Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.932.2

Деркач
Анжелика Валерьевна

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА ПРОДУКТОВ ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ ДЛЯ РЕЦЕПТУРНОГО ПОДБОРА

АВТОРЕФЕРАТ
на соискание степени магистра технических наук

по специальности 7-06-0611-05 Компьютерная инженерия. Хранение и обработка данных

Научный руководитель
Фролов Игорь Иванович
кандидат технических наук,
доцент кафедры ЭВМ, БГУИР

Минск 2026

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В современном цифровом окружении, характеризующемся непрерывным увеличением информационных потоков, вопросы эффективной обработки и анализа данных приобретают первостепенное значение. С усовершенствованием технологий обработки изображений и искусственного интеллекта, автоматизированные системы анализа по изображениям предоставляют новые перспективы для более эффективного решения задач. Способность к автоматическому распознаванию и классификации продуктов приобретает стратегическое значение для бизнес-процессов, улучшая логистические процессы, оптимизируя управление инвентаризацией и обогащая пользовательский опыт.

В настоящее время отсутствует полностью функциональное и готовое к использованию решение в области автоматизированного анализа продуктов по изображениям. Существующие разработки обладают недостаточной точностью распознавания, ограниченным функционалом или высокой стоимостью. Таким образом, разработка и реализация такой системы будет значимым вкладом в сферу машинного обучения и компьютерного зрения.

Исследование данной темы имеет важное практическое значение так как системы анализа продуктов по изображениям могут улучшить процесс контроля продукции, снизить затраты на ручной анализ, сократить время разработки меню ежедневного рациона. Предлагаемое исследование будет актуальным и востребованным, поскольку оно будет направлено на решение актуальных проблем в области питания. Результаты магистерской диссертации будут способствовать развитию технологий и знаний в области машинного обучения и могут привести к созданию инновационных сервисов, способствующих улучшению качества жизни людей, а также оптимизации бизнес-процессов в области пищевой индустрии.

В рамках исследования предполагается разработка автоматизированной системы анализа продуктов по изображениям с открытым API. Это приложение будет обладать возможностью автоматического распознавания и классификации продуктов на основе изображений, что обеспечит его универсальность и гибкость в интеграции с различными системами и устройствами. Создание системы с открытым API позволит разработчикам интегрировать его функциональность в различные платформы и сервисы, начиная от мобильных приложений и веб-сервисов и заканчивая системами управления умным домом. Такая модульность позволит максимально адаптировать систему к потребностям конечных пользователей и сделает её доступной для широкого круга разработчиков.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью данной магистерской диссертации является разработка и исследование автоматизированной системы с алгоритмом анализа продуктов по изображениям на основе машинного обучения, которая позволит оптимизировать процесс рецептурного подбора.

Объект исследования: продукты питания и пищевые компоненты, которые могут быть проанализированы по изображениям.

Предмет исследования: применение алгоритмов машинного обучения для анализа продуктов по изображениям с целью автоматизации связанных с ними задач в повседневной жизни.

В соответствии с поставленной целью определены следующие задачи:

1. Изучение существующих методов и алгоритмов машинного обучения для анализа продуктов по изображениям и выбор наиболее подходящих для разработки системы.
2. Сбор и подготовка базы данных изображений продуктов для обучения и тестирования системы.
3. Разработка и реализация архитектуры автоматизированной системы анализа изображений продуктов с последующим рецептурным подбором.
4. Экспериментальное тестирование системы для оценки точности и эффективности применяемых алгоритмов.
5. Анализ полученных результатов для определения применимости системы для рецептурного подбора.

Тема диссертационной работы соответствует перечню приоритетных направлений, определенных Указом Президента Республики Беларусь от 07.05.2020 (№156) «О приоритетных направлениях научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2021-2025 годы» (направление развитие информационного общества, электронного государства и цифровой экономики).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Магистерская диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованных источников, списка публикаций соискателя и приложений.

В первой главе выполнен анализ существующих методов и алгоритмов. Рассмотрены современные программные системы, использующие автоматизированный анализ изображений, включая поисковые и прикладные решения. Проведён обзор основных методов компьютерного зрения, применяемых для детекции и классификации объектов. Дополнительно проанализированы основные подходы к построению рекомендательных систем.

