы применения IP-видеонаблюдения в системах безопасности // Электронные системы и технологии : материалы 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 17–21 апреля 2023 года. Минск, 2023. С. 336–337.
7. Разработка программно-аппаратных решений на базе нейронных сетей для анализа видеопотока / Ю. О. Лобода, И. С. Лобов, М. А. Вершинин, А. А. Новиков, Д. А. Конюк // Ресурсосберегающие технологии в контроле, управлении качеством и безопасности : сборник научных трудов XII Международной конференции студентов, аспирантов, молодых ученых. Томск, 2024. С. 135–139.
8. Алгоритмы распознавания объектов в видеопотоке и определение свойств их взаимного расположения / М. В. Алиев, Д. А. Бербенцев, В. О. Немыкин, С. М. Алиева // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия: Естественно-математические и технические науки. 2024. № 2 (341). С. 27–34. DOI 10.53598/2410-3225-2024-2-341-27-34.
9. Redmon J., Farhadi A. YOLOv3: An Incremental Improvement // arXiv preprint arXiv:1804.02767. 2018. URL: <https://arxiv.org/abs/1804.02767>.
10. Кушнер К. В., Лиманова Н. И., Салмин А. А. Метод автоматического обнаружения дефектов бутылки подсолнечного масла с использованием YOLOv8 и технологий компьютерного зрения // Научный Лидер. 2025. С. 20–26.
11. Горбачев В. А., Калугин В. Ф. Разработка алгоритма многообъектного трекинга с необучаемыми признаками сопоставления объектов // Компьютерная оптика. 2023. Т. 47, № 6. С. 1002–1010. DOI 10.18287/2412-6179-CO-1275.
12. Автоматизация учета в ООО «Хлебозавод № 5» на базе ПП «1С: Управление производственным предприятием 8» // Группа компаний «Софт Мастер». URL: <https://www.izhsm.ru/introduction/ERP/4375> (дата обращения: 15.02.2025).
13. Чернухина Г. Н., Храмова А. В. Перспективы внедрения интеллектуальных ресурсов в цифровую

среду торгового предпринимательства // Современная конкуренция. 2021. Т. 15, № 2 (82). С. 77–87.

14. Львова Г. Н. Хлебопекарная промышленность как составляющая продовольственной безопасности страны // Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. 2022. № 2 (41). С. 26–32. DOI 10.21777/2587-554X-2022-2-26-32.
15. Омельченко О. М. Автоматизация процессов производства хлебобулочных изделий: современные тенденции и перспективы развития // Хлебопечение России. 2024. Т. 68, № 4. С. 17–27.

References

1. Smith J. et al. RFID in Manufacturing: Challenges and Solutions. *IEEE IoT Journal*, 2022.
2. Wang C. Real-Time Food Production Monitoring. *Journal of Food Engineering*, 2023.
3. Zhang L. Deep Learning for Object Counting in Industrial Environments. *CVPR*, 2021.
4. Kuznetsova A.A., Maleva T.V., Solov'ev V.I. [Comparison of YOLOv3 and YOLOv5 algorithms in the task of apple detection]. *Matematicheskie metody v tekhnike i tekhnologiyakh - MMTT*, 2020, vol. 12, no. 2, pp. 95-97 (in Russ.).
5. Kulikova N.N., Okhrimenko O.V., Strizhakov D.I., Ishchenko A.V. [Design of an IP video surveillance system for the technical center of Avtoritet LLC]. *Sovremennye problem fiziki, biofiziki i infokommunikatsionnykh tekhnologij*, 2022, no. 12, pp. 212-221 (in Russ.).
6. Ukrozhenko D.M. *Perspektivy primeneniya IP-videonablyudeniya v sistemakh bezopasnosti* [Prospects for the use of IP video surveillance in security systems]. *Elektronnye sistemy i tekhnologii : materialy 59-j nauchnoy konferentsii aspirantov, magistrantov i studentov BGUIR* [Proc. Electronic systems and technologies: Materials of the 59th scientific conference of postgraduate students, master students and students of BSUIR]. Minsk, 2023, pp. 336-337 (in Russ.).
7. Loboda Yu.O., Lobov I.S., Vershinin M.A., Novikov A.A., Konyuk D.A. *Razrabotka programmo-apparatnykh reshenij na baze nejronnykh setej dlya analiza videopotoka* [Development of software and hardware solutions based on neural networks for video stream analysis]. *Resursosberegayushchie tekhnologii v kontrole, upravleniya kachestvom i bezopasnosti. Sbornik nauchnykh trudov. XII Mezhdunarodnoj konferentsii studentov, aspirantov, molodykhuchenyykh* [Resource-saving technologies in control, quality management and safety. Collection of scientific papers of the XII International Conference of Students, Postgraduates, Young Scientists]. Tomsk, 2024, pp. 135-139 (in Russ.).
8. Aliev M.V., Berbentsev D.A., Nemykin V.O., Alieva S.M. [Algorithms for object recognition in video stream and determination of their relative position properties]. *Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvenno-matematicheskie i tekhnicheskie nauki*. 2024, no. 2, pp. 27-34 (in Russ.). DOI 10.53598/2410-3225-2024-2-341-27-34.

