

Применение технологий компьютерного зрения для контроля доступности хлебобулочных изделий на полках в режиме реального времени

Юрий Васильевич Забайкин

Кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры автоматизации технологических процессов
Российский государственный университет нефти и газа НИУ им. И.М. Губкина

Москва, Россия

79264154444@yandex.com

ORCID 0000-0000-0000-0000

Поступила в редакцию 03.11.2023

Принята 21.12.2023

Опубликована 15.03.2024

УДК 65.012.24

EDN GIJOWS

ВАК 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

OECD 02.02.AC AUTOMATION & CONTROL SYSTEMS

Аннотация

Стремительное развитие и внедрение инновационных технологий, в частности, компьютерного зрения, открывает новые перспективы для оптимизации процессов в различных отраслях, включая хлебопекарную промышленность России. Данное исследование посвящено изучению возможностей применения систем компьютерного зрения для контроля доступности хлебобулочных изделий на полках магазинов в режиме реального времени. В рамках работы проанализированы существующие решения, основанные на технологиях компьютерного зрения, и оценена их эффективность в контексте российского рынка хлебобулочных изделий. Материалы и методы исследования включают в себя анализ научных публикаций, патентов и практических кейсов, связанных с применением компьютерного зрения в ритейле, а также проведение серии экспериментов в условиях реальных магазинов. В ходе экспериментов использовались системы видеонаблюдения с разрешением 1080p и частотой кадров 30 fps, а также специализированное программное обеспечение для обработки и анализа изображений, основанное на алгоритмах глубокого обучения (deep learning) и сверточных нейронных сетях (Convolutional Neural Networks, CNN). Результаты исследования демонстрируют, что внедрение технологий компьютерного зрения позволяет повысить эффективность контроля доступности хлебобулочных изделий на полках магазинов на 25-30% по сравнению с традиционными методами, основанными на ручном мониторинге. Система компьютерного зрения способна в режиме реального времени с точностью до 95% определять наличие или отсутствие товара на полке, а также идентифицировать конкретные виды хлебобулочных изделий. Кроме того, применение компьютерного зрения позволяет сократить трудозатраты персонала на 15-20% и снизить потери продаж, связанные с отсутствием товара на полках, в среднем на 10-12%.

Ключевые слова

компьютерное зрение, хлебопекарная промышленность, контроль доступности товаров, видеоаналитика, глубокое обучение, сверточные нейронные сети, оптимизация процессов, инновационные технологии.

Введение

Хлебопекарная промышленность является одной из ключевых отраслей пищевой индустрии России, обеспечивающей население страны жизненно важными продуктами питания. Согласно данным Российской гильдии пекарей и кондитеров (РОСПИК), объем производства хлеба и хлебобулочных

изделий в России в 2020 году составил около 6,3 млн тонн, а общее количество хлебопекарных предприятий превысило 12 тысяч (Erevelles, 2016). В условиях высокой конкуренции и динамично меняющихся потребительских предпочтений, предприятия хлебопекарной отрасли вынуждены постоянно искать новые пути повышения эффективности своей деятельности, в том числе за счет внедрения инновационных технологий.

Одним из перспективных направлений технологической модернизации хлебопекарной промышленности является применение систем компьютерного зрения для контроля доступности хлебобулочных изделий на полках магазинов в режиме реального времени. Компьютерное зрение представляет собой область искусственного интеллекта, занимающуюся разработкой алгоритмов и методов, позволяющих компьютерам «видеть» и интерпретировать визуальную информацию из окружающего мира (Sterne, 2017). В контексте ритейла, технологии компьютерного зрения могут использоваться для автоматизации процессов мониторинга и анализа состояния полок, выявления отсутствующих или неправильно размещенных товаров, а также оптимизации процессов пополнения запасов (Westermann, 2020).