Во второй главе описаны процессы сбора и подготовки данных для обучения модели анализа изображений. Рассмотрены источники получения изображений продуктов, критерии выбора модели детекции, а также методы аннотации и разметки данных. Описана структура данных, содержащих обучающие и тестовые выборки.

В третьей главе представлено проектирование и разработка архитектуры автоматизированной системы. Определена общая микросервисная архитектура, описаны основные компоненты системы и их взаимодействие. Рассмотрены особенности реализации пользовательского интерфейса и API-шлюза, обеспечивающего связь между клиентской частью и внутренними сервисами системы.

В четвёртой главе описана разработка ключевых алгоритмов системы. Представлен компонент анализа изображений продуктов, реализованный в виде отдельного микросервиса с использованием модели YOLO и протокола gRPC. Также подробно рассмотрен модуль рецептурного подбора, реализующий гибридный рекомендательный алгоритм, сочетающий контентные метрики, элементы коллаборативной фильтрации, учёт пользовательских предпочтений и механизм контролируемого исследования новых рекомендаций.

В пятой главе приведены результаты обучения и экспериментального тестирования системы. Описан процесс обучения модели на подготовленных данных и изменение метрик в процессе обучения, выполнен анализ точности и эффективности модели на тестовых выборках.

В шестой главе выполнена оценка применимости разработанной системы для задач рецептурного подбора. Проанализированы возможности практического использования системы, а также сформулированы выводы и рекомендации для её дальнейшего развития, включая расширение обучающих данных, добавление новых алгоритмов и интеграцию с внешними сервисами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения магистерской диссертации была разработана и исследована автоматизированная система анализа продуктов по изображениям для задач рецептурного подбора. В рамках исследования проведён анализ методов обнаружения объектов на изображениях, а также современных подходов к построению рекомендательных систем. Для распознавания продуктов по изображениям реализован отдельный микросервис, использующий модель семейства YOLO для обнаружения объектов. Данный компонент обеспечивает обработку изображений в режиме запрос–ответ, выполняет предварительную подготовку входных данных и возвращает список идентифицированных ингредиентов. Использование gRPC в качестве протокола взаимодействия обеспечило высокую производительность, безопасность и независимость компонентов системы от языка программирования. Также разработан модуль рецептурного подбора, реализующий гибридный алгоритм рекомендаций. Алгоритм сочетает контентную фильтрацию, основанную на характеристиках рецептов и обнаруженных ингредиентах, и коллаборативную фильтрацию, использующую пользовательские оценки и поведенческие данные. Дополнительно реализованы механизмы штрафа за повторные рекомендации и режим контролируемого исследования, повышающие разнообразие выдачи и адаптацию системы к изменяющимся предпочтениям пользователя.

Архитектура системы построена в виде набора слабо связанных микросервисов, что обеспечивает масштабируемость, расширяемость и дальнейшее развитие отдельных компонентов без нарушения целостности системы. Реализованный API-шлюз обеспечивает взаимодействие пользовательского интерфейса с внутренними сервисами, а веб-интерфейс предоставляет средства загрузки изображений, просмотра рецептов и взаимодействия с рекомендательным модулем.

Результаты работы подтверждают эффективность предложенного подхода для задач автоматического анализа продуктов и рецептурного подбора. Разработанная система демонстрирует практическую применимость и адаптацию к реальным сценариям использования. Полученные решения могут быть использованы как основа для дальнейших исследований и разработки интеллектуальных кухонных и бытовых систем, включая системы умного дома и персональные рекомендации питания. Таким образом, цели и задачи магистерской диссертации достигнуты в полном объёме, а результаты работы имеют научную и практическую ценность

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

По теме диссертации опубликованы следующие статьи:

1–А. Деркач, А. В. Обработка входных изображений для кластеризации и классификации продуктов = Processing of input images for product clustering and classification / А. В. Деркач, И. И. Фролов // BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics : сборник научных статей X Международной научно-практической конференции, Минск, 13 марта 2024 г. : в 2 ч. Ч. 1 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2024. – С. 339–344.

2–А. Деркач, А. В. Исследование влияния входных параметров на классификацию изображений продуктов = Investigation of the influence of input image parameters on product classification / А. В. Деркач, И. И. Фролов // Big Data и анализ высокого уровня = Big Data and Advanced Analytics : сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции, Республика Беларусь, Минск, 23–24 апреля 2025 года / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники [и др.] ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2025. – С. 256–262.