

Лапина Мария Анатольевна – Северо-Кавказский федеральный университет; e-mail: mlapina@ncfu.ru; г. Ставрополь, Россия; к.ф.-м.н.; доцент кафедры вычислительной математики и кибернетики; ORCID: 0000-0001-8117-9142.

Лукьянов Дмитрий Александрович – Северо-Кавказский федеральный университет; e-mail: ilia.alekseev.kenig@gmail.com; г. Ставрополь, Россия; кафедра вычислительной математики и кибернетики; студент; ORCID: 0009-0009-7203-0309.

Лапин Виталий Геннадьевич – Северо-Кавказский федеральный университет; e-mail: vitlx@yandex.ru; г. Ставрополь, Россия; к.ф.-м.н.; доцент кафедры вычислительной математики и кибернетики; ORCID: 0000-0002-0611-7002.

Кучеров Николай Николаевич – Северо-Кавказский федеральный университет; e-mail: nik.bekesh@gmail.com; г. Ставрополь, Россия; к.т.н.; ведущий научный сотрудник департамента науки СКФУ; ORCID: 0000-0003-0337-0093.

Lapina Maria Anatolyevna – North Caucasus Federal University; e-mail: mlapina@ncfu.ru; Stavropol, Russia; cand. of phys. and math. sc.; associate professor of the Department of Computational Mathematics and Cybernetics; ORCID: 0000-0001-8117-9142.

Lukyanov Dmitry Alexandrovich – North Caucasus Federal University; e-mail: ilia.alekseev.kenig@gmail.com; Stavropol, Russia; the Department of Computational Mathematics and Cybernetics; ORCID: 0009-0009-7203-0309.

Lapin Vitalii Gennadievich – North Caucasus Federal University; e-mail: vitlx@yandex.ru; Stavropol, Russia; cand. of phys. and math. sc.; associate professor of the Department of Computational Mathematics and Cybernetics; ORCID: 0000-0002-0611-7002.

Kuchеров Nikolay Nikolaevich – North Caucasus Federal University; e-mail: nik.bekesh@gmail.com; Stavropol, Russia; cand. of eng. sc.; leading researcher of the Department of Science; ORCID: 0000-0003-0337-0093.

УДК 007.52:004.81:339.37

DOI 10.18522/2311-3103-2025-4-262-272

М.А. Хапова, К.Ч. Бжихатлов, Л.Б. Кокова**РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОГО РОБОТА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ФУНКЦИЙ
ПРОДАВЦА - КОНСУЛЬТАНТА В СЕТЯХ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛИ**

Активное увеличение доли крупных сетевых магазинов в торговом секторе повышает спрос на сотрудников подобных сетей. При этом, с ростом оборота крупных магазинов растут и требования к своевременной выкладке товара на стеллажах. По оценкам самих ритейлеров, потери от неправильной или несвоевременной выкладки товара могут достигать 5% от общего годового оборота. Учитывая значительный объем оборота крупных сетевых ритейлеров, и заметную текучесть кадров, проблему автоматизации выкладки товара в сетевых магазинах можно считать актуальной. В данной работе представлены результаты разработки автономной робототехнической системы, которая может обеспечить бесперебойный контроль заполнения стеллажей и своевременную выкладку товара. По результатам опроса представителей крупных торговых сетей определены требования к автономной системе контроля и расстановки товаров в магазине. В частности, определены требования к возможностям интеллектуальной системы управления роботом, особенности конструкции и аппаратной реализации роботов, требования к возможностям системы взаимодействия с сотрудниками и покупателями в магазине и предпочтения к внешнему виду и пользовательскому интерфейсу робота. На основе выявленных требований ритейлеров разработан прототип автономного робота для работы в торговых залах. Основа робота представляет собой транспортный модуль с двумя мотор-колесами и парой рулевых колес, на котором установлен антропоморфный узел с двумя манипуляторами. Манипуляторы выполнены в виде рук человека и имеют весь набор необходимых степеней свободы. Кроме того, в статье представлена архитектура системы управления автономным роботом. За управление роботом отвечает интеллектуальная система принятия решений и управления, основанная на базе мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры, моделирующей процессы, протекающие в головном мозге человека. Конструкция и мехатронная часть робота были протестированы в реальных условиях: в торговых залах розничного магазина в г. Нальчик в присутствии продавцов-консультантов и покупателей. В дальнейшем планируются работы по доработке и обучению интеллектуальной системы принятия решений.

Ритейл, роботы; продавец-консультант; искусственный интеллект; инвентаризация полок; мультиагентные нейрокогнитивные архитектуры.