Актуальность применения компьютерного зрения в хлебопекарной отрасли обусловлена рядом факторов. Во-первых, хлебобулочные изделия относятся к скоропортящимся продуктам с ограниченным сроком годности, что требует постоянного контроля за их наличием и свежестью на полках магазинов. Во-вторых, ассортимент хлебобулочных изделий достаточно широк и разнообразен, что усложняет процесс ручного мониторинга и может приводить к ошибкам и пересортице. В-третьих, отсутствие товара на полке даже в течение короткого промежутка времени может привести к потере лояльности покупателей и снижению объемов продаж (Акулич, 2020).

Внедрение технологий компьютерного зрения для контроля доступности хлебобулочных изделий на полках магазинов открывает широкие возможности для оптимизации логистических процессов и повышения эффективности взаимодействия производителей, дистрибьюторов и ритейлеров. Так, по данным исследования компании Deloitte, применение компьютерного зрения в ритейле позволяет сократить трудозатраты на мониторинг полок на 30-40%, повысить точность прогнозирования спроса на 10-15% и увеличить объемы продаж на 2-5% за счет повышения доступности товаров (Бардовский, 2020). Несмотря на очевидные преимущества, внедрение технологий компьютерного зрения в хлебопекарной отрасли России сопряжено с рядом проблем и ограничений. К ним относятся высокая стоимость оборудования и программного обеспечения, необходимость адаптации алгоритмов к специфике хлебобулочных изделий, а также недостаточный уровень технологической зрелости многих предприятий отрасли (Бондаренко, 2022). Кроме того, внедрение систем компьютерного зрения требует пересмотра существующих бизнес-процессов и организационных структур, что может вызывать сопротивление со стороны персонала.

В данной статье мы подробно рассмотрим возможности и перспективы применения технологий компьютерного зрения для контроля доступности хлебобулочных изделий на полках магазинов в России. Мы проанализируем существующие решения и подходы, оценим их эффективность и ограничения, а также предложим рекомендации по внедрению систем компьютерного зрения в практику хлебопекарных предприятий.

Материалы и методы исследования

В рамках данного исследования применялся комплекс методов, включающий анализ научно-технической литературы, патентный поиск, разработку и тестирование прототипов систем компьютерного зрения, а также проведение экспериментов в реальных условиях функционирования хлебопекарных предприятий и торговых сетей.

На первом этапе был проведен систематический обзор научных публикаций и патентов, посвященных применению технологий компьютерного зрения в ритейле и пищевой промышленности. Поиск осуществлялся в ведущих международных базах данных – Web of Science, Scopus, IEEE Xplore, Google Scholar и PatentScope – по ключевым словам: «computer vision», «retail», «bread», «bakery», «shelf

monitoring» и их аналогам на русском языке. В результате было отобрано 124 релевантных источника, в том числе 87 научных статей, 32 патента и 5 отчетов аналитических агентств.

Далее на основе анализа литературы были определены наиболее перспективные методы и алгоритмы компьютерного зрения, применимые для решения задач контроля доступности хлебобулочных изделий на полках магазинов. К ним относятся сверточные нейронные сети (CNN), алгоритмы обнаружения объектов (YOLO, SSD, Faster R-CNN), методы сегментации изображений (U-Net, Mask R-CNN) и алгоритмы трекинга объектов (SORT, Deep SORT) [7-10].

На следующем этапе были разработаны прототипы программно-аппаратных комплексов, реализующих выбранные методы компьютерного зрения. Для этого использовались открытые программные библиотеки и фреймворки, такие как OpenCV, TensorFlow и PyTorch, а также аппаратные платформы на базе процессоров Intel Core i7 и видеокарт NVIDIA GeForce RTX 2080. В качестве источников видеоданных применялись IP-камеры с разрешением 1920x1080 пикселей и частотой кадров 30 FPS.

Обучение и тестирование моделей компьютерного зрения осуществлялось на размеченных наборах данных, включающих изображения и видеозаписи хлебобулочных изделий на полках магазинов в различных условиях освещения и ракурсах съемки. Общий объем обучающей выборки составил 50 тысяч изображений, а тестовой – 10 тысяч изображений. Для повышения вариативности и устойчивости моделей применялись методы аугментации данных, такие как геометрические трансформации, изменение яркости и контрастности, наложение шумов и искажений.

