

УДК 004.932.75'1  
EDN: AGSYXF

## Разработка пользовательско-ориентированной системы умной парковки

Матвеев А. С., Парамонов А. И. ✉

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,  
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

**Постановка проблемы.** Современные системы умных парковок в большинстве случаев ориентированы преимущественно на сбор и анализ данных о занятости парковочных мест, в то время как взаимодействие с конечным пользователем реализовано недостаточно эффективно. Отсутствие интуитивно понятных инструментов для водителей ограничивает практическую ценность таких систем. **Цель исследования** – повышение удобства и эффективности взаимодействия пользователей с системой умной парковки за счет разработки архитектурно и технологически усовершенствованного решения. **Методы.** Предложенная система разработана с использованием микросервисной архитектуры и интеграции компонентов Интернета вещей, включая камеры видеонаблюдения, датчики движения, а также сверточные нейронные сети для автоматического распознавания государственных регистрационных знаков транспортных средств. Обработка данных осуществляется на центральном сервере с последующим отображением результатов для пользователя через удобный интерфейс. **Новизна.** В отличие от существующих решений акцент в разработке сделан на взаимодействии с конечным пользователем. Применение нейросетевых технологий в сочетании с устройствами Интернета вещей в рамках микросервисной архитектуры позволяет объединить сбор данных, их интеллектуальную обработку и представление в единой адаптивной системе. **Результаты.** Разработанная система обеспечивает автоматизированный мониторинг и анализ данных о доступности парковочных мест, а также предоставляет пользователям адаптированный интерфейс с актуальной информацией о свободных местах. Реализация микросервисного подхода позволила достичь гибкости, масштабируемости и устойчивости системы при увеличении нагрузки. Интеграция нейронных сетей повысила точность распознавания номеров, что, в свою очередь, улучшило качество работы всей парковочной инфраструктуры. **Практическая значимость.** Разработанная система может быть использована при проектировании и модернизации городской парковочной инфраструктуры, а также адаптирована для внедрения в умные транспортные системы. Полученные результаты могут быть полезны муниципальным службам и частным операторам парковочных комплексов.

**Ключевые слова:** умные парковки, автоматизированные парковочные системы, нейронные сети

### Введение

В последние годы урбанизация и рост числа автомобилей существенно повлияли на организацию городской инфраструктуры, в том числе на систему парковки. Множество городов сталкиваются с дефицитом парковочных мест, что затрудняет поиск свободных участков для автомобилей и увели-

---

#### Библиографическая ссылка на статью:

Матвеев А. С., Парамонов А. И. Разработка пользовательско-ориентированной системы умной парковки // Вестник СПбГУТ. 2025. Т. 3. № 1. С. 5. EDN: AGSYXF

#### Reference for citation:

Matveev A., Paramonov A. Development of a User-Oriented Smart Parking System // Herald of SPbSUT. 2025. Vol. 3. Iss. 1. P. 5. EDN: AGSYXF

чивает время, которое водители тратят на парковку. Это создает дополнительную нагрузку на транспортные потоки и снижает уровень комфорта для автомобилистов. Решение проблемы парковки требует внедрения инновационных технологий, направленных на автоматизацию процессов учета и распределения парковочного пространства, что позволит снизить нагрузку на городские улицы и улучшить условия для водителей.

С развитием концепции умного города и внедрением технологий Интернета вещей (IoT, аббр. от англ. Internet of Things) в инфраструктуру появилась возможность значительно улучшить управление парковочными ресурсами. Система умной парковки является не только средством оптимизации парковочных процессов, но и важным элементом умной городской инфраструктуры. Использование IoT позволяет интегрировать различные устройства и датчики, которые взаимодействуют друг с другом и с городской инфраструктурой, предоставляя водителям актуальную информацию о доступных парковочных местах в реальном времени.

Одним из ключевых аспектов организации умной парковки является эффективная обработка данных с датчиков, которые фиксируют занятость парковочных мест и передают эту информацию в централизованную систему. Однако, несмотря на существование множества решений для управления парковочными системами, большинство из них не решают важную проблему недостаточной ориентированности на конечного пользователя. На сегодняшний день системы умной парковки в основном обеспечивают лишь сбор и обработку данных о занятости парковочных мест, не предлагая пользователям удобных и интуитивно понятных инструментов для взаимодействия. Для решения данной проблемы требуется разработка новых подходов, направленных на улучшение взаимодействия пользователя с системой умной парковки. Предлагаемые подходы должны не только обеспечивать сбор и обработку данных о занятости парковочных мест, но и предоставлять пользователям функциональные средства для взаимодействия с системой, включая интерфейсы для оперативного резервирования парковочных мест и получения актуальной информации в реальном времени.

