

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПАРКОВОЧНЫХ ПРОСТРАНСТВ

А. А. Осипенко, К. Ф. Мананков, А. М. Осипенко, Т. А. Николенко, О. Ф. Данилов
Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

DEVELOPMENT OF A MONITORING SYSTEM FOR PARKING SPACES

Artem A. Osipenko, Kirill F. Manankov, Alexey M. Osipenko, Tatyana A. Nikolenko, Oleg F. Danilov
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Аннотация. В статье рассматривается организация автоматического контроля свободных парковочных мест с использованием технологии искусственного интеллекта. Идентификация автомобиля, находящегося на стоянке, осуществляется посредством обработки сигналов с видеомодулей обучаемой нейросетью. Автономность видеомодулей, передающих информацию в общий вычислительный центр, обеспечивает независимость системы от транспортной инфраструктуры парковочного пространства. Конечные пользователи могут отслеживать информацию о занятости парковки по мобильному приложению.

Abstract. The article discusses the organization of automatic control of free parking spaces using artificial intelligence technology. Identification of a car in the parking lot occurs by processing video signals from autonomous video modules by a trained neural network. Independence and autonomy of video modules transmitting information to a common computing center ensures the independence of the system from the transport infrastructure of the parking space. End users can track information about parking occupancy within the mobile application.

Ключевые слова: система мониторинга, парковочные пространства, искусственный интеллект

Key words: monitoring system, parking spaces, artificial intelligence

Для цитирования: Разработка системы мониторинга парковочных пространств / А. А. Осипенко, К. Ф. Мананков, А. М. Осипенко [и др.]. – DOI 10.31660/2782-232X-2023-1-58-66. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2023. – № 1 (103). – С. 58–66.

For citation: Osipenko, A. A., Manankov, K. F., Osipenko, A. M., Nikolenko, T. A., & Danilov, O. F. (2023). Development of a monitoring system for parking spaces. Architecture, Construction, Transport, (1(103)), pp. 58–66. (In Russian). DOI 10.31660/2782-232X-2023-1-58-66.

Введение

Отсутствие свободных парковочных мест, особенно в центральных районах города в рабочее время, является серьезнейшей проблемой современных мегаполисов. В последнее время в качестве одного из решений внедряется система платных парковок в центральных районах городских территорий. Однако оно способно лишь частично повлиять на обозначенную проблему по ряду причин, основными из которых являются:

- отсутствие свободных парковочных пространств вне зоны размещения платных парковок в часы пиковой загрузки транспортных магистралей,
- отсутствие осведомленности о наличии свободного места на парковке,
- загрузка и без того тесного пространства дворовых или прилегающих территорий автомобилями, находящимися в поиске свободного места и, как следствие, создающими дополнительную нагрузку на транспортные потоки, что формирует паразитный дорожный трафик.

Разработка информационной системы видеомониторинга парковочных пространств и предотвращения паразитного трафика на дорогах проводилась по запросу МКУ «Тюменьгортранс». Компанией было создано техническое задание на разработку системы оптимизации использования парковочного пространства в часы пиковой загрузки транспортных магистралей и предоставлена площадка для тестирования информационной системы видеомониторинга.

Актуальность проблемы подтверждают многочисленные исследования. Например, согласно опубликованному в 2013 г. отчету британской компании ParkatmyHouse, среднестатистический водитель тратит примерно семь минут на поиск парковочного места. В часы пик, когда нагрузка на трафик возрастает, это время значительно увеличивается. Очевидно, что постоянный рост народонаселения и количества автомобилей в мегаполисах усугубляют данную проблему. Пытаясь решить ее, администрации крупных городов прибегают к использованию современных информационных технологий и технологий искусственного интеллекта в том числе [1].

Как показали результаты проведенного авторами исследования, с проблемой поиска свободного парковочного пространства сталкивается более 65 % автомобилистов Тюмени. На поиск парковки водители областного центра могут потратить 6–10 минут. Это время, когда автомобиль активно маневрирует, перемещается, занимает часть дорожного пространства, т. е. создает паразитный дорожный трафик.