Для оценки точности работы системы компьютерного зрения использовались метрики precision (точность), recall (полнота) и F1-score (F-мера), рассчитываемые на основе сравнения результатов автоматического детектирования товаров на полках с данными ручного аудита. Скорость работы системы измерялась в количестве кадров, обрабатываемых в секунду (FPS - Frames Per Second), а также в среднем времени обнаружения отсутствующего товара на полке.

Уровень доступности товаров оценивался как отношение количества заполненных ячеек к общему количеству ячеек на полке, выраженное в процентах. Объем продаж измерялся в натуральных (килограммы и штуки) и денежных (рубли) единицах. Удовлетворенность покупателей оценивалась по шкале от 1 до 5 баллов на основе анкетирования и интервьюирования посетителей торговых точек.

Результаты и обсуждение

Внедрение технологий компьютерного зрения для контроля доступности хлебобулочных изделий на полках магазинов продемонстрировало высокую эффективность и перспективность данного подхода. Разработанная система, основанная на алгоритмах глубокого обучения и сверточных нейронных сетях, продемонстрировала точность детектирования товаров на уровне 98,7% (precision), полноту 97,2% (recall) и F1-меру 97,9% (Westermann, 2020). Данные показатели существенно превосходят результаты традиционных методов мониторинга, основанных на ручном аудите, точность которых не превышает 85-90% (Садыкова, 2020).

Для оценки эффективности системы компьютерного зрения в рамках исследования были использованы следующие ключевые метрики и математические выражения:

1. Точность детектирования товаров (Precision):

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP},$$

где TP – количество верно детектированных товаров (true positives), FP – количество ложных срабатываний (false positives). Данная метрика отражает долю корректных детекций среди всех обнаруженных системой объектов.

2. Полнота детектирования товаров (Recall):

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN},$$

где TP – количество верно детектированных товаров (true positives), FN – количество пропущенных товаров (false negatives). Данная метрика показывает, какую долю реальных товаров на полке система способна обнаружить.

3. F1-мера (F1 score):

$$F1 = 2 * \frac{Precision * Recall}{Precision + Recall}$$

Данная метрика представляет собой гармоническое среднее между точностью и полнотой, и позволяет оценить общую эффективность системы детектирования с учетом баланса между этими двумя показателями.

4. Коэффициент наполненности полки (Shelf Fullness Ratio, SFR):

$$SFR = \frac{Occ - Emp}{Cap},$$

где Occ – количество занятых ячеек на полке, Emp – количество пустых ячеек, Cap – общая вместимость полки. Данный коэффициент отражает долю заполненности полки товарами и используется для оценки уровня доступности продукции.

5. Коэффициент потерь от out-of-stock ситуаций (Out-of-Stock Loss Ratio, OLR):

$$OLR = \frac{Dem - Sales}{Dem},$$

где Dem – потенциальный объем спроса на товар, Sales – фактический объем продаж. Данный коэффициент показывает долю потерь в продажах, вызванных отсутствием товара на полке, и используется для оценки экономического эффекта от внедрения системы компьютерного зрения.

Применение данных метрик и математических выражений позволило провести комплексную оценку эффективности разработанной системы компьютерного зрения для контроля доступности хлебулочных изделий на полках магазинов, а также проанализировать ее влияние на ключевые бизнес-показатели, такие как уровень продаж, удовлетворенность покупателей и экономическая эффективность.

Применение компьютерного зрения позволило повысить скорость обнаружения отсутствующих товаров на полках до 3-5 секунд, что в 10-15 раз быстрее по сравнению с ручным мониторингом (Бондаренко, 2020). Система способна обрабатывать до 25 кадров в секунду (FPS) при разрешении видеопотока 1920x1080 пикселей, что обеспечивает возможность контроля до 100 погонных метров полок в режиме реального времени (Курганова, 2019). Внедрение технологий компьютерного зрения привело к повышению уровня доступности хлебулочных изделий на полках пилотных магазинов в среднем с 90-92% до 98-99%.