Целью данного исследования является разработка системы умной парковки, ориентированной на конечного пользователя, с интеграцией элементов и алгоритмов для автоматического распознавания автомобильных номеров. Предлагаемая система направлена на устранение существующих недостатков в текущих решениях, обеспечивая эффективное управление парковочными местами и удобное взаимодействие пользователей с ней через мобильные интерфейсы. Разработка указанной системы способствует внедрению передовых технологий в области городского транспорта и парковки, ведет к повышению удобства и безопасности для пользователей.

### Обзор подходов к построению умных парковок

Рассмотрим подходы к построению умных парковок, которые на данный момент наиболее часто используются в научных исследованиях и публикациях. В ходе анализа мы будем опираться на проведенный комплексный обзор существующих решений и технологий, применяемых при создании умных парковок [1].

Система умной парковки на основе беспроводной сенсорной сети (WSN, аббр. от англ. Wireless Sensor Network) представляет собой инновационную технологию, которая использует сеть датчиков для мониторинга занятости парковочных мест [2]. Каждый сенсор, установленный на парковочном месте, фиксирует наличие или отсутствие автомобиля и передает данные в центральную систему управления через беспроводную сеть. Такая система обеспечивает высокую гибкость и масштабируемость, позволяя интегрировать большое количество датчиков с минимальными затратами на инфраструктуру. Кроме того, беспроводные сенсоры обеспечивают оперативность сбора и передачи данных, что позволяет эффективно управлять парковочным пространством, информируя водителей о наличии свободных мест в реальном времени.

Система умной парковки на основе многоагентной системы (MAS, аббр. от англ. Multi Agent Systems) представляет собой подход, в котором различные автономные агенты взаимодействуют между собой для эффективного управления парковочным пространством. Каждый агент в системе может представлять собой отдельное устройство или компонент системы, например датчики или парковочные терминалы, которые обмениваются информацией и принимают решения о распределении парковоч-

ных мест. Взаимодействие агентов позволяет системе адаптироваться к изменениям в реальном времени, повышая эффективность и уменьшая время, затрачиваемое на поиск свободного места для парковки. Такой подход обеспечивает более высокую гибкость, динамичность и адаптивность системы в ответ на изменения условий парковки и движения [3].

Система умной парковки, основанная на компьютерном зрении, использует камеры и алгоритмы обработки изображений для мониторинга занятости парковочных мест [2]. Камеры, установленные в местах парковки, осуществляют анализ изображений в реальном времени, фиксируя присутствие или отсутствие автомобилей на соответствующих участках. Применение методов машинного зрения позволяет системе точно определить, занято ли парковочное место, и передать эту информацию в центральную систему управления. Этот подход позволяет эффективно управлять парковочным пространством, обеспечивая высокую точность и минимизируя вероятность ошибок, связанных с определением свободных мест. Полученная визуальная информация также может быть использована для выполнения дополнительных функций, таких как распознавание номеров транспортных средств.

Система умной парковки, основанная на сети транспортных средств (VANET, *аббр. от англ. Vehicular Ad-Hoc Network*), представляет собой инфраструктурное решение, при котором транспортные средства взаимодействуют друг с другом и с городской инфраструктурой, обмениваясь данными о доступности парковочных мест. В рамках VANET автомобили могут отправлять и получать информацию о свободных местах на парковках в реальном времени, что способствует быстрому нахождению доступных парковочных участков водителями. Интеграция с городской инфраструктурой позволяет более эффективно управлять парковочными ресурсами, минимизируя время поиска парковки и улучшая транспортную ситуацию в городе. Этот подход способствует созданию динамичной системы, автоматически адаптирующейся к изменениям в потоке автомобилей и загрузке парковок [2].