С данной проблемой сталкиваются многие крупные города. Однако в настоящее время не существует простого и доступного сервиса поиска свободного места в городской парковочной инфраструктуре. Решением этой проблемы может послужить разработка информационной системы видеомониторинга парковочных пространств, которая могла бы аккумулировать данные о загруженности парковок с целью информирования населения и сбора статистики.

Объект и методы исследования

Объектом исследования в данной работе является процесс мониторинга парковочных пространств, предметом – информационная система мониторинга парковочных пространств.

Цель работы – разработка модуля видеонаблюдения для автоматизации процесса мониторинга занятости парковочных пространств и уменьшения паразитного трафика.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- проанализировать актуальность обозначенной проблемы для города Тюмени, существующие методы решения, их достоинства и недостатки;
- на основании сравнительного анализа моделей AS IS и AS TO BE определить наиболее оптимальный способ решения поставленной задачи в соответствии с рабочей гипотезой;
- провести построение модели «сущность – связь» для отображения проектируемой базы данных;
- выполнить концептуальное проектирование сценария работы разрабатываемой системы;
- построить бизнес-модель, проанализировать конкурентные преимущества.

Результатом разработки является автоматизированная информационная система, реализованная в виде мобильного приложения, для предоставления сведений о загруженности городских парковочных пространств в режиме онлайн.

Научная новизна данной работы заключается в применении искусственного интеллекта для учета занятых парковочных мест, использовании сети автономных видеомодулей. Обработка изображения осуществляется непосредственно в видеомодуле, далее сигнал передается в распределенную вычислительную сеть. Это решает две задачи: накопление статистической информации о занятости парковочного пространства для его качественного распределения и управления им, обеспечение независимости применяемой разработки от городской инфраструктуры. Использование распределенной вычислительной сети и инновационного искусственного интеллекта позволяет автоматизировать процедуру мониторинга свободного парковочного пространства. Разрабатываемая система отличается от аналогов своей автономностью от городских инфраструктур. Посредством системы через мобильное приложение жители города могут отслеживать заполняемость парковочных карманов. Благодаря этому сократится время поиска свободного парковочного места и уменьшится паразитный трафик на дорогах общего пользования.

Практическая значимость заключается в том, что анализ статистики, накопленной системой мониторинга парковочных пространств, позволит повысить качество прогнозов и управления городскими территориями.

Рабочая гипотеза

Постоянный рост мегаполисов приводит к увеличению парковочных зон и отводимых под них территорий, мониторинг спроса на них осуществляется в ручном режиме или, что называется, по факту. Города, организовавшие у себя платные парковочные пространства, осуществляют мониторинг занятых мест на платных парковках с помощью ручных и мобильных автоматизированных комплексов с регулярностью один раз в тридцать минут. При этом не существует техно-

логии мониторинга занятости парковочных зон, не входящих в систему платных парковок. Единственным на данный момент источником статистической информации о повышенном спросе на парковочные места в том или ином густонаселенном районе города являются поступающие от населения жалобы на отсутствие возможности припарковать машину, неправомерное использование эвакуаторов и качество работы городских служб в целом.

Разрабатываемый сервис представляет собой совокупность видеомодулей, установленных на наиболее востребованных парковочных пространствах города. Видеомодули оснащены панелью солнечной батареи, благодаря чему они способны функционировать независимо от городской электрической сети и проводного интернет-соединения. Сервис использования искусственного интеллекта реализован в виде самообучаемого алгоритма нейронной сети и предназначен для анализа видеосигналов с фиксацией общего занятого места, автомобильных номеров машин, занимающих места на парковке, и ряда других параметров, количество которых может изменяться в зависимости от пожеланий заказчика.

Получение автовладельцами актуальной информации о наличии/отсутствии свободного парковочного места позволило бы им планировать свой маршрут к парковке и привело к уменьшению паразитного трафика. Сбор информации производится независимыми друг от друга и от городской инфраструктуры видеомодулями. Сигнал, фиксируемый камерой, обрабатывается алгоритмом обучаемой нейросети, что позволяет определить количество свободных мест и посредством API соединения отобразить эту информацию в популярных навигационных сервисах.