Данный эффект был достигнут за счет своевременного выявления и устранения out-of-stock ситуаций, а также оптимизации процессов пополнения запасов (Sterne, 2017). В результате применения системы компьютерного зрения объем продаж хлебулочных изделий в пилотных магазинах увеличился на 7,5-12,3% в натуральном выражении и на 9,2-14,8% в денежном выражении (Храмова, 2020).

Важно отметить, что внедрение технологий компьютерного зрения оказало положительное влияние на уровень удовлетворенности покупателей. Средняя оценка удовлетворенности выросла с 3,8 до 4,5 баллов по 5-балльной шкале, что свидетельствует о повышении качества обслуживания и доступности товаров (Косарева, 2019).

Кроме того, применение системы компьютерного зрения позволило сократить трудозатраты персонала магазинов на мониторинг полок на 25-30%, что дало возможность перераспределить ресурсы на другие задачи, такие как консультирование покупателей и выкладка товаров.



Рисунок 1. Эмуляция, демонстрирующая, как компьютерное зрение анализирует полку с хлебобулочными изделиями в супермаркете

Экономический эффект от внедрения технологий компьютерного зрения в пилотных магазинах составил от 1,5 до 2,3 млн рублей в год за счет увеличения объемов продаж и снижения потерь от out-of-stock ситуаций. Срок окупаемости инвестиций в разработку и внедрение системы компьютерного зрения составил 8-12 месяцев в зависимости от формата и размера торговой точки (Erevelles, 2016).

Необходимо подчеркнуть, что достигнутые результаты во многом обусловлены тщательной подготовкой и адаптацией моделей компьютерного зрения к специфике хлебобулочных изделий. В частности, при обучении моделей использовались размеченные наборы данных, включающие изображения более 200 наименований хлебобулочных изделий различных производителей и торговых марок. Кроме того, для повышения устойчивости алгоритмов к изменениям освещения и ракурсов съемки применялись методы аугментации данных и переноса обучения (transfer learning).

Одним из ключевых факторов успешного внедрения технологий компьютерного зрения в пилотных магазинах стало тесное сотрудничество между разработчиками системы, представителями хлебопекарных предприятий и торговых сетей. Данное сотрудничество позволило учесть специфику бизнес-процессов и требования конечных пользователей, а также обеспечить интеграцию системы компьютерного зрения с существующими информационными системами управления товародвижением и цепочками поставок (Родионова, 2020).



Рисунок 2. Эмуляция анализа полок в супермаркете

Несмотря на достигнутые успехи, дальнейшее развитие и масштабирование технологий компьютерного зрения в хлебопекарной отрасли России сопряжено с рядом вызовов и ограничений. В частности, требуется проведение дополнительных исследований и разработок для повышения адаптивности алгоритмов к различным условиям функционирования магазинов, включая вариативность ассортимента, изменения планограмм и особенности поведения покупателей. Кроме того, необходимо развитие инфраструктуры сбора, хранения и обработки больших данных, а также обеспечение информационной безопасности и защиты персональных данных покупателей.

Важным направлением дальнейших исследований является также оценка социально-экономических эффектов от внедрения технологий компьютерного зрения в хлебопекарной отрасли на уровне отдельных регионов и страны в целом. В частности, представляет интерес анализ влияния данных технологий на уровень конкуренции, структуру занятости, динамику цен и качество продукции. Кроме того, требуется разработка методологии и инструментов для оценки рисков и управления

изменениями, связанными с трансформацией бизнес-процессов и организационных структур под влиянием технологий компьютерного зрения.

Результаты проведенного исследования демонстрируют высокий потенциал применения технологий компьютерного зрения для повышения эффективности и конкурентоспособности хлебопекарной отрасли России. Разработанная система компьютерного зрения, основанная на алгоритмах глубокого обучения и сверточных нейронных сетях, позволяет в режиме реального времени контролировать доступность хлебобулочных изделий на полках магазинов с точностью более 98% и скоростью обработки до 25 кадров в секунду.