M.A. Khapova, K.Ch. Bzhikhatlov, L.B. Kokova

DEVELOPMENT OF AN AUTONOMOUS ROBOT TO PERFORM THE FUNCTIONS OF A SALES - CONSULTANT IN RETAIL NETWORKS

The active increase in the share of large chain stores in the retail sector increases the demand for employees of such networks. At the same time, with the growth of the turnover of large stores, the requirements for timely display of goods on the shelves also grow. According to the estimates of the retailers themselves, losses from incorrect or untimely display of goods can reach 5% of the total annual turnover. Given the significant turnover of large chain retailers and noticeable staff turnover, the problem of automation of product display in chain stores can be considered relevant. This paper presents the results of the development of an autonomous robotic system that can ensure uninterrupted control of filling of shelves and timely display of goods. Based on the results of a survey of representatives of large retail chains, the requirements for an autonomous system for monitoring and placing goods in a store are determined. In particular, the requirements for the capabilities of an intelligent robot control system, design features and hardware implementation of robots, requirements for the capabilities of the system of interaction with employees and customers in the store and preferences for the appearance and user interface of the robot are determined. Based on the identified requirements of retailers, a prototype of an autonomous robot for work in sales areas has been developed. The basis of the robot is a transport module with two motor wheels and a pair of steering wheels, on which an anthropomorphic unit with two manipulators is installed. The manipulators are made in the form of human hands and have a full set of necessary degrees of freedom. In addition, the article presents the architecture of the autonomous robot control system. The robot is controlled by an intelligent decision-making and control system based on a multi-agent neurocognitive architecture that simulates the processes occurring in the human brain. The design and mechatronic part of the robot were tested in real conditions: in the sales areas of a retail store in Nalchik in the presence of sales consultants and customers. In the future, work is planned to refine and train the intelligent decision-making system.

Retail, robots; sales assistant; artificial intelligence; shelf inventory; multi-agent neurocognitive architectures.

Введение. В настоящее время сети розничной торговли теряют около 5% годовой выручки от несвоевременной выкладки товаров. Для сетей розничной торговли, включающих в себя тысячи супер- и гипермаркетов, это огромная сумма. Например, выручка такого финансового гиганта, как X5 Retail Group, по итогам 2024 года составила 3,71 трлн.руб. [1]. Таким образом, предположительно, они теряют около 185,5 млрд. руб. К таким цифрам приводят ряд существенных проблем, которые возникают в сетях розничной торговли из-за несвоевременной выкладки товаров:

- 1) потеря клиентов – в случае, если товары не выставлены на полки вовремя, покупатели могут уйти без покупки или приобрести товар у конкурентов;
- 2) снижение продаж – несвоевременная выкладка товаров может привести к снижению объёмов продаж, так как покупатели не смогут найти нужные товары на полках;
- 3) увеличение издержек – неэффективное использование рабочего времени сотрудников, дополнительные расходы на срочную доставку товаров и другие издержки могут возникнуть из-за необходимости срочно исправить ситуацию с выкладкой товаров;
- 4) ухудшение репутации – проблемы с выкладкой товаров могут негативно сказаться на репутации магазина, что может привести к уменьшению числа покупателей.
- 5) нарушение условий сотрудничества – несоблюдение сроков выкладки товаров может вызвать недовольство поставщиков и дистрибьюторов, что может повлиять на условия сотрудничества;
- 6) дефицит товаров – в случае несвоевременного пополнения запасов товаров на складе, может возникнуть их дефицит на полках магазина. Это также может привести к потерям продаж и недовольству клиентов;
- 7) неравномерная нагрузка на персонал - проблемы с выкладкой могут вызвать неравномерную нагрузку на сотрудников магазина, что усложнит планирование работы персонала и может привести к дополнительным затратам на оплату труда;
- 8) сложности с управлением запасами - несвоевременное пополнение полок товарами может вызвать сложности с управлением запасами, что приведёт к неэффективному использованию ресурсов и увеличению издержек.

Роботизация в розничной торговле – это использование роботов и автоматизированных систем для выполнения различных задач, таких как складирование, логистика, обслуживание клиентов и т.д. [2] Приведем несколько примеров работы роботов в этой сфере:

1. Складские роботы. Данные роботы используются для перемещения товаров на складе, их упаковки и сортировки. Они могут работать круглосуточно и без перерывов, что позволяет ускорить процесс обработки заказов и снизить вероятность ошибок. В 2024 году в России сеть «ВкусВилл» на своих складах распределительных центров запустила AGV-роботов, способных без участия человека перевозить грузы. К роботам, работающим на складах, также можно отнести дронов, которые могут использоваться для сканирования штрихкодов на больших высотах и в труднодоступных местах, а также для создания 3D-моделей складов.

2. Роботы-консультанты (социальные роботы). Они могут предоставлять информацию о товарах и услугах, помогать клиентам найти нужные товары и отвечать на их вопросы. Они особенно полезны в крупных магазинах, где клиенты могут потеряться среди большого количества товаров. В Лаборатории автономных систем и биомехатроники, кафедры машиностроения и промышленной инженерии, Университета Торонто, Канада занимаются разработкой робота, способного находить товары в магазинах с большим количеством товаров. При построении маршрута будет использоваться технология ContextSLAM. Данная технология будет обеспечивать роботу ориентацию в сложной среде магазинов розничной торговли с большим количеством полок. Робот сможет разумно использовать геометрическую и контекстную информацию в пределах контекстной карты для передвижения с целью нахождения продуктов в неизвестных средах в присутствии динамичных людей [3]. Примером использования в России робота-консультанта может служить Промобот.