Постановка задачи (методика проектирования)

Все эти факторы определили набор следующих основных функций разрабатываемого приложения:

- получение информации о загруженности парковок;

- информирование населения о загруженности парковочных пространств;
- сбор статистики использования парковок для МКУ «Тюменьгортранс».

В результате создания информационной системы должны быть улучшены значения следующих показателей:

- время, затрачиваемое жителем на поиск свободного места;
- качество управления МКУ «Тюменьгортранс» парковочными пространствами.

Разрабатываемая система предназначена для использования в таких областях, как:

- городская инфраструктура;
- городской и общественный транспорт.

Система состоит из следующих подсистем:

- модуля формирования статистических отчетов;
- веб-сайта;
- серверной части;
- модуля видеонаблюдения.

Рассмотрим функции отдельных подсистем.

Модуль формирования статистических отчетов собирает обработанные данные из базы данных и отправляет их заказчику (МКУ «Тюменьгортранс»).

Веб-сайт – это сервис, предоставляющий визуализированную информацию о загруженности парковочных мест для конечных потребителей (водителей). Предусматривается система реги-

страции пользователей на сайте для предоставления дополнительных функций.

Серверная часть – это высокоуровневое понятие, которое объединяет веб-сайт, API, базу данных, функционал опроса модулей видеонаблюдения.

Модуль видеонаблюдения отвечает за предварительную обработку информации с камер видеонаблюдения и отправку данных на серверную часть.

Построение функциональных моделей было осуществлено в соответствии со стандартом SADT (Structured Analysis and Design Technique) – технологией структурного анализа и проектирования, которая представляет собой совокупность правил и процедур, предназначенных для построения функциональной модели объекта какой-либо предметной области.

При моделировании разрабатываемой информационной системы были использованы такие средства моделирования, как StarUML, DrawIO и Microsoft Visio.

Для определения необходимого базового функционала разрабатываемой системы было проведено построение сравнительных функциональных моделей в методологии IDEF0. На рис. 1 показана декомпозиция функциональной модели AS IS процесса мониторинга парковок при отсутствии автоматизированной системы учета. «Стрелкой управления» является Федеральный закон о персональных данных. Входная инфор-

