

Разработка сервиса роботизированных парковок «умного» города для оптимизации использования парковочных мест в условиях их недостатка

М. А. Канокова^{✉1}, А. У. Заммоев^{1,2}

¹Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

²Институт информатики и проблем регионального управления –
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук
360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а

Аннотация. На современном этапе развития городской среды очень остро стоит проблема нехватки парковочных мест. В данной работе рассматриваются основные причины возникновения этой проблемы, а также предлагаются возможные пути ее решения. В частности, рассматриваются существующие методы организации парковочного пространства, такие как строительство многоярусных парковок, использование альтернативных видов транспорта (например, подземных или на крышах зданий), а также внедрение интеллектуальных систем управления парковками. Описаны архитектура, структурная схема программно-аппаратной реализации и варианты применения разрабатываемого сервиса роботизированных парковок «умного» города для оптимизации использования парковочных мест. Особое внимание уделяется вопросам оптимизации использования существующего пространства, разработки новых подходов к планированию городской инфраструктуры и учета потребностей различных категорий населения.

Ключевые слова: роботизированное устройство, роботизированные парковки, концепция сервиса, управление парковками, оптимизация парковочного пространства

Поступила 11.11.2024, одобрена после рецензирования 18.11.2024, принята к публикации 29.11.2024

Для цитирования. Канокова М. А., Заммоев А. У. Разработка сервиса роботизированных парковок «умного» города для оптимизации использования парковочных мест в условиях их недостатка // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 6. С. 53–66. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-6-53-66

MSC: 68T40

Original article

Development of a smart city robotic parking service to optimize the use of parking spaces in conditions of their shortage

M.A. Kanokova^{✉1}, A.U. Zammoev^{1,2}

¹Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street

²Institute of Computer Science and Problems of Regional Management –
branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street

Abstract. Current stage of urban environment development sees the lack of parking spaces. This paper analyses main causes of this problem and suggests possible solutions. In particular, the existing methods to organize parking space are considered, such as the construction of multistorey parking lots, the use of

alternative modes of transport (for example, underground or on the roofs of buildings), as well as the introduction of intelligent parking management systems. The architecture, structural scheme of hardware and software implementation and application options of the developed service of robotic parking of the “smart” city for optimizing the use of parking spaces are described. Special attention is paid to the issues of optimizing the use of existing space, developing new approaches to urban infrastructure planning and taking into account the needs of different population categories.

Keywords: robotic device, robotic parking, service concept, parking management, parking space optimization

Submitted 11.11.2024,

approved after reviewing 18.11.2024,

accepted for publication 29.11.2024

For citation. Kanokova M.A., Zammoev A.U. Development of a smart city robotic parking service to optimize the use of parking spaces in conditions of their shortage. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 6. Pp. 53–66. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-6-53-66

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы состоит в том, что в современном мире проблема недостатка парковочных мест становится все более масштабной и требует комплексного подхода к решению. Усугубляется она в связи с ростом числа автомобилей, увеличением плотности населения и развитием городской инфраструктуры, приводя к еще большей нехватке парковочных мест, что вызывает ряд проблем и неудобств для жителей и гостей города. Предлагаемая нами разработка могла бы решить часть этих проблем и повысить уровень комфорта граждан. Также данная работа представляет интерес для специалистов в области градостроительства, городского планирования и управления транспортными системами, а также для всех, кто интересуется проблемами развития городской среды.

Одним из главных факторов комфортного проживания в городе является уровень развития транспортной инфраструктуры. Город постоянно развивается, увеличивается количество заселенных районов и многоквартирных домов. Урбанизация ведет к увеличению количества приобретаемых автомобилей, а рост количества парковочных мест не соответствует требуемой для комфортного проживания в городской среде норме. В связи с этим возникает ряд проблем, связанных с отсутствием парковочных мест, например, неправильная парковка в местах, не являющихся парковочной зоной (на газонах, тротуарах, перекрестках, около бордюров на шоссе и т.п.) [1]. Если посмотреть во дворы многоквартирных домов, можно заметить, что около 80 % дворовой территории занято автомобилями, что затрудняет проезд машин «скорой помощи» или МЧС. Причинами подобных проблем являются постоянный рост количества автомобилей, увеличение плотности населения и неэффективное использование городского пространства. Крупные города страдают больше всего. При проведении сравнительного анализа было выявлено, что в Москве всего 10 % земли приходится на хранение транспорта. В США эта цифра составляет 20 %, в европейских городах – 15 % [2]. На данный момент, согласно отчету, подготовленному экспертами агентства «АВТОСТАТ», уровень автомобилизации в России составляет в среднем 322 легковых автомобиля на 1 тыс. человек (на 01.01.2024 г.). Парк легковых автомобилей в России на первое января 2024 года составлял 44 099 620 авто (рис. 1, 2). Если говорить о динамике, продажи новых легковых автомобилей в России в 2024 году выросли на 60 %. На сентябрь 2024 года в России было продано 1 154 778 автомобилей¹.