3. Роботы для доставки товаров. В некоторых магазинах используются роботы для доставки товаров от склада до кассы или даже до автомобиля клиента. Использование таких роботов позволяет сократить время доставки и освободить сотрудников для других задач [4, 5]. Примером робота для доставки товаров может быть роботизированная тележка. Роботизированные тележки могут перевозить товары по торговому залу и по складу, а также автоматически сканировать их штрихкоды. Роботизированные тележки могут быть интегрированы с системами управления для автоматического обновления данных о товарах. В России сделали первый шаг на пути к созданию таких тележек в 2020 году. В сети «ВкусВилл» были протестированы «умные» тележки со сканером штрихкода [6].

4. Роботы для инвентаризации. Они могут автоматически сканировать штрихкоды товаров и обновлять информацию о наличии товаров на складе, находить бреши на полках или неправильно расставленный товар, пополнять полки при необходимости [7]. Использование такого робота помогает избежать ошибок при инвентаризации и обеспечить точность данных. Примерами таких роботов могут служить мобильные роботы с манипуляторами. Данные роботы оснащены манипуляторами, которые позволяют им перемещать товары и выполнять другие задачи [8, 9].

5. Роботы с манипуляторами являются дорогим и сложным решением. На данный момент, есть разработки роботов без манипуляторов, которые могут взять на себя часть процесса инвентаризации. Ученые факультета машиностроения Инженерной школы имени Р. М. Д. Сингхада, Индия, Технологического университета СОЕР, Индия и Университета прикладных наук Хофа, Германия ведут работы по разработке робота для контроля и помощи при проведении инвентаризации с помощью технологии LiDAR и SLAM. Опубликованное данными учеными исследование описывает разработку способов передвижения робота без столкновений, в целях нахождения кратчайшего пути передвижения. В своей разработке ученые из Индии и Германии предложили алгоритм SLAM для статической среды. Так же, в целях автоматизации используются RFID – технологии, микроконтроллер Arduino UNO и LiDAR VL53L0X. В целях хранения и отображения информации микроконтроллер и LiDAR интегрированы с MATLAB. Данная разработка будет использоваться на складах (оказание помощи, уборка и обработка материалов), так же можно будет использовать в домашних условиях [10].

6. Роботы для уборки. Они используются для уборки полов, стен и других поверхностей в магазинах. Использование таких роботов позволяет поддерживать чистоту и порядок в торговых точках. Примером таких роботов может служить вакуумный робот-уборщик компании 168robotics' созданный российскими разработчиками. Данный робот способен убрать до 90 тыс. кв.м. в сутки. На работе установлены стереокамеры, радар собственного производства, лидары, обзорные камеры и ультразвуковые датчики.

7. Роботы для анализа данных. Роботы собирают и анализируют данные о продажах, поведении клиентов и эффективности работы магазина. Это помогает принимать обоснованные решения и улучшать работу магазина.

8. Автоматизированные системы управления запасами. Автоматизированные системы позволяют автоматически отслеживать запасы товаров и заказывать новые поставки, когда это необходимо [11, 12]. На российском рынке одними из разработчиков автоматизированной системы управления запасами является ИТ-компания «Синаптик». Компания «Синаптик» предлагает разработку систем управления складом (WMS) под каждого клиента индивидуально, которые помогут не только справиться с текущими задачами, но и полностью оптимизировать все процессы, связанные с запасами и логистикой.

9. Роботизированные кассы. Данный вид роботов позволяет ускорить процесс обслуживания клиентов на кассе и уменьшить очереди [13]. Ученые из Санкт-Петербургского политехнический университет Петра Великого провели исследование, направленное на выявление эффективности использования роботизированных касс в торговле [14]. В результате проведенного ими исследования, они выявили, что роботы-кассиры, могут без перерыва работать 12 часов и заменить 2-3 кассиров, поэтому являются эффективным решением для бизнеса в области торговли. Также они выявили, что наряду с положительными эффектами, есть и отрицательные. Как и бельгийские ученые, они сделали вывод, что есть консервативные покупатели, которые не хотят иметь дело с роботами.

10. Системы автоматического сбора данных. Они используют технологии сканирования и распознавания для автоматического сбора информации о продажах и запасах [15, 16].

11. Интеллектуальные системы управления освещением и температурой. Они автоматически регулируют освещение и температуру в зависимости от времени суток и погодных условий, создавая комфортные условия для покупателей и сотрудников [17–19].

Готовность разрабатываемых технологий к внедрению в среду розничной торговли имеет важное значение, но не менее важно изучить готовность потребителей к взаимодействию с роботами в условиях данной среды [20–22]. Ученые из Бельгии с кафедры маркетинга, Лёвенского католического университета и кафедры лингвистики Антверпенского университета, провели исследования на тему готовности покупателей розничных магазинов к взаимодействию с роботами-помощниками. В своем исследовании они сравнивали отзывы покупателей на качество обслуживания после взаимодействия с человеком и взаимодействия с роботом, по сценариям, которые возможны в среде розничной торговли. Выводом данного исследования стало то, что оценка качества обслуживания при взаимодействии покупателя с человеком оказалось выше, чем при взаимодействии покупателя с роботом. Но, при противопоставлении итогов взаимодействия покупателей, с высокой степенью положительной настроенности к внедрению робота в человеческую среду, с роботом, статистически никак не отличались от итогов взаимодействия с человеком. Существенная статистическая разница была, при противопоставлении итогов взаимодействия низко положительно настроенных покупателей роботам, т.к. качество обслуживания человека роботом они оценили существенно ниже. Ученые также отметили, что ни пол, ни возраст статистически никак не повлияли на результат оценки качества обслуживания [23]. Учеными из Индии совместно с бизнес-школой NEOMA, Франция, были проведены исследования барьеров, стоящих перед внедрением социальных роботов в розничную среду гипермаркетов Индии. Данное исследование было разделено на два этапа. Первый этап рассматривал качественные характеристики барьеров, а второй взаимосвязь выявленных барьеров. Основными барьерами явились: страх потери работы, страх потери индивидуальности и идентичности, распространение личных данных [24].