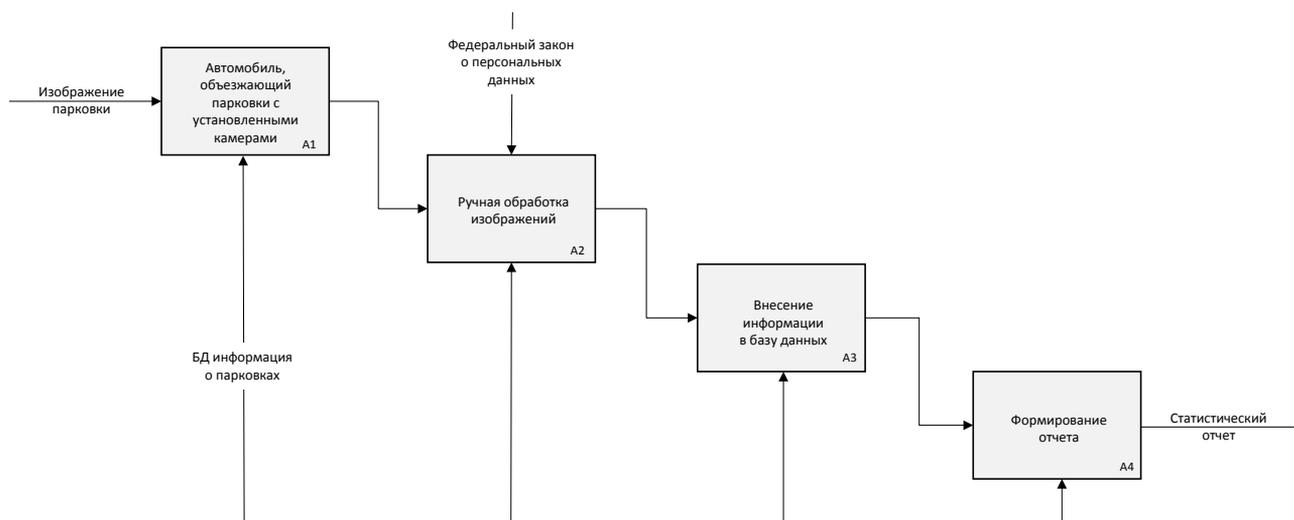


Рис. 1. Декомпозиция функциональной диаграммы AS IS

мация представляет собой схему парковки, сбор информации происходит в ручном режиме. Выходная информация – общий статистический отчет за определенный период.

Функциональные изменения логики бизнес-процессов с вводом в эксплуатацию разрабатываемой системы автоматизированного контроля занятости парковочного пространства AS TO BE

показаны на рис. 2. Как видно из рисунка, входная информация, помимо изображения парковки, включает в себя данные пользователя, а также подгружаемые модули API. Декомпозиция процесса A1, представленная на рис. 3, показывает также, что начиная с первого процесса вся обработка информации происходит полностью в автоматическом режиме.