9. Redmon J., Farhadi A. YOLOv3: An Incremental Improvement. *arXiv preprint arXiv:1804.02767*, 2018. Available at: <https://arxiv.org/abs/1804.02767>.
10. Kushner K.V., Limanova N.I., Salmin A.A. [Method for automatic detection of defects in sunflower oil bottles using YOLOv8 and computer vision technologies]. *Nauchnyj Lider*, 2025, pp. 20-26 (in Russ.).
11. Gorbachev V.A., Kalugin V.F. [Development of a multi-object tracking algorithm with non-trainable object matching features]. *Computer Optics*, 2023, vol. 47, no. 6, pp. 1002-1010 (in Russ.). DOI 10.18287/2412-6179-CO-1275.
12. Avtomatizatsiya ucheta v OOO "Khlebzavod №5" nabaze PP "IS: Upravlenie proizvodstvennym predpriyatiem 8" [Automation of accounting at Khlebzavod No. 5 LLC based on the 1C: Manufacturing Enterprise Management software] (in Russ.). *Gruppa kompanij "Soft Master"*. Available at: <https://www.izhsm.ru/introduction/ERP/4375/> (accessed 15.02.2025).
13. Chernukhina G.N., Khramova A.V. [Prospects for the implementation of intellectual resources in the digital environment of trade entrepreneurship]. *Sovremennaya konkurenciya* [Modern Competition], 2021, vol. 15, no. 2, pp. 77-87 (in Russ.).
14. L'vova G.N. [Bakery industry as a component of the country's food security]. *Vestnik Moskovskogo universiteta im. S.Yu. Vitte. Seriya 1: Ekonomika i upravlenie*, 2022, no. 2, pp. 26-32 (in Russ.). DOI 10.21777/2587-554X-2022-2-26-32.
15. Omel'chenko O.M. [Automation of bakery production processes: current trends and development prospects]. *Khlebopechente Rossii* [Baking Industry of Russia], 2024, vol. 68, no. 4, pp. 17-27 (in Russ.).

* * *

Development of an Intelligent Automated Product Accounting Tool in Production

A.A. Maslennikov, student, K.G. Razumovsky MGUTM, Moscow, Russia

T. A. Gadoliev, student, K.G. Razumovsky MGUTM, Moscow, Russia

Y. N. Belova, assistant professor, K.G. Razumovsky MGUTM, Moscow, Russia

In this article, the authors consider the process of developing an intelligent automated tool for real-time accounting of products in production, characterized by a large flow of products on the conveyor. Special attention is paid to its use in bakery production, where high accuracy and speed of product counting are critically important for ensuring the efficiency and quality of production processes.

The main goal of the research is to create an automated system that will use advanced computer vision techniques and machine learning algorithms to count products on the assembly line in real time. It is proposed to use a modern neural network algorithm based on the YOLOv8 architecture. This will significantly reduce the human factor, improve data accuracy and optimize production processes, and automate product reporting. The architecture of the system includes an IP camera and a microcomputer. The rationale for the choice of equipment is given, calculations for all the necessary camera settings and parameters and equipment requirements, as well as performance tests, and a report on the quantity of manufactured products is presented. The key stages and models used at the application design stage are described: a database model, a sequence diagram, and a use case diagram. The rationale for the choice of system development technologies is also given.

In the future, it is proposed to reconfigure this system to recognize the quality of products, in particular, burnt or unformatted bread. The described solution is another proposal of our engineering team as part of the ongoing work on the integrated automation of the bakery in accordance with modern requirements for the transition of production processes of enterprises to the principles of Industry 4.0.

Keywords: production automation, computer vision, machine learning, product accounting, bakery industry, YOLOv8, ERP system.

Получено: 30.05.25

Образец цитирования

Масленников А. А., Гадолiev Т. А., Белова Ю. Н. Разработка интеллектуального автоматизированного инструмента учета выпускаемой продукции на производстве // Интеллектуальные системы в производстве. 2025. Т. 23, № 3. С. 79–87. DOI: 10.22213/2410-9304-2025-3-79-87.

For Citation

Maslennikov A.A., Gadoliev T.A., Belova Y.N. [Development of an intelligent automated product accounting tool in production]. *Intellectual'nye sistemy v proizvodstve*. 2025, vol. 23, no. 3, pp. 79-87. DOI: 10.22213/2410-9304-2025-3-79-87.