Система умной парковки, основанная на IoT, представляет собой комплексное решение, в котором физические устройства, такие как датчики и камеры, взаимодействуют с центральной системой через сеть Интернет, обеспечивая сбор и передачу данных о состоянии парковочных мест [4]. Каждый датчик фиксирует занятость парковочного места и передает информацию в реальном времени, что позволяет системе оперативно анализировать данные и информировать водителей о наличии свободных мест. Система IoT создает эффективную сеть взаимосвязанных устройств, что позволяет оптимизировать процессы поиска парковки, обеспечивая актуальную информацию для пользователей и улучшая управление городской инфраструктурой.

Система умной парковки, использующая методы машинного обучения (ML, *аббр. от англ. Machine Learning*), применяет алгоритмы машинного обучения для анализа данных, полученных от датчиков, камер и других устройств [5]. Эти алгоритмы способны предсказывать уровень занятости парковочных мест, анализируя накопленные данные о парковке, временные параметры и другие ключевые факторы. ML позволяет системе адаптироваться к изменениям в поведении водителей и автоматически оптимизировать процессы распределения парковочных мест. Такой подход способствует повышению точности прогнозирования, ускорению процесса поиска парковки и улучшению общей эффективности использования парковочного пространства.

Система умной парковки на основе глубокого обучения (DL, *аббр. от англ. Deep Learning*) является более продвинутым вариантом ML, использующим нейронные сети (NN, *аббр. от англ. Neural Networks*) для анализа больших объемов данных и распознавания сложных паттернов в поведении водителей и состоянии парковки [6]. DL позволяет системе не только предсказывать свободные места, но и совершенствовать методы распознавания объектов, таких как автомобили, с помощью анализа изображений и видеопотока. Использование DL в системе умной парковки позволяет улучшить точность распознавания, повысить эффективность работы системы и уровень автоматизации процессов.

Система умной парковки на основе NN использует их для обработки информации, полученной с парковочных датчиков, камер и из других источников. NN способны эффективно классифицировать данные, например, распознавать наличие автомобиля на парковочном месте и прогнозировать изменения в занятости мест. Эти системы могут адаптироваться к изменениям в реальном времени, улучшая качество обслуживания водителей и увеличивая эффективность использования парковочных ресурсов. Благодаря своей способности к обучению и самообучению, NN обеспечивают высокую степень точности и гибкости в управлении парковочными процессами [7].

Система умной парковки на основе нечеткой логики использует ее методы для оценки и обработки неопределенных или неточных данных, полученных от датчиков и других компонентов системы [8]. Этот подход позволяет учитывать различные факторы, такие как плотность трафика, погодные условия или предпочтения водителей, и принимать решения на основе неполной или неопределенной информации. Нечеткая логика помогает системе более гибко адаптироваться к изменениям в условиях парковки, обеспечивая более точное управление и минимизируя ошибки при определении свободных мест.

Система умной парковки на основе глобальной системы позиционирования (GPS, аббр. от англ. Global Positioning System) использует GPS-технологии для определения местоположения автомобилей и свободных парковочных мест [9]. Каждый автомобиль и парковочное место оснащаются GPS-датчиками, которые передают данные о местоположении в центральную систему. Эта информация позволяет эффективно управлять распределением парковочных мест, направлять водителей к ближайшим свободным местам и улучшать общую организацию парковки. Использование GPS в системе умной парковки помогает точно определить местоположение транспортных средств и увеличить точность процессов парковки.

Система умной парковки на основе глобальной системы мобильной связи (GSM, аббр. от англ. Global System for Mobile Communications) использует мобильные сети для передачи данных между устройствами на парковке и центральной системой управления [10]. GSM-системы обеспечивают связь между датчиками, камерами и мобильными приложениями водителей, позволяя им получать информацию о доступных местах и ориентироваться в процессе парковки. Мобильная связь помогает улучшить взаимодействие между системой и пользователями, делая процесс поиска парковки более удобным и быстрым.

Система умной парковки на основе технологии Bluetooth используется для передачи данных между устройствами на парковке и мобильными приложениями водителей. Bluetooth-датчики, установленные на парковочных местах, передают информацию о занятости мест на мобильные устройства водителей, что позволяет им получать актуальную информацию о доступных местах в реальном времени [1]. Технология Bluetooth предлагает удобное и недорогое решение для организации системы умной парковки, позволяя повысить эффективность поиска парковочных мест и оптимизировать взаимодействие между водителями и системой.