¹Структура и прогноз парка легковых автомобилей в России. Отчет агентства «АВТОСТАТ» на 01.01.2024

Кроме того, общий рост городского населения, связанный с развитием городской инфраструктуры, строительством новых жилых комплексов и коммерческих объектов, приводит к росту потребности в парковочных местах, особенно в центре города и в районах с высокой плотностью населения. При этом строительные нормы и требования СНиПов не сопоставляют количество комнат или квадратуру одной квартиры и количество парковочных мест, которые должны приходиться на данную квадратуру. Например, в доме бизнес-класса на одну квартиру приходится 2 парковочных машино-места, а на одну квартиру в доме эконом-класса 1 парковочное место, нормы не обязывают застройщиков учитывать, что в квартире площадью 100 кв. м могут жить, например, 5 человек и как минимум у 3 членов семьи есть автотранспорт².

Недостаток парковочных мест также связан с неэффективным использованием городского пространства. Во многих городских районах узкие улицы и ограниченное пространство для строительства парковок. Это затрудняет создание новых парковочных мест и приводит к их нехватке. При этом можно отметить, что парковочные места в избыточном количестве чаще всего можно встретить на территории бизнес-центров и иных коммерческих организаций. Исследования ученых факультета автоматизации технологического университета Гуанчжоу предлагают сдавать в аренду парковочные места бизнес-центров и иных коммерческих организаций. Право собственности на частные парковочные места в коммерческом здании обычно принадлежит нескольким компаниям или бизнесменам. Поскольку эти частные парковки не требуются в течение всего дня, их можно сдавать в аренду. Они предложили модель парковки, в которой все данные о времени и требованиях отдельного парковочного места отправляются на центральную операционную платформу. Для вычисления цены аренды все требования к парковкам и время сдачи сопоставляются друг с другом [3].

Недостаток парковочных мест приводит к ряду проблем транспортной системы города. В первую очередь отсутствие парковок становится причиной затруднения движения на дорогах. Автомобили, ищущие свободные места для парковки, нередко становятся причиной пробок и заторов, особенно в часы максимальной загруженности дорог общего пользования. Из-за пробок и заторов, вызванных нехваткой парковочных мест, ухудшается экологическая ситуация в городе. Выбросы вредных веществ от автомобилей увеличивают загрязнение воздуха, что негативно сказывается на здоровье жителей. Нехватка парковочных мест также снижает качество жизни жителей города. Люди вынуждены искать свободные места для парковки в отдаленных районах, что занимает больше времени и усилий. Это может вызывать стресс и раздражение у водителей.

Проблема нехватки парковочных мест является актуальной для многих городов различных стран мира. Для ее решения необходимо строить новые парковки, оптимизировать использование существующих и внедрять систему управления парковками. При этом в различных странах используется несколько подходов к решению этой проблемы [4, 5].

Одним из решений может быть оптимизация использования парковочных мест, в том числе и за счет использования цифровых сервисов. Например, можно использовать системы управления парковками, которые позволяют отслеживать свободные места и направлять водителей к ним. Развитие общественного транспорта может снизить потребность в личных автомобилях и, соответственно, в парковочных местах. Создание многоуровневых парковок позволит разместить больше автомобилей на ограниченной площади [6]. Введение платы за парковку может стимулировать водителей искать альтернативные способы пе-

²СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* (с изменениями № 1, 2)

редвижения. Строительство подземных парковок под зданиями или дорогами позволяет использовать пространство более эффективно. Оптимизация дорожной инфраструктуры может помочь уменьшить количество пробок и, следовательно, потребность в парковочных местах [7]. Сотрудничество с бизнесом, которое может внести свой вклад в решение проблемы нехватки парковочных мест, например, предоставление своих территорий для строительства парковок или организация совместных проектов с городскими властями. Разработка новых подходов к организации движения, таких как «умные» города, включающие в себя элементы ИИ и Интернет вещей, поможет более эффективно использовать парковочные места [8].

Целью данной работы является разработка сервиса интеллектуального управления роботизированными парковочными местами «СитиМультиБот» и описание основных вариантов использования данного сервиса на основе исследования проблем, связанных с недостатком парковочных мест.

В работе используются экспертно-аналитический метод и методы синтеза информационно-управляющих систем.

ВАРИАНТЫ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ПАРКОВОК

Одним из возможных путей решения проблемы является строительство новых парковок. Новые парковки могут быть созданы в районах с высоким спросом на парковочные места, таких как центр города и районы с высокой плотностью населения. Расширение парковочной зоны или изменение требований к парковке, как видим из опыта других стран, не являются достаточно эффективными мерами, способными решить проблемы с парковками, т.к. это повышает трафик, и город окончательно забивается автомобилями [9].

Оптимизация использования существующих парковок также может помочь решить проблему нехватки парковочных мест. Например, можно использовать многоуровневые парковки или подземные парковки, чтобы увеличить количество доступных мест.

Внедрение системы управления парковками позволяет оптимизировать использование парковочных мест и снизить нагрузку на дороги. Система управления парковками дает возможность отслеживать свободные места и предоставлять информацию водителям о доступных местах для парковки. Расширение системы управления парковками элементами ИИ добавляет новые функциональные возможности для анализа индивидуальных потребностей горожан и рекомендаций им мест и времени парковки, близких к оптимальным [10–13].

КОНЦЕПЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СЕРВИСА РОБОТИЗИРОВАННЫХ ПАРКОВОК

В связи с необходимостью внедрения системы управления парковками учеными КБНЦ РАН начата разработка сервиса управления роботизированными парковочными местами «умного» города «СитиМультиБот». Сервис представляет собой программно-аппаратный комплекс, состоящий из программного комплекса мониторинга и управления парковками в городе, которой связан с сетью роботизированных устройств для управления парковочным местом. Архитектура работы сервиса приведена на рис. 1.

Для обеспечения управления парковочными местами на каждое из них устанавливается робот-парковщик, представляющий собой роботизированное устройство для блокировки парковочного места. При этом каждое роботизированное устройство связано с общим сервером управления «умной» парковкой. В случае, если водитель автомобиля планирует припарковаться на определенной парковке, система управления позволяет ему просмотреть количество свободных мест, забронировать парковочное место, обеспечивает разблокировку места и отвечает за расчет и сбор оплаты. Все собранные данные хранятся и

обрабатываются на сервере и позволяют администратору парковки контролировать обрачиваемость парковочных мест. Обмен данными между роботами, сервером и пользователями обеспечивается за счет беспроводной связи. Управление осуществляется за счет использования приложений для смартфона или веб-интерфейса.

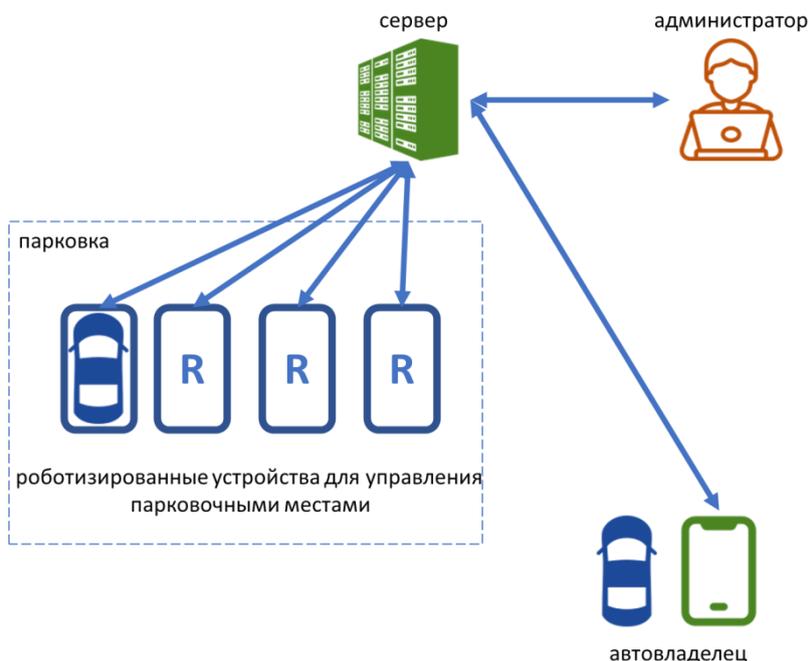


Рис. 1. Архитектура работы сервиса «СитиМультиБот»

Fig. 1. Architecture of the CityMultiBot service

Роботизированное устройство для управления парковочным местом представляет собой переносной блок, который может заблокировать парковочное место за счет раскрытия стрел. Внешний вид робота-парковщика приведен на рисунке 2 (в закрытом и раскрытом состоянии). В закрытом состоянии робот-парковщик помещается под автомобилем и не препятствует парковке.



Рис. 2. Внешний вид роботизированного модуля управления парковочным местом

Fig. 2. Appearance of the robotic module of parking space control

На роботизированном устройстве расположен привод с актуатором, который позволяет разворачивать и сворачивать робота-парковщика и боковые стрелы. Для управления роботом-парковщиком используется микроконтроллер, который обеспечивает сбор данных с установленных сенсоров (датчик наличия автомобиля над роботизированным устройством, датчик, отслеживающий попытку взлома или перемещения робота-парковщика) и управление эффекторами роботизированного устройства (привод стрел, светодиодная индикация состояния и звуковая сигнализация), в том числе в автоматическом режиме независимо от связи с сервером по неотложным событиям (поднятие барьера при отезде автомобиля, сигнализация при актах вандализма или попытках переместить робота-парковщика). В различных конфигурациях роботизированного устройства используются WiFi или 3G-модемы для обеспечения связи с сервером. Кроме того, для удобства автомобилистов реализована функция автоматического поднятия и блокировки парковочного места после отезда автомобиля. Для защиты от актов вандализма и кражи на роботизированном устройстве реализовано автоматическое срабатывание сигнализации. Для обеспечения питания роботизированного устройства используется легко заменяемый аккумулятор. Схема реализации робота-парковщика приведена на рис. 3.



Рис. 3. Схема реализации робота-парковщика

Fig. 3. Scheme of the implementation of the parking robot

Программная часть сервиса реализована в виде клиент-серверного приложения. В качестве клиентов на ней выступают программа микроконтроллера роботизированного устройства, приложение для администратора парковки и приложение для водителя. Роботизированное устройство отвечает за сбор и отправку данных на сервер, а также выпол-

нение его команд (за исключением особых случаев, например, при наличии автомобиля над роботом-парковщиком – он не может подняться). Приложение администратора позволяет управлять парковкой, в частности, добавлять и удалять парковки, роботов-парковщиков и пользователей, а также устанавливать режим работы парковки. Кроме того, приложение позволяет контролировать сбор оплаты и метод расчета цены парковочного места (в том числе и автоматически, с учетом текущей и прогнозируемой загрузки парковки). Также администратор может отслеживать статистику и прогноз по состоянию и загрузке парковки. Приложение водителя должно обеспечить основной функционал – просмотр наличия свободных мест, бронирование, управление роботизированным устройством и оплату услуг парковки. Сервер отвечает за сбор, анализ и управление всеми парковками, а также хранение собранной информации в базе данных. Архитектура программной реализации сервиса приведена на рис. 4.