Анализ требований к разрабатываемому роботу для выполнения функций продавца консультанта. С целью выявления основных целей и задач создания автономного робота для выполнения функций продавца-консультанта в сетях розничной торговли «RetailMultiBot», условий его применения, требуемых значений основных параметров и характеристик робота был проведен опрос руководителей инновационных центров крупных ритейлеров, таких как X5Retail Group, METRO, Ашан, Магнит и Азбука Вкуса. Опрос проводился в 2021 году. По итогам данного опроса, составлен список технических требований к разрабатываемому роботу «RetailMultiBot»:

1. Требования к интеллектуальной системе управления:
 - ◆ автономное перемещение по торговому залу в условиях активного перемещения покупателей
 - ◆ выявление пустых полок в магазине
 - ◆ определение вида и необходимого количества отсутствующего на полках товара;
 - ◆ проверка актуальность ценников;
 - ◆ подключение к информационным системам ритейлера для автоматического уточнения цен и заказа недостающей продукции
2. Требования к конструкции и аппаратной реализации:
 - ◆ маневренность (робот должен перемещаться по торговому залу не меша потоку покупателей);
 - ◆ безопасность покупателей (отсутствие острых углов, система быстрого торможения и отключения манипулятора, система обнаружения столкновений);
 - ◆ точность манипуляторов (перемещение товара без угрозы его деформации, возможность размещения товаров при плотной расстановке на полках);
 - ◆ скорость работы (робот должен выполнять выкладку быстрее человека (20- 35 мин. на расстановку 1 тележки с товаром, около 10 тележек в день);
 - ◆ надежность конструкции (конструкция должна выдерживать незначительные удары, падение товаров на робота и т.д. без значительного ухудшения работоспособности и внешнего вида).
3. Требования к интерфейсу робота:
 - ◆ реализация естественно-языкового взаимодействия с сотрудниками и покупателями (получение команд от менеджера, ответы на вопросы покупателей)
 - ◆ возможность озвучки персональных предложений покупателю;
 - ◆ консультация покупателей по товару.
4. Экономические критерии:
 - ◆ не высокая стоимость робота (в сравнении с исключаемыми потерями или приростом прибыли после внедрения робота);
 - ◆ не высокая стоимость обслуживания;
 - ◆ тиражируемость;
 - ◆ простое обслуживание и доступность ремонта.
5. Требования к дизайну:
 - ◆ дружелюбный внешний вид;
 - ◆ ненавязчивый дизайн, робот не должен привлекать все внимание к себе;
 - ◆ возможность брендирования (покраска корпуса в цвета сети магазинов, вывод логотипов на экран);

На основе выявленных требований определены задачи робота, в первую очередь это выкладка отсутствующего товара на полки (gap checking) и обеспечение правильности выкладки товара (мерчандайзинг). Для этого робот должен обеспечивать построение карты торгового зала и автономное перемещение по залу. Система распознавания должна определять препятствия, сотрудников, покупателей, стеллажи, товары на них, отсутствие товаров и ценники. Манипулятор робота должен иметь возможность перемещать тележку по залу, загружать и разгружать ее и раскладывать товары по полкам. Кроме того, робот должен иметь бортовую систему связи, подключенную к информационной системе продавца.

Автономный робот для выполнения функций продавца консультанта. На основе представленных требований разработан прототип автономного робота для работы в торговых залах. В качестве основы для робота-ритейлера использовалась многоцелевая

исследовательская робототехническая платформа Муром-ИСП, разработанная в КБНЦ РАН. Нижняя часть робота представляет собой транспортный блок с двумя мотор-колесами и парой рулевых колес, на котором установлен антропоморфный узел с двумя манипуляторами. Манипуляторы выполнены имеют весь набор степеней свободы, присутствующий руке человека. В качестве привода используются легки сервопривода непосредственно на манипуляторе и более тяжелые двигатели, приводящие манипулятор в движение за счет тросиков. Трехмерная модель робота в целом и его манипулятора приведена на рис. 1, а внешний вид прототипа на рис. 2.