Ниже, в таблице 1 представлена сравнительная оценка описанных выше подходов к построению умных парковок на основании следующих критериев: сложность внедрения и инфраструктурные требования, точность и эффективность, гибкость и масштабируемость.

Таблица 1. Сравнение систем умной парковки

Система	Сложность внедрения и инфраструктурные требования	Точность и эффективность	Гибкость и масштабируемость
WSN	Внедрение системы требует установки датчиков на каждом парковочном месте и подключения к беспроводной сети. Инфраструктурные требования относительно низкие, однако необходимо хорошее покрытие сети	Система достаточно точна в определении занятости парковочных мест, так как каждый сенсор фиксирует наличие автомобиля. Эффективность зависит от качества сети и датчиков	Обеспечивается высокая гибкость благодаря простоте интеграции новых датчиков в систему и возможности масштабирования для расширения числа парковочных мест
MAS	Внедрение системы может быть сложным из-за необходимости разработки алгоритмов взаимодействия агентов и их интеграции в городскую инфраструктуру. Требуется высокоскоростная связь и вычислительные ресурсы для работы агентов	Точность системы зависит от качества взаимодействия агентов. В среднем она достаточно высокая для распределенного управления парковкой, однако сложные ситуации могут требовать дополнительной настройки	Очень высокая гибкость и масштабируемость. Система легко адаптируется к изменениям в городской инфраструктуре и может расширяться с увеличением количества парковочных мест

Система	Сложность внедрения и инфраструктурные требования	Точность и эффективность	Гибкость и масштабируемость
Компьютерное зрение	Внедрение требует установки камер и соответствующего программного обеспечения для обработки изображений. Инфраструктура может быть дорогой из-за необходимости использовать камеры высокого разрешения и вычислительные ресурсы	Очень высокая точность в определении занятости парковочных мест и распознавании автомобилей, однако эффективность может снижаться при плохом освещении или погодных условиях	Средняя гибкость, так как системы компьютерного зрения требуют качественного обслуживания и обновлений. Масштабируемость ограничена доступными вычислительными мощностями
VANET	Внедрение системы требует наличия сети транспортных средств и соответствующего оборудования. Потребности в инфраструктуре могут быть высокими из-за необходимого подключения транспортных средств и дорожных устройств	Точность системы зависит от наличия и качества связи между транспортными средствами. В идеальных условиях система может обеспечивать высокую точность, но на практике могут возникать помехи	Средняя гибкость, так как система зависит от плотности транспортного потока и связи между транспортными средствами. Масштабируемость ограничена сетевыми возможностями
IoT	Внедрение IoT-решений требует установки датчиков и подключения их к централизованным системам. Инфраструктурные требования могут быть значительными, особенно для создания сети, которая обеспечит полный охват города	Точность и эффективность системы зависят от качества используемых датчиков и сети. IoT-система может оперативно информировать о занятых и свободных местах, но также зависит от стабильности сети	Высокая гибкость и масштабируемость, так как система может легко расширяться за счет добавления новых датчиков и устройств
ML	Внедрение системы требует наличия вычислительных мощностей для обучения моделей, а также сбора и обработки большого объема данных. Инфраструктура включает в себя датчики и мощные серверы для обработки данных	ML может обеспечивать высокую точность в предсказаниях, например, в отношении оптимального использования парковки и предсказания свободных мест. Однако точность зависит от качества обучающих данных	Средняя гибкость, так как система требует постоянного обучения и адаптации. Масштабируемость ограничена мощностями для обработки данных
DL	Внедрение DL требует значительных вычислительных мощностей и специализированного оборудования, таких как графические процессоры для ускорения обработки данных	Высокая точность распознавания объектов и предсказания свободных мест, но требуется большое количество данных для обучения. Система может страдать от высокой нагрузки при большой плотности трафика	Средняя гибкость, так как требуется мощное оборудование и длительное обучение модели. Масштабируемость ограничена вычислительными возможностями
NN	Внедрение NN требует мощных серверов для обучения и обработки данных. Система может потребовать значительных усилий для адаптации и интеграции с городскими системами	Высокая точность в прогнозировании и распознавании объектов, включая анализ данных о движении и занятости парковочных мест	Средняя гибкость, так как система требует постоянного обучения и адаптации. Масштабируемость зависит от доступных вычислительных мощностей
Нечеткая логика	Внедрение системы не требует сложной инфраструктуры, так как используется математическое моделирование и принятие решений на основе неопределенных данных	Точность системы может быть зависимой от условий. Решения принимаются на основе нечетких данных, что не всегда позволяет достичь максимальной эффективности	Средняя гибкость, так как система требует настройки и адаптации в зависимости от условий, но не нуждается в больших вычислительных мощностях