Рис. 4. Архитектура программной реализации сервиса

Fig. 4. Architecture of the software implementation of the service

На данном этапе разработан прототип сервиса роботизированных парковок «умного» города «СитиМультиБот» и ведется тестирование функционала роботизированного узла управления парковочным местом. Кроме того, на основе анализа требований потребителей определены основные варианты использования.

ОСНОВНЫЕ ВАРИАНТЫ ПОЛЬЗОВАНИЯ СЕРВИСОМ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ПАРКОВОК «УМНОГО» ГОРОДА «СИТИМУЛЬТИБОТ»

1. Базовый вариант сервиса – предусматривает управление с помощью радиопульта и базового варианта приложения, наличие GPS-датчика (табл. 1).

Таблица 1. Варианты пользования базовым вариантом сервиса**Table 1.** Options for using the basic version of the service

Базовый вариант сервиса	Управление с помощью базового варианта приложения	Управление с помощью радиопульта	Один из способов защиты от кражи	Один из способов обеспечения безопасного пользования сервисом	Способы оповещения владельца парковки о неисправности сервиса
Актеры	Владелец автомобиля, робот-парковщик	Владелец парковки, робот-парковщик		Владелец автомобиля, робот-парковщик	
Описание	Парковка автомобиля на заданном машино-месте с использованием кнопки в приложении	Открытие/ блокировка машино-места с использованием радиопульта	Определение местоположения роботизированного устройства в случае кражи	Отсутствие возможности поднять робота-парковщика, если над ним расположен автомобиль	Оповещение о неисправности, низком заряде аккумулятора, отключении робота-парковщика
Предусловие	Наличие гаджета с установленным приложением, наличие Wi-fi				
Шаги использования	<ol style="list-style-type: none"> 1. Автомобилист подъезжает к парковке. 2. Автомобилист сам находит свободное место/подъезжает к своему парковочному месту. 4. Автомобилист припарковывает автомобиль. 3. Автомобилист через приложение складывает робота-парковщика 6. Робот-парковщик поднимается и блокирует парковочное место. 5. Автомобилист отъезжает от парковочного места 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Владелец парковки подъезжает к парковке. 2. Владелец парковки выбирает конкретное парковочное место. 3. Владелец парковки с помощью радиопульта складывает/поднимает робота-парковщика. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. В случае, если робота-парковщика унесли на 20 метров, если произошло воздействие на робота-парковщика (сдвинули или толкнули), если робота-парковщика унесли за пределы зоны wi-fi, владельцу парковки приходит уведомление на панель администратора и смс на телефон о данном событии, а также срабатывает сигнализация. Опционально можно установить sim-карту для получения координат местоположения робота-парковщика в случае, если робота унесли за пределы зоны wi-fi. 2. Владелец парковки открывает уведомление/сообщение о событии. 3. Владелец парковки копирует указанные в уведомлении/в сообщении координаты/нажимает ссылку в уведомлении/сообщении. 4. Владелец парковки открывает поисково-информационную картографическую службу и вбивает в поиск скопированные координаты. 5. Владелец парковки получает примерные координаты местоположения робота-парковщика 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сервис при попытке поднять робота-парковщика не реагирует на нажатие кнопки и выводит на экран сообщение, что место занято (если место занято автомобилем, значок опустить парковщика должен гореть отличительным цветом) 2. Сервис показывает с помощью окрашивания определенным цветом значка робота-парковщика, что место занято 	<ol style="list-style-type: none"> 1. При наличии неисправности владельца парковки приходит уведомление на гаджет и на почту о поломке. 2. При низком заряде аккумулятора владельцу парковки приходит уведомление на гаджет и на почту об уровне заряда аккумулятора и о возможном ухудшении работы робота-парковщика. 3. При отключении робота-парковщика владельцу парковки приходит уведомление на гаджет и на почту о том, что робот-парковщик отключен
Результат	Автомобиль удачно припаркован Автомобиль удачно отъехал и освободил парковочное место	Машино-место удачно открыто/заблокировано с помощью радиопульта	Владелец парковки получил уведомление о событии. Сработала сигнализация	Не удалось поднять робота-парковщика в случае нахождения над ним какого-либо объекта. При открытии приложения у пользователя есть понимание, что на данном парковочном месте поднять робота-парковщика нельзя.	В ситуации неисправности, при низком заряде аккумулятора и отключении робота-парковщика на гаджет и на почту пришло уведомление о событии

2. Продвинутый вариант сервиса – предусматривает управление через приложение с возможностью бронирования парковочного машино-места. Вариант использования для автомобилистов и сотрудников муниципалитета на бесплатных парковках (табл. 2).