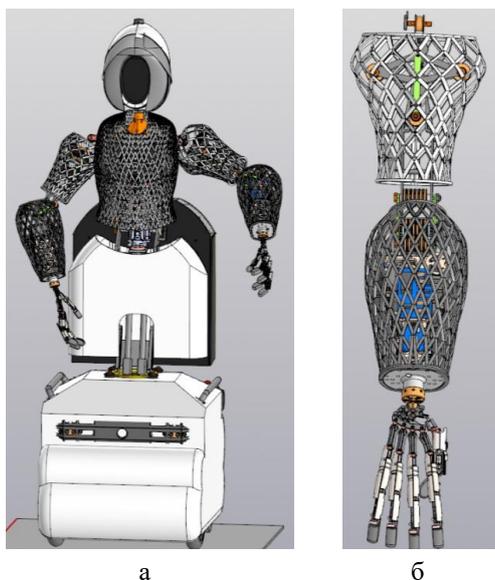


Рис. 1. Трехмерные модели робота для выполнения функций продавца консультанта (а) и его манипулятора (б)

Каждая фаланга кисти закреплена на неразъемном шарнире и имеет три степени свободы. Сами фаланги оснащены датчиками изгиба и датчиками степени нажатия. Корпус робота изготовлен из гибкого пластика, что позволит минимизировать угрозу нанесения вреда людям или товару в магазине.

За управление роботом отвечает бортовой вычислитель, состоящий из высокопроизводительного персонального компьютера и распределенной сети микроконтроллеров, которые занимаются сбором данных и передачей команд внутри сенсорной и эффекторной подсистем робота. Схема аппаратной реализации робота приведена на рис. 3.



Рис. 2. Внешний вид прототипа робота для выполнения функций продавца консультанта



Рис. 3. Схема аппаратной реализации автономного робота для выполнения функций продавца консультанта

В качестве системы энергообеспечения используется легкоъемный литиевый аккумулятор с возможностью быстрой замены или зарядки непосредственно в работе. Для обеспечения связи на борту установлен WiFi и 3G роутеры. Сенсорная подсистема робота состоит из набора датчиков угла поворота, установленных на всех двигателях робота и сочленениях манипулятора. Кроме того, по всему корпусу установлена матрица дальномером, позволяющих роботу ориентироваться в пространстве и избегать столкновения с людьми и препятствиями. Кроме дальномеров робот оснащен лидаром, что также повышает точность получаемой роботом модели расположения объектов вокруг. Для распознавания объектов и определения их положения в «голове» робота установлены две видеокамеры. Там же расположены микрофоны и динамики, которые нужны для обеспечения естественно-языкового взаимодействия робота с сотрудниками и посетителями магазина. Основную часть «головы» занимает дисплей, который также используется для обеспечения взаимодействия с людьми или для отладки робота. Кроме того, на роботе установлен ряд дополнительных датчиков системы энергообеспечения (датчики напряжения питания и температуры батареи), навигации (GPS, 10 осевой инерциальный сенсор, предполагается реализация локальной навигации за счет RFID меток), безопасности (датчики столкновения, вскрытия корпуса) и т.д. При этом, использование сети микроконтроллеров для сбора данных позволяет достаточно быстро изменять набор сенсоров и эффекторов с учетом требований конкретных заказчиков.

Архитектура системы управления автономным роботом для выполнения функций продавца консультанта. Управление автономным роботом требует реализации интеллектуальной системы распознавания образов, принятия решений и управления манипуляторами. В качестве основы системы управления для робота используются мультиагентные нейроконитивные архитектуры систем принятия решений [25]. Подобный формализм построен на основе модели нейрона головного мозга как активного агента, имеющего собственную целевую функцию и базу знаний. Соответственно, интеллектуальное принятия решений в условиях неопределенности можно реализовать за счет имитационного моделирования мультиагентной системы, состоящей из подобных агентов-нейронов, обменивающихся сообщениями и энергией.

Система управления роботом состоит из нескольких модулей, работающих совместно (рис. 4). Программа управления должна постоянно опрашивать сенсорную подсистему робота и собирать информацию из информационной системы магазина. Эти данные позволят выполнять задачу распознавания образов с камеры (сотрудников, покупателей, стеллажей, товаров и ценников), микрофонов (команды сотрудников и просьбы пользователей) и остальных.



Рис. 4. Структура системы управления автономным роботом для выполнения функций продавца консультанта

После обработки полученных данных система может строить мультиагентную онтологию среды магазина, на основе которой строится модель текущего состояния внешней среды. С учетом результатов распознавания команд сотрудников и посетителей магазина система строит модель целевого состояния (полки заполнены товаром, указан правильный ценник, покупателю передан интересующий его товар). Далее, имея модель текущего и желаемого состояния система принятия решений должна построить план достижения цели, который в виде конкретных команд передается на эффекторы робота (двигатели, дисплей и динамики).

Конструкция и мехатронная часть робота прошли тестирования в реальных условиях (в магазине сети «Караван» в г. Нальчик). На данном этапе видется доработка системы управления, в частности дорабатываются алгоритмы распознавания данных с камер робота.

Заключение. Как показал опрос, задача автоматизации мониторинга и выкладки товара на полках крупных магазинов является крайне актуальной для крупных торговых сетей. Учитывая возможные потери от неправильной или несвоевременной выкладки товара, составляющие до 5% годового оборота, задачу создания робота для выполнения функций продавца консультанта можно считать актуальной.