Система	Сложность внедрения и инфраструктурные требования	Точность и эффективность	Гибкость и масштабируемость
GPS	Внедрение требует установки системы GPS на каждом парковочном месте или в транспортных средствах. Потребности в инфраструктуре средние, однако точность может зависеть от спутникового сигнала	Система может обеспечивать точность определения местоположения, но не всегда точна в случае плотной застройки или при наличии препятствий	Средняя гибкость, так как система зависит от наличия GPS-сигнала и доступных точек для парковки. Масштабируемость ограничена качеством спутниковой связи
GSM	Внедрение системы требует наличия мобильной связи и специальных датчиков, поддерживающих GSM-сигнал. Система может быть ограничена по покрытию в некоторых районах	Система может не обеспечивать высокой точности из-за ограничений по сигналу и помехам в городской среде	Средняя гибкость, так как система ограничена возможностями сети GSM и не может работать в условиях отсутствия связи
Bluetooth	Внедрение требует установки датчиков Bluetooth и соответствующего оборудования для связи. Инфраструктура ограничена небольшим радиусом действия Bluetooth	Точность системы может быть достаточно высокой на коротких расстояниях, но в условиях большого количества автомобилей или помех эффективность может снижаться	Средняя гибкость, так как система ограничена возможностями связи Bluetooth. Масштабируемость ограничена количеством поддерживаемых устройств и радиусом действия

Каждая из рассмотренных систем умной парковки обладает как преимуществами, так и недостатками. Основной проблемой всех представленных систем является их недостаточная ориентированность на конечного пользователя. В большинстве случаев эти системы обеспечивают лишь сбор и обработку данных о занятости парковочных мест, но не предлагают пользователям удобных инструментов для взаимодействия. Как правило, для получения информации о свободных местах водители должны полагаться на данные, предоставляемые системой, которые часто не могут быть представлены в доступной и понятной форме [11].

Системы на основе компьютерного зрения или ML могут иметь высокую точность распознавания, однако они часто требуют сложного оборудования, настройки и обслуживания, что также может ограничить их доступность для конечных пользователей. Возможные затруднения при интеграции этих систем с мобильными приложениями или интерфейсами в реальном времени могут оставлять пользователей без актуальной информации о наличии свободных мест, что снижает общую эффективность системы.

### Подходы к решению задачи организации умной парковки

В связи с вышеизложенным предлагается решение, направленное на оптимизацию взаимодействия пользователя с системой умной парковки. Предлагаемая система основана на микросервисной архитектуре и сочетает в себе элементы IoT, включая датчики движения, камеры, и сверточные NN для автоматического распознавания автомобильных номеров. Это решение позволяет не только точно определять занятость парковочных мест, но и обеспечивает пользователям возможность быстро и удобно резервировать свободные места через мобильное приложение. Внедрение такой системы предоставляет водителям актуальную информацию о доступных местах в реальном времени, сокращая сроки поиска свободного места и снижая уровень дискомфорта, связанного с этим процессом.

Для взаимодействия между отдельными компонентами системы – сервисами – используется микросервисный подход к организации архитектуры системы. Организованная архитектура системы показана на рисунке 1. Пунктирными линиями обозначены области, находящиеся в одном контейнерном пространстве.