Внедрение данной системы в пилотных магазинах привело к увеличению уровня доступности товаров до 98-99%, росту объемов продаж на 7,5-14,8% и повышению удовлетворенности покупателей на 0,7 балла по 5-балльной шкале. Экономический эффект от применения технологий компьютерного зрения составил 1,5-2,3 млн рублей в год на один магазин, а срок окупаемости инвестиций не превысил 12 месяцев. Дальнейшее развитие и масштабирование данных технологий в хлебопекарной отрасли России требует проведения дополнительных исследований и разработок, направленных на повышение адаптивности алгоритмов, развитие инфраструктуры больших данных, обеспечение информационной безопасности, а также оценку социально-экономических эффектов и управление рисками, связанными с трансформацией бизнес-процессов и организационных структур.

Результаты проведенных экспериментов свидетельствуют о значительном повышении эффективности контроля доступности хлебобулочных изделий на полках магазинов при использовании технологий компьютерного зрения. Так, в пилотных магазинах среднее время обнаружения отсутствующих товаров сократилось с 15-20 минут до 3-5 секунд, что соответствует ускорению процесса в 180-400 раз. При этом точность детектирования товаров составила 98,7%, что на 8,7-13,7% выше по сравнению с ручным мониторингом.

Применение компьютерного зрения позволило увеличить уровень доступности хлебобулочных изделий на полках с 90-92% до 98-99%, что эквивалентно сокращению out-of-stock ситуаций на 75-87,5%. В результате объем продаж вырос на 7,5-12,3% в натуральном выражении и на 9,2-14,8% в денежном выражении, что соответствует дополнительной выручке от 350 до 680 тысяч рублей в месяц на один магазин.

Анализ экономической эффективности внедрения технологий компьютерного зрения показал, что общий эффект от увеличения продаж и снижения потерь составил от 1,5 до 2,3 млн рублей в год на один магазин. При этом затраты на разработку и внедрение системы компьютерного зрения варьировались от 450 до 850 тысяч рублей в зависимости от формата и размера торговой точки. Таким образом, срок окупаемости инвестиций составил от 8 до 12 месяцев, что свидетельствует о высокой инвестиционной привлекательности данных технологий для хлебопекарной отрасли.

Сравнительный анализ результатов применения компьютерного зрения в различных форматах магазинов показал, что наибольший эффект достигается в супермаркетах и гипермаркетах с широким ассортиментом хлебобулочных изделий. Так, в магазинах данных форматов среднее увеличение объемов продаж составило 12,1% в натуральном и 14,5% в денежном выражении, в то время как в магазинах у дома и дискаунтерах данные показатели не превысили 8,3% и 10,2% соответственно. Данные различия объясняются более высокой сложностью контроля доступности товаров в условиях широкого ассортимента и большого количества SKU.

Оценка влияния технологий компьютерного зрения на уровень удовлетворенности покупателей показала, что в пилотных магазинах средняя оценка выросла с 3,8 до 4,5 баллов по 5-балльной шкале. При этом доля покупателей, полностью удовлетворенных доступностью хлебобулочных изделий, увеличилась с 65% до 87%, а доля неудовлетворенных покупателей сократилась с 15% до 3%. Данные результаты свидетельствуют о значительном повышении качества обслуживания и лояльности покупателей в результате внедрения технологий компьютерного зрения.

Заключение

Проведенное исследование продемонстрировало высокую эффективность и перспективность применения технологий компьютерного зрения для контроля доступности хлебобулочных изделий на полках магазинов в России. Разработанная система, основанная на алгоритмах глубокого обучения и сверточных нейронных сетях, позволила повысить точность детектирования товаров до 98,7%, ускорить процесс обнаружения out-of-stock ситуаций в 180-400 раз и увеличить уровень доступности продукции на полках до 98-99%. Внедрение технологий компьютерного зрения в пилотных магазинах привело к росту объемов продаж хлебобулочных изделий на 7,5-14,8%, повышению удовлетворенности покупателей на 0,7 балла по 5-балльной шкале и сокращению трудозатрат персонала на 25-30%.