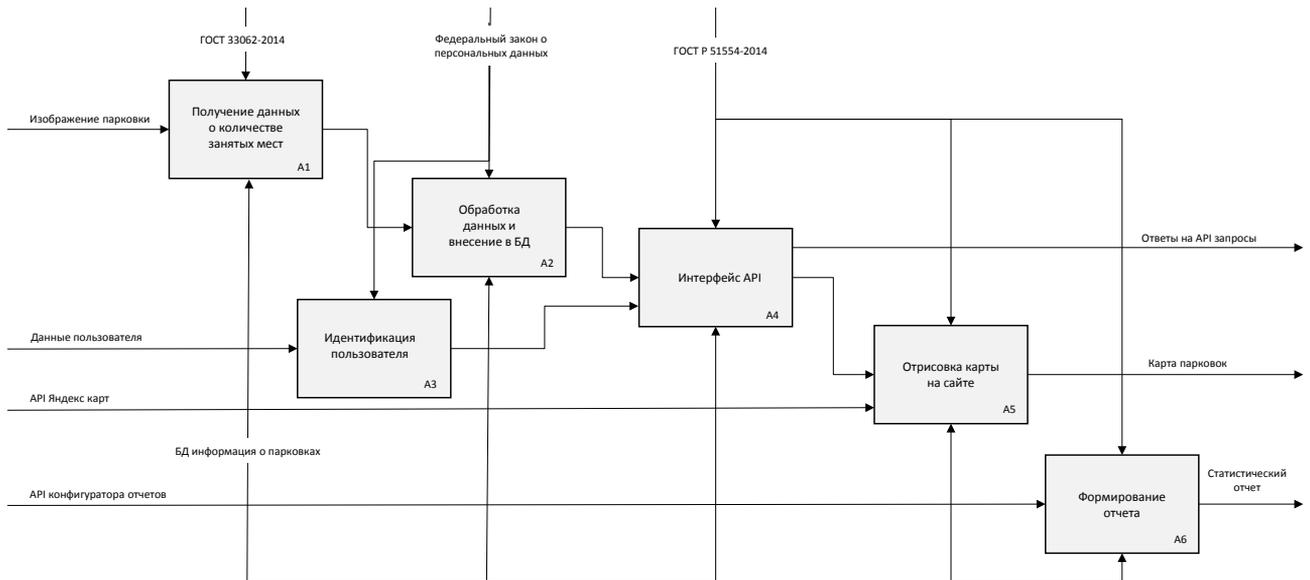


Рис. 2. Декомпозиция функциональной диаграммы AS TO BE

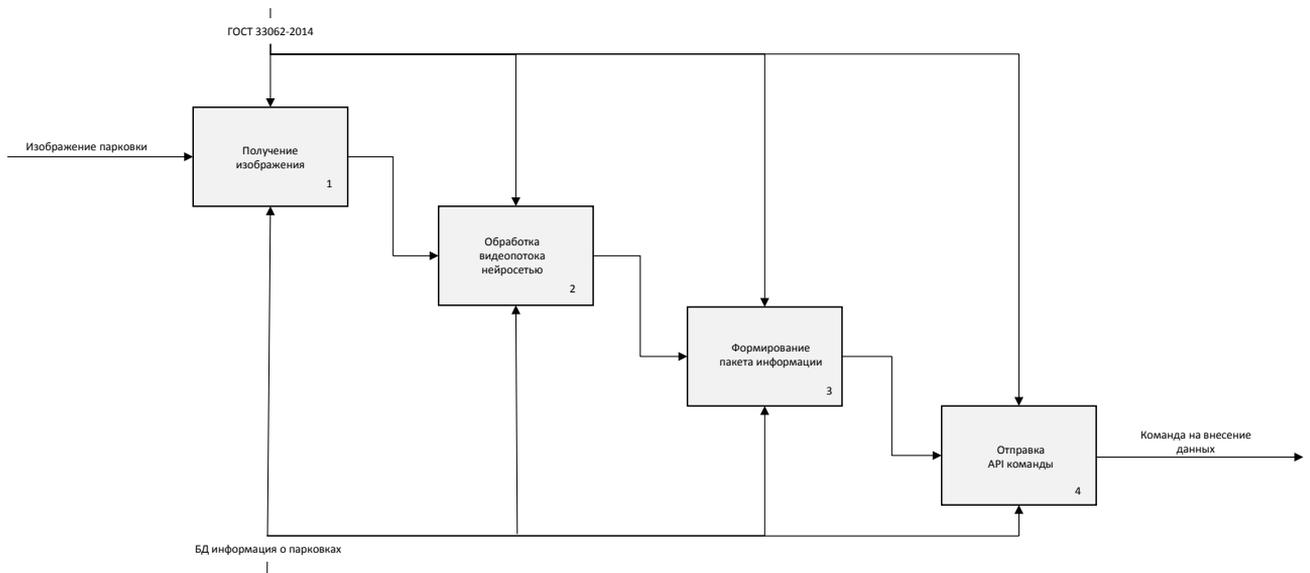


Рис. 3. Диаграмма декомпозиции процесса A1 (получение данных о количестве занятых мест)

Результаты и обсуждение

Традиционно одним из основополагающих процессов жизненного цикла при разработке автоматизированной информационной системы является концептуальное проектирование базы данных. Структура концептуальной модели отражает особенности предметной области, в которой производится моделирование, информационные потоки и их преобразование в системе для отдельных категорий пользователей [2–5].

Для отражения предметной области, в которой разрабатывалась база данных, была построена концептуальная модель данных в нотации ERD (рис. 4) [6].

Основные базовые сущности:

- пользователь авторизованный – сущность, хранящая данные о пользователе;
- заказчик – сущность, хранящая данные о заказчике;

- таймер брони – система, которая получает и передает данные о забронированных местах;
- информация о парковке – данные о парковке, хранящиеся на сервере;
- данные с парковки – видеофайлы, которые собирает видеомодуль и передает на обработку нейросети.

UML-диаграмма сценария работы разрабатываемой системы приведена на рис. 5.

Для обеспечения независимости от городской инфраструктуры видеомодули, используемые в системе, планируется оснастить световыми панелями солнечных батарей, хорошо зарекомендовавшими себя в качестве источников бесперебойного электропитания ряда объектов дорожного оснащения, таких, например, как дорожные знаки. Стоимость таких панелей невелика, а по срокам окупаемости и удобству использования они имеют очень хорошие по-