Таблица 2. Варианты пользования для автомобилистов и сотрудников муниципалитета на бесплатных парковках

Table 2. Options for use for drivers and municipal employees in free parking lots

Продвинутый вариант сервиса для бесплатных парковок	Бронирование парковочного места с предупреждением пользователя о правилах конкретной парковки	Получение и визуализация статистической информации по оборачиваемости парковочных мест для муниципалитетов	Получение и визуализация статистической информации по продолжительности парковочных сессий для муниципалитетов	Получение и визуализация статистической информации по количеству штрафов и сумм по ним
Актеры	Владелец автомобиля, сервис	Сотрудник муниципалитета, приложение		
Описание	Предупредить о нарушении правил парковки и при неосвобождении парковочного места начислить штраф	Получить данные по оборачиваемости парковочных мест	Получить данные о продолжительности парковочных сессий	Получить данные по количеству штрафов и сумм по ним
Предусловие	Наличие гаджета с установленным приложением, наличие Wi-fi			
Шаги использования	<ol style="list-style-type: none"> 1. Автомобилист открывает приложение и регистрируется. 2. Автомобилист задает адрес желаемой парковки. 3. Сервис демонстрирует сеть роботов-парковщиков рядом с выбранной локацией. 4. Автомобилист находит через приложение свободное место. 5. Автомобилист бронирует свободное место - необходимо задать время начала парковочной сессии. 6. Автомобилист подъезжает к парковке. 7. Автомобилист складывает робота-парковщика нажатием кнопки в приложении. 8. Автомобилист припарковывает автомобиль. 9. До истечения времени, отведенного на бесплатную парковку, автомобилисту приходит уведомление о необходимости освободить парковочное место, в противном случае будет начислен штраф. 10. Автомобилист освобождает парковочное место по истечению времени, отведенного на бесплатную парковку. 11. Сервис в случае неосвобождения начисляет штраф в зависимости от превышения времени, отведенного на бесплатную парковку. 12. Робот-парковщик поднимается и блокирует парковочное место 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сотрудник муниципалитета открывает приложение и регистрируется. 2. Сотрудник муниципалитета задает адрес желаемой парковки/выбирает на карте. 3. Сотрудник муниципалитета нажатием выбирает парковку. 4. Сервис на боковой панели показывает среднее значение по оборачиваемости парковочных мест за текущие сутки. 5. После того, как сотрудник муниципалитета нажимает на данное значение, открывается график, на котором одна шкала показывает время, а другая количество парковочных сессий. 6. Сбоку данного графика сотрудник муниципалитета может выбрать кнопку «задать диапазон» и тем самым вывести среднее значение оборачиваемости парковочных мест за желаемый период времени. 7. Сотрудник муниципалитета имеет возможность выбрать иконку отдельного парковочного места и нажать на нее 8. Сервис выводит на экран информацию о количестве автомобилей, припаркованных на данном парковочном месте за текущие сутки. 9. Сотрудник муниципалитета имеет возможность задать определенное время и получить данные по оборачиваемости отдельного парковочного места 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сотрудник муниципалитета открывает приложение и регистрируется. 2. Сотрудник муниципалитета задает адрес желаемой парковки. 3. Сотрудник муниципалитета нажатием выбирает парковку. 4. Сервис на боковой панели показывает среднее время парковочных сессий. 5. После того, как сотрудник муниципалитета нажимает на данное значение, открывается график, на котором одна шкала показывает определенное время в сутках, а другая среднее время парковочных сессий. 6. Сотрудник муниципалитета имеет возможность сбоку данного графика выбрать кнопку «задать диапазон» и тем самым вывести среднее время парковочных сессий за желаемый период времени. 7. Сотрудник муниципалитета имеет возможность выбрать определенное парковочное место и нажать на него. 8. Сервис показывает среднее время парковочных сессий на данном парковочном месте. 9. Также сотрудник муниципалитета имеет возможность указать определенный промежуток времени и получить данные о парковочной сессии за конкретный период 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сотрудник муниципалитета открывает приложение и регистрируется. 2. Сотрудник муниципалитета задает адрес желаемой парковки. 3. Сотрудник муниципалитета нажатием выбирает парковку. 4. Сервис на боковой панели показывает количество штрафов за текущие сутки и назначенные суммы по ним, а также среднее значение времени превышения выделенных на бесплатную парковку минут. 5. После того, как сотрудник муниципалитета нажимает на данное значение, открывается трехосевой график с тремя переменными, на котором одна шкала показывает время, другая – время превышения выделенных на бесплатную парковку минут, третья – назначенные суммы по штрафам. 6. Сотрудник муниципалитета имеет возможность сбоку данного графика выбрать кнопку «задать диапазон» и тем самым вывести на экран количество штрафов за желаемый период времени, назначенные суммы по штрафам и среднее время превышения выделенных на бесплатную парковку минут. 7. Сотрудник муниципалитета имеет возможность выбрать отдельное парковочное место и нажать на него. 8. Сервис выводит на экран информацию о количестве автомобилей, припаркованных на данном парковочном месте за текущие сутки, количество штрафов и сумм по ним, среднее время превышения выделенных на бесплатную парковку минут. 9. Сотрудник муниципалитета имеет возможность задать определенное время и получить данные по количеству штрафов и сумм по ним отдельного парковочного места в заданное время и среднее время превышения выделенных на бесплатную парковку минут
Результат	Бесплатная парковочная сессия прошла удачно: либо парковочное место было освобождено вовремя, либо был начислен штраф. До начисления штрафа автомобилист получил уведомление	Получены достоверные данные по оборачиваемости парковочных мест с разной степенью конкретики	Получены достоверные данные по времени парковочных сессий с разной степенью конкретики	Получены достоверные данные по количеству штрафов, сумм по ним, а также среднее время превышения выделенных на бесплатную парковку минут с разной степенью конкретики

3. Продвинутый вариант сервиса – предусматривает управление через приложение с возможностью бронирования парковочного машино-места. Вариант использования для автомобилистов и сотрудников муниципалитета на платных парковках (табл. 3).