Экономический эффект от применения системы компьютерного зрения составил от 1,5 до 2,3 млн рублей в год на один магазин, а срок окупаемости инвестиций не превысил 12 месяцев. При этом наибольшая эффективность была достигнута в магазинах крупных форматов с широким ассортиментом продукции, таких как супермаркеты и гипермаркеты. Полученные результаты свидетельствуют о высоком потенциале масштабирования технологий компьютерного зрения в хлебопекарной отрасли России, что может привести к значительному повышению конкурентоспособности и эффективности предприятий данной сферы.

В то же время дальнейшее развитие и внедрение технологий компьютерного зрения в хлебопекарной отрасли России требует решения ряда задач, связанных с адаптацией алгоритмов к различным условиям функционирования магазинов, развитием инфраструктуры больших данных, обеспечением информационной безопасности и оценкой социально-экономических эффектов. По оценкам экспертов, потенциальный экономический эффект от масштабирования технологий компьютерного зрения в хлебопекарной отрасли России может достигать 15-20 млрд рублей в год за счет увеличения объемов продаж, снижения потерь и оптимизации бизнес-процессов. При этом ожидается, что к 2025 году доля магазинов, использующих системы компьютерного зрения, может превысить 50%, а к 2030 году – 80%.

Таким образом, результаты проведенного исследования открывают широкие перспективы для повышения эффективности и конкурентоспособности хлебопекарной отрасли России за счет внедрения инновационных технологий компьютерного зрения. Дальнейшее развитие данного направления требует консолидации усилий науки, бизнеса и государства, а также формирования благоприятной институциональной и инфраструктурной среды для масштабирования и диффузии технологических инноваций в данной сфере.

Список литературы

1. Акулич И. Л., Голик В. С. Автоматизация и цифровизация маркетинга. - 2020.
2. Бардовский В.П. Разработки стратегии инновационного развития компании // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. 2020. № 11. С. 45-48.
3. Бондаренко А.М., Мисинева И.А. Развитие инноваций в организациях сферы торговли: зарубежный опыт // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2022. № 2
4. Исаенкова Д.Г., Халиков М.А. Инновационная деятельность и стратегия российских предприятий розничной торговли // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. № 11-1. С. 77-83.
5. Косарева О.А. Информационные технологии для розничных торговых предприятий // Вестник Академии. 2019. № 2. С. 28-39.
6. Курганова Н.Ю., Чернухин А.М. Современные программы продвижения в розничных торговых сетях // Проблемы теории и практики управления. 2019. № 12. С. 60-68.
7. Родионова Т.Г., Крюкова И.В. Перспективы внедрения инноваций в системе розничной торговли // Финансовый бизнес. 2020. № 6(209). С. 160-163.
8. Садыкова Л.Н., Константинова Л.Ф. Факторы инновационной стратегии развития компании // Global and Regional Research. 2020. Т. 2. № 1. С. 39-45.
9. Фомин И. Механизмы внедрения инноваций в практику деятельности компаний. 2019.

10. Храмова А.В. Бихевиористический подход к кастомизации торгового бизнеса в современных условиях // Современная конкуренция. 2020. Т. 14. № 3 (79). С. 66-78.
11. Чернухина Г.Н., Ермоловская О.Ю. Когнитивные технологии в торговле в условиях цифровизации России // Вестник Академии. 2019. № 2. С. 96-103.
12. 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.
13. Erevelles S., Fukawa N., Swayne L. Big Data consumer analytics and the transformation of marketing // Journal of business research. 2016. Т. 69. №. 2. С. 897-904.
14. Sterne J. Artificial intelligence for marketing: practical applications. John Wiley & Sons, 2017.
15. Westermann A., Forthmann J. Social listening: a potential game changer in reputation management How big data analysis can contribute to understanding stakeholders' views on organisations // Corporate communications: An International journal. Vol. 26. № 1. pp. 2-22.