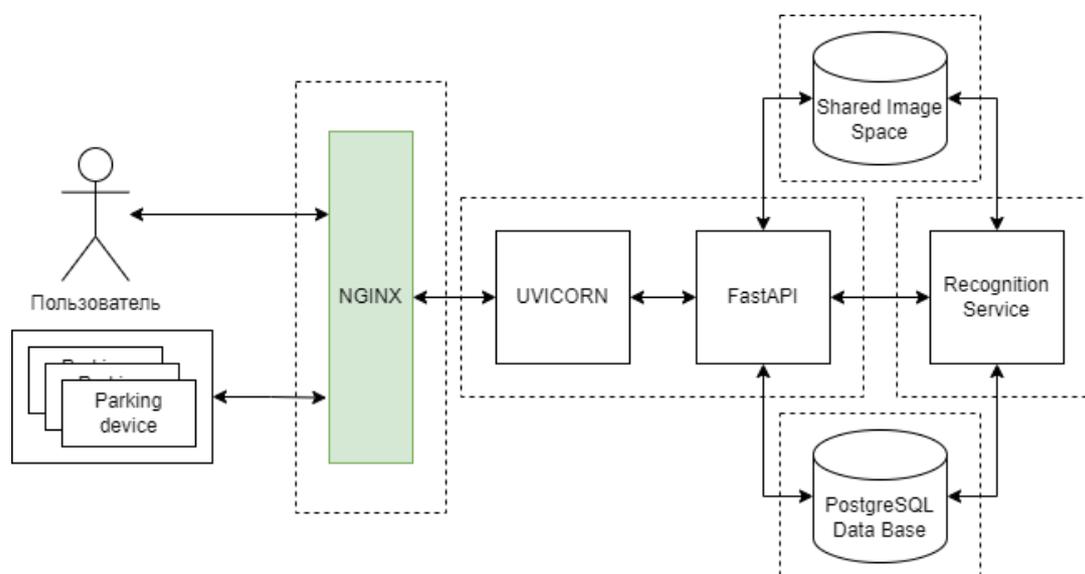


Рис. 1. Схема архитектуры системы умной парковки

Сервисами FastAPI (современный веб-фреймворк на языке Python, предназначенный для создания RESTful API) и Recognition Service (сервис распознавания) используется общая база данных для синхронизации информации и общее пространство для хранения изображений (Shared Image Space), откуда Recognition Service получает изображения для распознавания и куда впоследствии складывает изображения распознанных автомобильных номеров.

Пользователь взаимодействует с системой через веб-интерфейс или мобильное приложение, используя HTTP(S) (аббр. от англ. HyperText Transfer Protocol / HyperText Transfer Protocol Secure – протокол передачи гипертекста и его защищенная версия с использованием шифрования). Запросы пользователя проходят через веб-сервер NGINX (аббр. от англ. Engine X – высокопроизводительный веб-сервер и обратный прокси-сервер), который обрабатывает входящие подключения и маршрутизирует их на внутренние сервисы. NGINX выбран в силу своей высокой производительности и способности эффективно управлять большим числом одновременных подключений благодаря асинхронной архитектуре, что позволяет минимизировать задержки при обработке запросов.

Устройства парковки (Parking Device) передают данные о занятости мест, регистрационных номерах или других событиях, используя HTTP(S) и протокол двусторонней передачи данных в реальном времени между клиентом и сервером WebSocket (в случае передачи событий в реальном времени). Данные с устройств парковки поступают через NGINX, который передает их на внутренние API-сервисы (аббр. от англ. Application Programming Interface – интерфейс программирования приложений).

Веб-сервер NGINX перенаправляет запросы на ASGI-сервер UVICORN – высокопроизводительный сервер, реализующий стандарт ASGI (аббр. от англ. Asynchronous Server Gateway Interface – асинхронный шлюзовый интерфейс сервера) и обеспечивающий выполнение FastAPI-приложения с использованием HTTP(S). NGINX действует как обратный прокси для UVICORN, принимая внешние запросы и направляя их на FastAPI. UVICORN выбран благодаря его высокой эффективности в обработке асинхронных запросов, что достигается за счет неблокирующего ввода / вывода. Это позволяет минимизировать задержки при выполнении операций и обеспечивает оперативное реагирование системы на динамично изменяющуюся нагрузку.

UVICORN запускает FastAPI-приложение и обрабатывает запросы к API, используя протокол ASGI. Запросы маршрутизируются в FastAPI для обработки логики парковочного комплекса.

FastAPI взаимодействует с Shared Image Space, куда загружаются снимки для последующего распознавания. Для этого используются протоколы HTTP(S), FTP (аббр. от англ. File Transfer Protocol – протокол передачи файлов) или файловый доступ (например, NFS (аббр. от англ. Network File System – сетевая файловая система) или SMB (аббр. от англ. Server Message Block – протокол блочной передачи сообщений между клиентом и сервером), если пространство изображений доступно как сетевое хранилище). FastAPI может загрузить или запросить изображения, чтобы передать их в Recognition Service для анализа.