Таблица 3. Варианты использования продвинутого сервиса для автомобилистов и сотрудников муниципалитета на платных парковках

Table 3. Options for using the advanced service for drivers and municipal employees in paid parking lots

Продвинутый вариант сервиса для платных парковок	Бронирование парковочного места	Использование листа ожидания	Получение и визуализация статистической информации по оборачиваемости парковочных мест и доход по ним для муниципалитетов
Актеры	Владелец автомобиля, сервис		Сотрудник муниципалитета, приложение
Описание	Парковка автомобиля с помощью сервиса с использованием функции бронирования парковочного места	Добавление в лист ожидания	Получить данные по оборачиваемости парковочных мест и доход по ним
Предусловие	Наличие гаджета с установленным приложением, наличие Wi-fi		
Шаги использования	<ol style="list-style-type: none"> 1. Автомобилист открывает приложение и регистрируется. 2. Автомобилист задает адрес желаемой парковки. 3. Сервис демонстрирует сеть роботов-парковщиков рядом с выбранной локацией. 4. Автомобилист находит через приложение свободное место. 5. Сервис оповещает о стоимости минуты парковки. 6. Автомобилист бронирует свободное место: <ul style="list-style-type: none"> - задает время начала парковочной сессии, - задает продолжительность парковочной сессии. 7. Сервис при бронировании выводит стоимость заданной парковочной сессии. 8. Автомобилист подъезжает к парковке. 9. Автомобилист складывает робота-парковщика нажатием кнопки в приложении. 10. Автомобилист припарковывает автомобиль. 11. Автомобилист освобождает парковочное место. 12. Сервис автоматически списывает сумму за услугу с карты. 13. Робот-парковщик поднимается и блокирует парковочное место. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Автомобилист открывает приложение и регистрируется. 2. Автомобилист задает адрес желаемой парковки. 3. Сервис демонстрирует сеть роботов-парковщиков рядом с выбранной локацией. 4. Сервис оповещает о стоимости минуты парковки. 5. В случае отсутствия парковочного места на желаемой парковке автомобилист открывает лист ожидания. 6. Сервис в листе ожидания показывает примерное время освобождения каждого робота-парковщика. 7. Автомобилист выбирает робота-парковщика и бронирует парковочное место, тем самым добавляет себя в лист ожидания: <ul style="list-style-type: none"> - задает время начала парковочной сессии, - задает продолжительность парковочной сессии. 8. Сервис выводит стоимость бронирования заданной парковочной сессии. 9. Автомобилист подъезжает к парковке. 10. Автомобилист складывает робота-парковщика нажатием кнопки в приложении. 11. Автомобилист припарковывает автомобиль. 12. Автомобилист освобождает парковочное место. 13. Сервис автоматически списывает сумму за услугу с карты. 14. Робот-парковщик поднимается и блокирует парковочное место. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сотрудник муниципалитета открывает приложение и регистрируется. 2. Сотрудник муниципалитета задает адрес желаемой парковки. 3. Сотрудник муниципалитета нажатием выбирает парковку. 4. Сервис на боковой панели показывает среднее значение по оборачиваемости парковочных мест за текущие сутки и полученный доход. 5. После того, как сотрудник муниципалитета нажимает на данное значение, открывается трехосевой график с тремя переменными, на котором одна шкала показывает время, другая – количество парковочных сессий, третья – полученный доход. 6. Сотрудник муниципалитета имеет возможность сбоку данного графика выбрать кнопку «задать диапазон» и тем самым вывести среднее значение оборачиваемости парковочных мест за желаемый период времени и доход. 7. Сотрудник муниципалитета имеет возможность выбрать отдельное парковочное место и нажать на него. 8. Сервис выводит на экран информацию о количестве автомобилей, припарковавшихся на данном парковочном месте за текущие сутки, и доходе. 9. Сотрудник муниципалитета имеет возможность задать определенное время и получить данные по оборачиваемости отдельного парковочного места в заданное время и доходу по нему.
Результат	Парковочная сессия прошла удачно, все указанные функции в приложении работают	Автомобилист добавлен в лист ожидания	Получены достоверные данные по оборачиваемости парковочных мест и доходу с разной степенью конкретности

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нехватка парковочных мест является актуальной проблемой для многих городов. Рост числа автомобилей, увеличение плотности населения и неэффективное использование городского пространства являются основными причинами возникновения этой проблемы. Нехватка парковочных мест приводит к затруднению движения, ухудшению экологической ситуации и снижению качества жизни. Для решения этой проблемы необходимо строить новые парковки, оптимизировать использование существующих и внедрять систему управления парковками.