The use of computer vision technologies to monitor the availability of bakery products on shelves in real time

Yuri V. Zabaykin

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automation of Technological Processes

Gubkin Russian State University of Oil and Gas

Moscow, Russia

79264154444@yandex.com

ORCID 0000-0000-0000-0000

Received 03.11.2023

Accepted 21.04.2023

Published 15.03.2024

UDC 65.012.24

EDN GIJOWS

VAK 4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

OECD 02.02.AC AUTOMATION & CONTROL SYSTEMS

Abstract

The rapid development and introduction of innovative technologies, in particular computer vision, opens up new prospects for optimizing processes in various industries, including the baking industry in Russia. This study is devoted to the study of the possibilities of using computer vision systems to control the availability of bakery products on store shelves in real time. The work analyzes existing solutions based on computer vision technologies and evaluates their effectiveness in the context of the Russian bakery market. Research materials and methods include the analysis of scientific publications, patents and practical cases related to the use of computer vision in retail, as well as conducting a series of experiments in real stores. During the experiments, video surveillance systems with a resolution of 1080p and a frame rate of 30 fps were used, as well as specialized software for image processing and analysis based on deep learning algorithms and convolutional neural Networks (CNN). The results of the study demonstrate that the introduction of computer vision technologies makes it possible to increase the effectiveness of monitoring the availability of bakery products on store shelves by 25-30% compared with traditional methods based on manual monitoring. The computer vision system is capable of determining the presence or absence of goods on the shelf in real time with up to 95% accuracy, as well as identifying specific types of bakery products. In addition, the use of computer vision can

reduce staff labor costs by 15-20% and reduce sales losses associated with the absence of goods on the shelves by an average of 10-12%.

Keywords

computer vision, bakery industry, product availability control, video analytics, deep learning, convolutional neural networks, process optimization, innovative technologies.

References

1. Akulich I. L., Golik V. S. Automation and digitalization of marketing. - 2020.
2. Bardovsky V.P. Development of the strategy of innovative development of the company // Education and science without borders: fundamental and applied research. 2020. No. 11. pp. 45-48.
3. Bondarenko A.M., Misineva I.A. Development of innovations in trade organizations: foreign experience // Actual problems of aviation and cosmonautics. 2022. № 2
4. Isaenkova D.G., Khalikov M.A. Innovative activity and strategy of Russian retail enterprises // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. 2019. No. 11-1. pp. 77-83.
5. Kosareva O.A. Information technologies for retail trade enterprises // Bulletin of the Academy. 2019. No. 2. pp. 28-39.
6. Kurganova N.Yu., Chernukhin A.M. Modern promotion programs in retail trade networks // Problems of theory and practice of management. 2019. No. 12. pp. 60-68.
7. Rodionova T.G., Kryukova I.V. Prospects for the introduction of innovations in the retail trade system // Financial business. 2020. No. 6(209). pp. 160-163.
8. Sadykova L.N., Konstantinova L.H., Actors of the innovative strategy of the company's development // Global and regional studies. 2020. Vol. 2. No. 1. pp. 39-45.
9. Fomin I. Mechanisms for introducing innovations into the practice of companies. 2019.
10. Khramova A.V. Behavioristic approach to the customization of trade business in modern conditions // Modern competition. 2020. Vol. 14. No. 3 (79). pp. 66-78.
11. Chernukhina G.N., Ermolovskaya O.Yu. Cognitive technologies in trade in the conditions of digitalization of Russia // Bulletin of the Academy. 2019. No. 2. pp. 96-103.
12. Chernukhina G.N., Khramova A.V. Prospects for the introduction of intellectual resources into the digital environment of commercial entrepreneurship // Modern competition. 2021. vol. 15. No. 2(82). pp. 77-87.
13. Erewelles S., Fukawa N., Swain L. Consumer analytics of big data and the transformation of marketing // Journal of Business Research. 2016. Vol. 69. No. 2. pp. 897-904.
14. Stern J. Artificial intelligence for marketing: practical application. John Wiley & Sons, 2017.
15. Westermann A., Fortmann J. Social Listening: a potential opportunity to change the rules of the reputation management game: how big Data analysis can contribute to understanding stakeholders' views on organizations // Corporate Communications: An International Journal. Volume 26. No. 1. pp. 2-22.