FastAPI направляет изображения или запросы на распознавание в Recognition Service. Для этого используются протоколы HTTP(S) с архитектурой REST API или gRPC (если требуется высокопроизводительное соединение). В свою очередь Recognition Service выполняет распознавание номеров и возвращает результаты обратно в FastAPI, такие как идентификаторы автомобилей.

FastAPI взаимодействует с базой данных PostgreSQL (*аббр. от англ. Post Ingres Structured Query Language* – объектно-реляционная система управления базами данных) для сохранения и получения данных о транспортных средствах, истории въезда / выезда и другой информации. Для этого используется протокол PostgreSQL. FastAPI осуществляет запросы на добавление, изменение или извлечение данных, связанных с парковочными событиями и учетными записями.

Recognition Service получает изображения из Shared Image Space для выполнения анализа. Для этого используются протоколы HTTP(S), FTP или прямой файловый доступ (например, через NFS или SMB). Recognition Service может запросить изображение для распознавания и получить его из Shared Image Space для дальнейшего анализа.

Основной акцент в предлагаемой системе сделан на улучшении пользовательского опыта, что достигается за счет автоматизации ключевых процессов взаимодействия с парковкой. Быстрое резервирование парковочных мест через мобильное приложение позволяет пользователю заранее узнать о наличии свободных мест на парковке, а также сэкономить время, что, в свою очередь, снижает уровень дискомфорта при поиске места для парковки. Такое решение отвечает основным потребностям целевой аудитории, включая стремление к удобству и сокращению времени, которое водитель тратит на поиски парковочного места. Внедрение такой системы не только повышает уровень удовлетворенности пользователей, но и способствует оптимизации городской инфраструктуры за счет рационального распределения транспортных потоков.

## Выводы

Изучение подходов к организации умных парковок показало, что существует множество решений, основанных на использовании датчиков, анализе и обработке изображений, получаемых с видеокамер, использовании функциональности VANET и т. д. Все эти решения направлены в основном на получение информации о состоянии парковочных мест. В качестве их общего недостатка можно отметить недостаточно проработанный интерфейс для пользователя.

Именно пользовательский интерфейс во многом определяет эффективность системы умной парковки, поскольку в значительной степени влияет на поведение автомобилиста. Своевременность, доступность и качество представления информации обеспечивают оперативность и безошибочность действий пользователя, следовательно, и управляемость системы в целом.

Таким образом, предлагаемый подход направлен на устранение выявленного недостатка – слабой ориентированности на конечного пользователя. Реализация удобного и функционального интерфейса, обеспечивающего, в частности, возможность предварительного резервирования парковочных мест, способствует повышению эффективности взаимодействия пользователя с системой, снижает временные затраты и повышает общее качество обслуживания.

## Литература

1. Fahim A., Chowdhury M. A., Hasan M. Smart Parking Systems: Comprehensive Review Based on Various Aspects // *Heliyon*. 2021. Vol. 7. Iss. 5. P. e07050. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e07050. EDN: HGOZWX
2. Channamallu S. S., Kermanshachi Sh., Rosenberger J. M., Pamidimukkala A. A Review of Smart Parking Systems // *Transportation Research Procedia*. 2023. Vol. 73. PP. 289–296. DOI: 10.1016/j.trpro.2023.11.920. EDN: OLJLNF
3. Dorri A., Kanhere S. S., Jurdak R. Multi-Agent Systems: A Survey // *IEEE Access*. 2018. Vol. 6. PP. 28573–28593. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2831228. EDN: YGWJGH
4. Dheeven T. A., Kumar P. M., Venkatesh V., Sailaja K. A. I. IoT Based Sensor Enabled Vehicle Parking System // *Measurement: Sensors*. 2024. Vol. 31. P. 100953. DOI: 10.1016/j.measen.2023.100953. EDN: MSRPPN