Самой эффективной мерой является организация «умных» парковок, способных собирать информацию, прогнозировать нагрузку парковок и регулировать транспортный поток. Также данные парковки дадут возможность автомобилистам заранее знать, где есть свободное парковочное место, а где все места заняты. Что в свою очередь позволит экономить время, финансы и сберечь психологическое здоровье автомобилистов, увеличит пропускную способность улично-дорожной сети, а также повысит уровень безопасности проживания в городе. Данные улучшения происходят за счет упорядочения автомобилей и правильного распределения нагрузки.

В рамках работы был разработан интеллектуальный сервис роботизированных парковок «умного» города, который позволит обеспечить мониторинг и оптимизацию использования парковочных мест с целью разгрузки транспортной системы и максимизации выгоды владельцев парковок. Сервис организован в виде распределенной системы, состоящей из множества роботизированных устройств для управления парковочным местом и программного комплекса для их управления. Подобная архитектура сервиса позволяет обеспечить достаточно простое обслуживание и возможность его масштабирования, а также реализовать комплексный мониторинг парковок всего города.

Приведено несколько возможных вариантов использования предлагаемого нами сервиса, который дал бы такие возможности, как: инициирование бронирования парковочного места исходя из предпочтений пользователя, регулирование предоставления парковочных мест исходя из особенностей пользователя (например, его покупательной способности или особенностей здоровья), увеличение количества парковочных сессий; удобство электронной оплаты парковочной сессии; получение статистики использования парковочных мест, наличие карты с координатами парковок и режимами их работы.

Такого рода эффект достигается за счет:

- 1) фиксации начала парковочной сессии и ее окончания;
- 2) определения нарушений правил парковки;
- 3) предупреждения автовладельца о нарушении и если автовладелец не предпримет меры, начисления штрафа;
- 4) автоматизации взимания штрафов при превышении положенного времени парковки и т.п.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьян О. Ю., Горяинов М. Ф. Оценка и варианты решения проблем нехватки парковочных мест в густонаселенных городах // Современные тенденции развития и перспективы внедрения инновационных технологий в машиностроении, образовании и экономике: материалы и доклады / Технологический институт (филиал) ДГТУ. Азов. 2020. Т. 6. № 1(5). С. 89–93. EDN: GEKZYB

2. Ульянов В. И. Перспективные пути решения проблем транспортной загрузки в крупнейших городах России // Инновации и инвестиции. 2020. № 8. С. 215–220. EDN: KOKKCO

3. Xu F., Chen X., Zhang M. et al. Sharing economy market system for private EV parking with consideration of demand side management // *Energy*. 2020. Vol. 190. 116321 p. DOI: 10.1016/j.energy.2019.116321
4. Мамаев Г. И., Бакиров Л. Ю. Проблемы уличных парковок и зарубежный опыт организации парковок // *Universum: технические науки*. 2022. № 5-4 (98). С. 57–61. DOI: 10.32743/UniTech.2022.98.5.13796
5. Егоров С. В., Шацконов П. В., Ернылева А. И., Жарков Д. И. Мировой и российский опыт применения интеллектуальных транспортных систем // *Транспортное дело России*. 2022. № 2. С. 130–136. DOI: 10.24412/2070-1381-2023-101-159-169
6. Котенкова И. Н., Сенин И. С., Беленков Г. И. Эффективное использование парковочного пространства в городских условиях // *Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе*. 2023. Т. 1. С. 66–69. EDN: ACSJYRV
7. Васильева Е. А. Оптимизация транспортной инфраструктуры города Челябинска // *ИТ & Транспорт. Сб. научных статей*. 2022. Т. 17. С. 75–81. EDN: DBOZSA
8. Кравец А. Г., Астанков А. А., Мокрушин Г. А. Виртуальный ассистент водителя для поиска места на открытой парковке // *Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии*. 2022. № 2(58). С. 35–44. EDN: YQORHI
9. Ibrahim F. I., Fareez M., Aishah M. Parking Spaces in Taylor’s University: Problems and solutions // *Environment-Behaviour Proceedings Journal*. 2020. Vol. 5(13). Pp. 323–327. DOI: <https://doi.org/10.21834/e-bpj.v5i13.2035>
10. Mei Z., Zhang W., Zhang L., Wang D. Optimization of reservation parking space configurations in city centers through an agent-based simulation // *Simulation Modelling Practice and Theory*. 2020. Vol. 99. P. 102020. DOI: 10.1016/j.simpat.2019.102020
11. Chen Yu., Wang T., Yan X., Wang C. An Ensemble Optimization Strategy for Dynamic Parking-Space Allocation // *IEEE Intell. Transport. Syst. Mag.* 2023. Vol. 15. No. 1. Pp. 347–362. DOI: 10.1109/mits.2022.3163506
12. Elfaki A. O., Messoudi W., Bushnag A. et al. Constraint Optimization Model for Dynamic Parking Space Allocation // *Sensors*. 2024. Vol. 24. No. 12. 3988 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/s24123988>
13. Liu X., Sun X., Huang W. The integrated strategy of LIDAR points’ evaluation localization and lateral tracking optimization for a new parking robot’s tight space transportation // *Source Publication IEEE Transactions on Fuzzy Systems*. 2023. Vol. 31. No. 2. Pp. 521–535. DOI: 10.1109/tfuzz.2022.3200462