Разработанный автономный робот может обеспечивать мониторинг и выкладку товара на полках магазинов в автономном режиме, а также выполнять указания сотрудников магазина и взаимодействовать с пользователями. На текущем этапе разработки реализована аппаратная часть робота и ведутся работы по разработке и обучению интеллектуальной системы принятия решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Отчет о финансовых и операционных результатах X5 Retail Group за 2024 г. // Официальный сайт X5 Retail Group.
2. Петров С.К. Роботизация бизнес-процессов на примере предприятий сферы розничной торговли // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 4. – С. 140-143.
3. Dworakowski D., Thompson C., Pham-Hung M., & Nejat G. A Robot Architecture Using ContextSLAM to Find Products in Unknown Crowded Retail Environments // Robotics. – 2021. – Vol. 10, No. 4. – P. 110.
4. Сорокин В.И. Перспективы внедрения наземных роботов-курьеров в управление логистическими процессами сервисов доставки // Молодежная неделя науки ИПМЭиТ: Сб. трудов Всероссийской студенческой научно-учебной конференции. В 6-ти частях. Том Часть 3. Санкт-Петербург, 02–04 декабря 2021 года. – СПб.: ФГАОУВО "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2021. – С. 61-64. – EDN QBKSDH.

5. Новосёлова Е.Е., Молдабаева П.С., Белякова Е.В. Внедрение робототехники в курьерскую деятельность // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2022. – № 3. – С. 280-282.
6. Медведев И. В сети ВкусВилл появились «умные» тележки // BFM.RU. – 2020. – Свободный режим доступа: <https://www.bfm.ru/news/435921> (дата обращения: 25.02.2025).
7. Galdelli A., Pietrini R., Mancini A., & Zingaretti P. Retail Robot Navigation: A Shopper Behavior-Centric Approach to Path Planning // IEEE Access. – 2024. – Vol. 12. – P. 50154–50164.
8. Бахман В.А., Королева А.Н., Царегородцев Е.Л. Обзор видов и анализ современного состояния рынка промышленных роботов-манипуляторов // МНИЖ. – 2023. – № 2 (128). – С. 2-6.
9. Гараев Р.А., Рогожников А.О. Перспектива использования робота-манипулятора в различных отраслях // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития. – 2022. – № 5. – С. 57-60.
10. Sharma R., Patange A.D., Padalghare R., & Kale R.C. Development of LiDAR operated inventory control and assistance robot. In Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers // Journal of Process Mechanical Engineering. – 2023. – Vol. 238. – P. 192-202.
11. Rahmadya B., Sun R., Takeda S., Kagoshima K., & Umehira M. A Framework to Determine Secure Distances for Either Drones or Robots Based Inventory Management Systems // IEEE Access. – 2020. – Vol. 8. – P. 170153-170161.
12. Vicente Ó.F., Fernández F., & García J. Automated market maker inventory management with deep reinforcement learning // Applied Intelligence. – 2023. – Vol. 53, No. 19. – P. 22249-22266
13. Engström P., Hagen J., Khoshghadam A., & Schneider A. Effects of electronic cash registers on reported revenue // International Tax and Public Finance. – 2024.
14. Насаридзе Е.В., Икрамов Р.А. Анализ эффективности использования роботов-кассиров в торговле // Неделя науки СПбПУ: Матер. научной конференции с международным участием. Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли. Санкт-Петербург, 18–23 ноября 2019. – СПб.: ФГАОУВО "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2019. – Т. 3. – С. 187-189. – EDN NDJEMV.
15. Михайлов Д.В. Анализ практики применения алгоритмов машинного обучения в российских розничных сетях для развития операционной деятельности и разработки маркетинговой стратегии предприятия // Fundamental and applied approaches to solving scientific problems: Сб. научных статей по материалам XII Международной научно-практической конференции. Уфа, 28 апреля 2023. – Уфа: ООО "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2023. – С. 122-141. – EDN JBXWSR.
16. Губко Ю.А. Применение CRM системы управления взаимоотношениями с клиентом для розничной торговли // Скиф. Вопросы студенческой науки. – 2020. – № 5-2 (45). – С. 293-297. – EDN CXFTHW.
17. Островский В.Л. Интеллектуальная система освещения образовательного учреждения // Форум молодёжной науки. – 2020. – № 6. – С. 4-13.
18. Чебан А.Н. Система интеллектуального управления освещением в учебных зданиях // Наука, образование и экспериментальное проектирование. – 2020. – № 1. – С. 464-465.
19. Байнева И.И. Системы управления освещением на современном производстве // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Материалы IV Национальной научно-практической конференции. Казань, 06–07 декабря 2018. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019. – Т. 2. – С. 589-595. – EDN HLUHXH.
20. Song C.S., Kim Y.K. The role of the human-robot interaction in consumers acceptance of humanoid retail service robots // Journal of Business Research. – 2022. – Vol. 146. – P. 489-503.
21. Subero-Navarro Á., Pelegrín-Borondo J., Reinares-Lara E., & Olarte-Pascual, C. Proposal for modeling social robot acceptance by retail customers: CAN model + technophobia // Journal of Retailing and Consumer Services. – 2022. – Vol. 64. – P. 102813.
22. Noble S. M., Mende M. The future of artificial intelligence and robotics in the retail and service sector: Sketching the field of consumer-robot-experiences // J. of the Acad. Mark. Sci. – 2023. – Vol. 51, No. 4. – P. 747-756.
23. Roozen I., Raedts M., Yanycheva A. Are Retail Customers Ready for Service Robot Assistants? // Int J of Soc Robotics. – 2022. – Vol. 15, No. 1. – P. 15-25.
24. Sindhwani R., Pereira V., Sampat B., Shankar A., Nigam A., & Salwan P. Exploring barriers to social robot adoption: A mixed-method study in the Indian retail sector // Technological Forecasting and Social Change. – 2025. – Vol. 212. – P. 123923.
25. Нагоев З.В. Интеллектика, или мышление в живых и искусственных системах. – Нальчик: Изд-во КБНЦ РАН, 2013. – 211 с.