5. Kamble Sh. J., Kounte M. R. Machine Learning Approach on Traffic Congestion Monitoring System in Internet of Vehicles // *Procedia Computer Science*. 2020. Vol. 171. PP. 2235–2241. DOI: 10.1016/j.procs.2020.04.241. EDN: TMMPJG
6. Neupane D., Bhattarai A., Aryal S., Bouadjenek M. R., Seok U. et al. Shine: A Deep Learning-Based Accessible Parking Management System // *Expert Systems with Applications*. 2024. Vol. 238. P. 122205. DOI: 10.1016/j.eswa.2023.122205. EDN: YVVJEM
7. Morgos J., Vorcak J., Hrudkay K. Parking Information System with Artificial Neural Network // *Transportation Research Procedia*. 2023. Vol. 74. PP. 624–631. DOI: 10.1016/j.trpro.2023.11.190. EDN: CRVCWN
8. Elomiya A., Křupka J., Jovčić S. A Smart Parking System Using Surveillance Cameras and Fuzzy Logic: A Case Study at Pardubice University's Campus // *Procedia Computer Science*. 2023. Vol. 225. PP. 4881–4890. DOI: 10.1016/j.procs.2023.10.488. EDN: KDUNRY
9. Saki S., Hagen T. Parking Search Identification in Vehicle GPS Traces // *Journal of Urban Mobility*. 2024. Vol. 6. P. 100083. DOI: 10.1016/j.urbmob.2024.100083. EDN: NTIOSG
10. Singh H., Anand Ch., Kumar V., Sharma A. Automated Parking System with Bluetooth Access // *International Journal of Engineering and Computer Science*. 2014. Vol. 3. Iss. 5. PP. 5773–5775.
11. Santoso D., Hakim M., Rachfian M., Hidayat M., Spits Warnars H. L. H. Mobile Application for Smart Parking Systems // *Smart Data Intelligence: Proceedings of ICSMDI*. 2022. PP. 485–497. DOI: 10.1007/978-981-19-3311-0\_41

**Статья поступила 17 марта 2025 г.**  
**Одобрена после рецензирования 31 марта 2025 г.**  
**Принята к публикации 07 апреля 2025 г.**

### **Информация об авторах**

*Матвеев Артем Сергеевич* – студент 2-го курса магистратуры (группа ИКТИ-35м) Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

*Парамонов Александр Иванович* – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры сетей связи и передачи данных Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. E-mail: paramonov@sut.ru

## Development of a User-Oriented Smart Parking System

A. Matveev, A. Paramonov ✉

The Bonch-Bruevich Saint Petersburg State University of Telecommunications,  
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

**Purpose.** Modern smart parking systems are, in most cases, primarily focused on the collection and analysis of data regarding the occupancy of parking spaces, whereas interaction with end users is often implemented inefficiently. The lack of intuitive tools for drivers limits the practical value of such systems. **Research objective.** To enhance the convenience and effectiveness of user interaction with a smart parking system through the development of an architecturally and technologically advanced solution. **Methods.** The proposed system is developed using a microservice architecture and integrates Internet of Things components, including surveillance cameras, motion sensors, and convolutional neural networks for the automatic recognition of vehicle license plates. Data processing is performed on a central server, and the results are displayed to users through an intuitive interface. **Novelty.** Unlike existing solutions, the proposed system emphasizes interaction with the end user. The combination of neural network technologies with Internet of Things devices within a microservice architecture enables data collection, intelligent processing, and presentation to be integrated into a unified adaptive system. **Results.** The developed system enables automated monitoring and analysis of parking space availability, while providing users with a tailored interface displaying real-time information about vacant spots. The implementation of a microservice approach has ensured the system's flexibility, scalability, and resilience under increased loads. The integration of neural networks has improved license plate recognition accuracy, thereby enhancing the overall efficiency of the parking infrastructure. **Practical relevance.** The developed system can be applied in the design and modernization of urban parking infrastructure and can be adapted for implementation in intelligent transportation systems. The obtained results may be of practical use to municipal services and private parking facility operators.

**Key words:** smart parking systems, automated parking systems, neural networks

### Information about Authors

Matveev Artem Sergeevich – 2nd Year Master's Student (The Bonch-Bruevich Saint Petersburg State University of Telecommunications)

Paramonov Aleksandr Ivanovich – Holder of an Advanced Doctorate in Technical Sciences, Associate Professor, Professor at the Department of Communication Networks and Data Transmission (The Bonch-Bruevich Saint Petersburg State University of Telecommunications). E-mail: paramonov@sut.ru