REFERENCE

1. Grigoryan O.Yu., Goryainov M.F. Assessment and options for solving the problems of parking space shortage in densely populated cities. *Sovremennyye tendentsii razvitiya i perspektivy vnedreniya innovatsionnykh tekhnologiy v mashinostroyenii, obrazovanii i ekonomike*. Modern trends in the development and prospects of innovative technologies in engineering, education and economics. Azov. Tekhnologicheskii institut (filial) DGTU. 2020. Vol. 6. No. 1(5). Pp. 89–93. EDN: GEKZYB. (In Russian)
2. Ulyanov V.I. Perspective ways of solving the problems of transport load in the largest cities of Russia. *Innovatsii i investitsii [Innovations and Investments]*. 2020. No. 8. Pp. 215–220. EDN: KOKKCO (In Russian)
3. Xu F., Chen X., Zhang M. et al. Sharing economy market system for private EV parking with consideration of demand side management. *Energy*. 2020. Vol. 190. P. 116321. DOI: 10.1016/j.energy.2019.116321

4. Mamaev G.I., Bakirov L.Yu. Problems of street parking and foreign experience of parking organization. *Universum: tekhnicheskiye nauki* [Universum: Technical Sciences]. 2022. No. 5-4 (98). Pp. 57–61. DOI: 10.32743/UniTech.2022.98.5.13796. (In Russian)
5. Egorov S.V., Shatsionok P.V., Erpyleva A.I., Zharkov D.I. World and Russian experience in the application of intelligent transportation systems. *Transportnoye delo Rossii* [Transport Business of Russia]. 2022. No. 2. Pp. 130–136. DOI: 10.24412/2070-1381-2023-101-159-169. (In Russian)
6. Kotenkova I.N., Senin I.S., Belenkov G.I. Efficient use of parking space in urban conditions. *Modernizatsiya i nauchnyye issledovaniya v transportnom komplekse* [Modernization and Scientific Research in Transport Complex]. 2023. Vol. 1. Pp. 66–69. EDN: ACJYRV. (In Russian)
7. Vasilieva E. A. Optimization of transport infrastructure of the city of Chelyabinsk. *IT i transport* [IT & Transport]. Collection of scientific articles. 2022. Vol. 18. Pp. 37–44. EDN: DBOZSA (In Russian)
8. Kravets A.G., Astankov A.A., Mokrushin G.A. Virtual driver assistant for finding a place in an open parking lot. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravleniye i vysokiye tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies]. 2022. No. 2(58). Pp. 35–44. EDN: YQORHI. (In Russian)
9. Ibrahim F.I., Fareez M., Aishah M. Parking Spaces in Taylor’s University: Problems and solutions. *Environment-Behaviour Proceedings Journal*. 2020. Vol. 5(13). Pp. 323–327. DOI: <https://doi.org/10.21834/e-bpj.v5i13.2035>
10. Mei Z., Zhang W., Zhang L., Wang D. Optimization of reservation parking space configurations in city centers through an agent-based simulation. *Simulation Modelling Practice and Theory*. 2020. Vol. 99. 102020 p. DOI: 10.1016/j.simpat.2019.102020
11. Chen Yu., Wang T., Yan X., Wang C. An ensemble optimization strategy for dynamic parking-space allocation. *IEEE Intell. Transport. Syst. Mag.* 2023. Vol. 15. No. 1. Pp. 347–362. DOI: 10.1109/mits.2022.3163506
12. Elfaki A.O., Messoudi W., Bushnag A. *et al.* Constraint Optimization Model for Dynamic Parking Space Allocation. *Sensors*. 2024. Vol. 24. Issue 12. 3988 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/s24123988>
13. Liu X., Sun X., Huang W. The integrated strategy of LIDAR points’ evaluation localization and lateral tracking optimization for a new parking robot’s tight space transportation. *Source Publication IEEE Transactions on Fuzzy Systems*. 2023. Vol. 31. No. 2. Pp. 521–535. DOI: 10.1109/tfuzz.2022.3200462

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторах

Каноква Мадина Аликовна, науч. сотр. лаборатории «Нейрокогнитивные автономные интеллектуальные системы», Кабардино-Балкарский научный центр РАН;
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;
kanokova.madina@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5313-1360>, SPIN-код: 8569-0012

Заммоев Аслан Узеирович, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. лаборатории «Нейрокогнитивные автономные интеллектуальные системы», Кабардино-Балкарский научный центр РАН;
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;
зав. совместной лабораторией ИИПРУ КБНЦ РАН и НПО «Андроидная техника» «Бионаноробототехника», Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук;
360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;
zammoev@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7966-3557>, SPIN-код: 6317-3115

Information about the authors

Madina A. Kanokova, Researcher of the Laboratory of Neurocognitive Autonomous Intelligent Systems of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;
360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street;
kanokova.madina@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5313-1360>, SPIN-code: 8569-0012

Aslan U. Zammoev, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Neurocognitive Autonomous Intelligent Systems of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street;

Head of the Joint Laboratory of IIPRU KBSC RAS and NPO Android Technology Bionanorobotics, Institute of Computer Science and Problems of Regional Management – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

zammoev@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7966-3557>, SPIN-code: 6317-3115