REFERENCES

1. Otchet o finansovykh i operatsionnykh rezul'tatakh X5 Retail Group za 2024g. [Report on financial and operating results of X5 Retail Group for 2024], Ofitsial'nyy sayt X5 Retail Group [Official website of X5 Retail Group].
2. Petrov S.K. Robotizatsiya biznes-protsessov na primere predpriyatiy sfery roznichnoy trgovli [Robotization of business processes using the example of retail enterprises], *Innovatsii i investitsii* [Innovations and investments], 2021, No. 4, pp. 140-143.
3. Dworakowski D., Thompson C., Pham-Hung M., & Nejat G. A Robot Architecture Using ContextSLAM to Find Products in Unknown Crowded Retail Environments, *Robotics*, 2021, Vol. 10, No. 4, pp. 110.
4. Sorokin V. I. Perspektivy vnedreniya nazemnykh robotov-kur'yerov v upravleniye logisticheskimi protsessami servisov dostavki [Prospects for the implementation of ground robot couriers in the management of logistics processes of delivery services], *Molodezhnaya nedelya nauki IPMEiT: Sb. trudov Vserossiyskoy studencheskoy nauchno-uchebnoy konferentsii. V 6-ti chastyakh. Tom Chast' 3. Sankt-Peterburg, 02–04 dekabrya 2021 goda* [Youth Science Week IPMEiT: Collection of proceedings of the All-Russian Student Scientific and Educational Conference. In 6 parts. Vol. Part 3. Saint Petersburg, December 02–04, 2021]. St. Petersburg: Federal State Educational Institution of Higher Education "Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University", 2021, pp. 61-64. EDN QBKSDH.
5. Novoselova E.E., Moldabaeva P.S., Belyakova E.V. Vnedreniye robototekhniki v kur'yerskuyu deyatelnost' [Introduction of robotics into courier activities], *Aktual'nyye problemy aviatsii i kosmonavтики* [Current problems of aviation and astronautics], 2022, No. 3, pp. 280-282.
6. Medvedev I. V seti VkusVill poyavilis' «umnyye» telezhki [“Smart” carts appeared in the VkusVill network], *BFM.RU*, 2020. Free access: <https://www.bfm.ru/news/435921> (accessed: 02.25.2025).
7. Galdelli A., Pietrini R., Mancini A., & Zingaretti P. Retail Robot Navigation: A Shopper Behavior-Centric Approach to Path Planning, *IEEE Access*, 2024, Vol. 12, pp. 50154–50164.
8. Bakhman V.A., Koroleva A.N., Tsaregorodtsev E.L. Obzor vidov i analiz sovremennogo sostoyaniya rynka promyshlennykh robotov-manipulyatorov [Review of types and analysis of the current state of the market for industrial robotic manipulators], *MNIZH* [MNIZH], 2023, No. 2 (128), pp. 2-6.
9. Garayev R.A., Rogozhnikov A.O. Perspektiva ispol'zovaniya robota-manipulyatora v razlichnykh otraslyakh [Prospects for using a robotic manipulator in various industries], *Tekhnicheskaya ekspluatatsiya vodnogo transporta: problemy i puti razvitiya* [Technical operation of water transport: problems and development paths], 2022, No. 5, pp. 57-60.
10. Sharma R., Patange A.D., Padalghare R., & Kale R.C. Development of LiDAR operated inventory control and assistance robot. In Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, *Journal of Process Mechanical Engineering*, 2023, Vol. 238, pp. 192-202.
11. Rahmadya B., Sun R., Takeda S., Kagoshima K., & Umehira M. A Framework to Determine Secure Distances for Either Drones or Robots Based Inventory Management Systems, *IEEE Access*, 2020, Vol. 8, pp. 170153-170161.
12. Vicente, Ó. F., Fernández, F., & García, J. Automated market maker inventory management with deep reinforcement learning, *Applied Intelligence*, 2023, Vol. 53, No. 19, pp. 22249-22266.
13. Engström P., Hagen J., Khoshghadam A., & Schneider A. Effects of electronic cash registers on reported revenue, *International Tax and Public Finance*, 2024.
14. Nasaridze E.V. Ikramov R.A. Analiz effektivnosti ispol'zovaniya robotov-kassirov v trgovle [Analysis of the effectiveness of using robot cashiers in trade], *Nedelya nauki SPbPU: Materialy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem. Institut promyshlennogo menedzhmenta, ekonomiki i trgovli. Sankt-Peterburg, 18–23 noyabrya 2019* [SPbPU Science Week: Proceedings of a scientific conference with international participation. Institute of Industrial Management, Economics and Trade. St. Petersburg, November 18–23, 2019]. Saint Petersburg: FGAOUVO "Sankt-Peterburgskiy politekhnicheskii universitet Petra Velikogo", 2019, Vol. 3, pp. 187-189. EDN NDJEMV.
15. Mikhailov D.V. Analiz praktiki primeneniya algoritmov mashinnogo obucheniya v rossiyskikh roznichnykh setyakh dlya razvitiya operatsionnoy deyatelnosti i razrabotki marketingovoy strategii predpriyatiya [Analysis of the practice of using machine learning algorithms in Russian retail chains for the development of operational activities and development of an enterprise's marketing strategy], *Fundamental and applied approaches to solving scientific problems: Sb. nauchnykh statey po materialam XII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ufa, 28 aprelya 2023*. [Fundamental and applied approaches to solving scientific problems: Collection of scientific articles based on the materials of the XII International Scientific and Practical Conference. Ufa, April 28, 2023]. Ufa: OOO "Nauchno-izdatel'skiy tsentr "Vestnik nauki", 2023, pp. 122-141. EDN JBXWSR.

16. *Gubko Yu.A.* Primeneniye CRM sistemy upravleniya vzaimootnosheniyami s kliyentom dlya roznicnoy trgovli [Application of a CRM customer relationship management system for retail trade], *Skif. Voprosy studencheskoy nauki* [Skif. Questions of student science], 2020, No. 5-2 (45), pp. 293-297. EDN CXFTHW.
17. *Ostrovsky V.L.* Intellektual'naya sistema osveshcheniya obrazovatel'nogo uchrezhdeniya [Intelligent lighting system for an educational institution], *Forum molodozhnoy nauki* [Forum of Youth Science], 2020, No. 6, pp. 4-13.
18. *Cheban A.N.* Sistema intellektual'nogo upravleniya osveshcheniyem v uchebnykh zdaniyakh [Intelligent lighting control system in educational buildings], *Nauka, obrazovaniye i eksperimental'noye proyektirovaniye* [Science, education and experimental design], 2020, No. 1, pp. 464-465.
19. *Bayneva I.I.* Sistemy upravleniya osveshcheniyem na sovremennom proizvodstve [Lighting control systems in modern production], *Priborostroyeniye i avtomatizirovannyy elektroprivod v toplivno-energeticheskoy komplekse i zhilishchno-kommunal'nom khozyaystve: Mater. IV Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Kazan', 06–07 dekabrya 2018* [Instrumentation and automated electric drive in the fuel and energy complex and housing and communal services: materials of the IV National Scientific and Practical Conference. Kazan, December 06–07, 2018]. Kazan': Kazanskiy gosudarstvennyy energeticheskiy universitet, 2019, Vol. 2, pp. 589-595. EDN HLUHXH.
20. *Song C.S., Kim Y.K.* The role of the human-robot interaction in consumers acceptance of humanoid retail service robots, *Journal of Business Research*, 2022, Vol. 146, pp. 489-503.
21. *Subero-Navarro A., Pelegrin-Borondo J., Reinares-Lara E., & Olarte-Pascual, C.* Proposal for modeling social robot acceptance by retail customers: CAN model + technophobia, *Journal of Retailing and Consumer Services*, 2022, Vol. 64, pp. 102813.
22. *Noble S.M., Mende M.* The future of artificial intelligence and robotics in the retail and service sector: Sketching the field of consumer-robot-experiences, *J. of the Acad. Mark. Sci.*, 2023, Vol. 51, No. 4, pp. 747-756.
23. *Roozen I., Raedts M., Yanycheva A.* Are Retail Customers Ready for Service Robot Assistants? *Int J of Soc Robotics*, 2022, Vol. 15, No. 1, pp. 15-25.
24. *Sindhvani R., Pereira V., Sampat B., Shankar A., Nigam A., & Salwan P.* Exploring barriers to social robot adoption: A mixed-method study in the Indian retail sector, *Technological Forecasting and Social Change*, 2025, Vol. 212, pp. 123923.
25. *Nagoev Z.V.* Intellectics, or thinking in living and artificial systems [Intellektika, ili myshleniye v zhivykh i iskusstvennykh sistemakh], *Nal'chik: Izdatel'stvo KBNTS RAN* [Nalchik: Publishing House KBNTs RAS], 2013, pp. 211.

Хапова Мадина Аликовна – Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»; e-mail: madina.kharova@yandex.ru; г. Нальчик, Россия; тел.: 89280777092; научный сотрудник.

Бжихатлов Кантемир Чамалович – Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»; e-mail: haosit13@mail.ru; г. Нальчик, Россия; тел.: 89631663448; к.ф.-м.н.; зав. лабораторией.

Кокова Ляна Башировна – Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»; e-mail: lyanakok@yandex.ru; г. Нальчик, Россия; тел.: 89640394328; м.н.с.

Kharova Madina Alikovna – Federal Scientific Center "Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences"; e-mail: madina.kharova@yandex.ru; Nalchik, Russia; phone: +7928077092; research fellow.

Bzhikhatlov Kantemir Chamalovich – Federal Scientific Center "Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences"; e-mail: haosit13@mail.ru; Nalchik, Russia; phone: +79631663448; cand. of phys. and math. sc.; head of the laboratory.

Kokova Lyana Bashirovna – Federal Scientific Center "Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences"; e-mail: lyanakok@yandex.ru; Nalchik, Russia; phone: +79640394328; junior researcher.