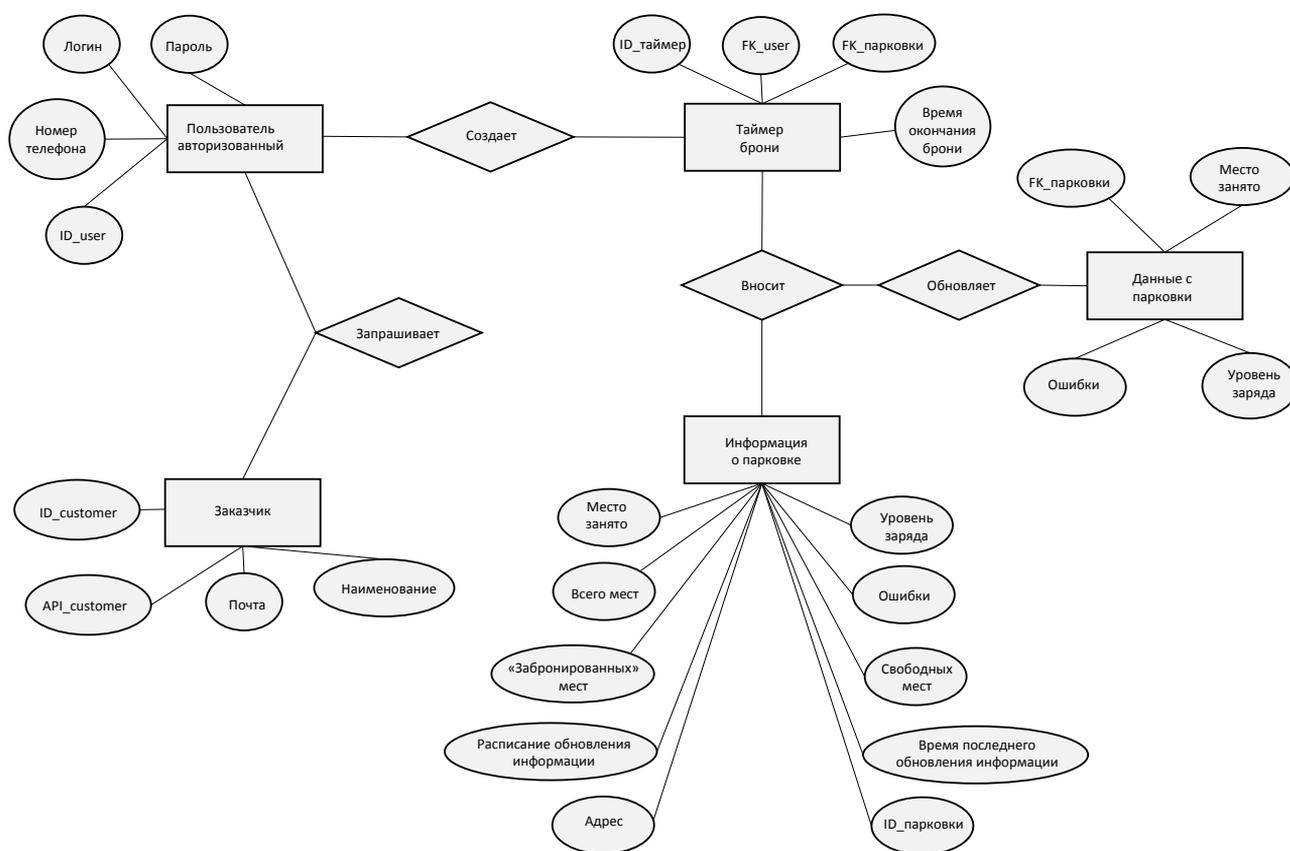


Рис. 4. Концептуальная ER-диаграмма базы данных

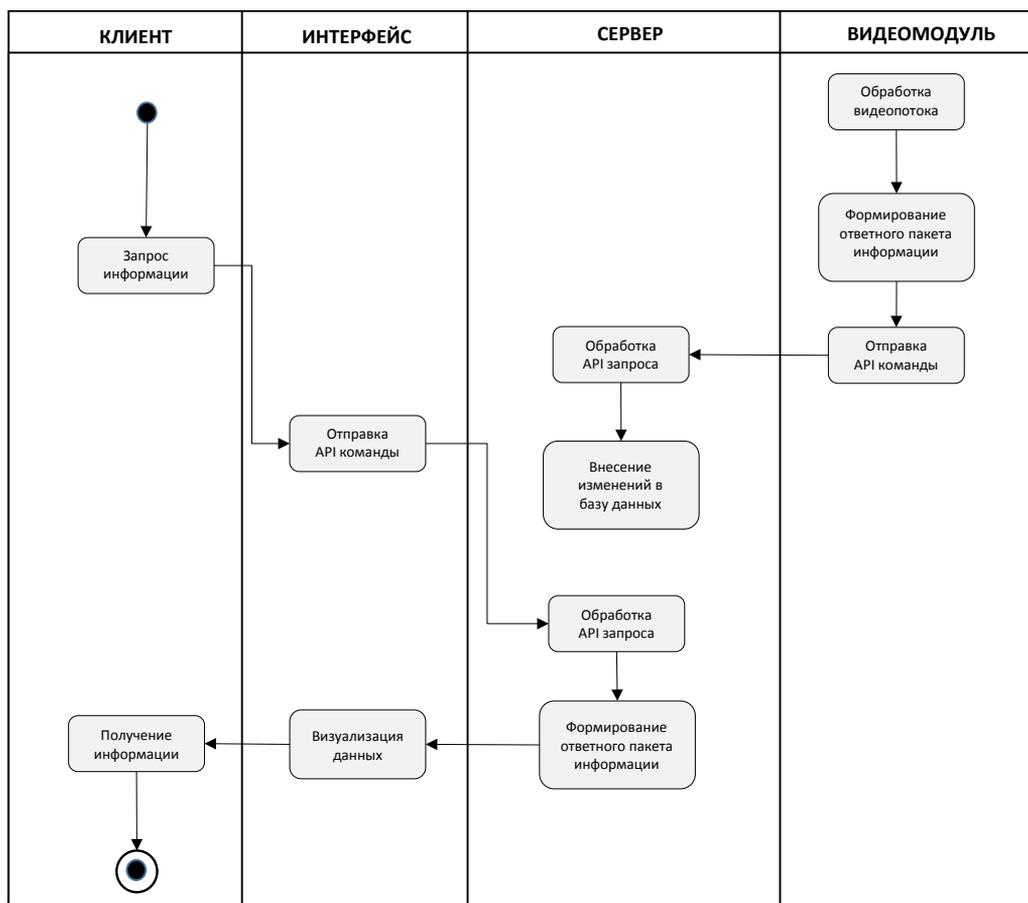


Рис. 5. Диаграмма деятельности

казатели. Кроме того, благодаря солнечным батареям система не зависит от проводного интернет-соединения [7–9]. Это существенно снижает стоимость монтажных работ по установке видеофиксирующей аппаратуры и настраиванию системы в целом, что также является конкурентным преимуществом разработанной системы. Устойчивость бизнеса обеспечивается договором с заказчиком [5, 7, 10].

Проведенный анализ показал, что на тюменском рынке информационных продуктов аналогичную разработку предлагает компания «Ростелеком». Однако ее решение основано на обработке сигналов камер видеонаблюдения на центральном сервере с передачей информации по кабельной сети, что связано с существенными затратами и позволяет получить строго стационарную систему мониторинга, изменение месторасположения которой весьма затруднено.

Выводы

Таким образом, в рамках реализации поставленной цели и сформулированных задач было проведено функциональное моделирование системы, использующей автономные от городских энергосетей модули видеонаблюдения. Построены концептуальная диаграмма и диаграмма деятельности, проведен анализ конкурентных преимуществ.

На текущем этапе развития проекта существуют полнофункциональный прототип видеомодуля и сервер обработки информации с веб-сайтом. Реализуется функция подсчета количества машин на парковочном пространстве, осуществляется беспроводная передача данных по сети 3G и обеспечивается автономность работы системы. Сервер выполняет прием, обработку и хранение поступающей информации с видеомодулей. Анализ статистики, накопленной си-

стемой мониторинга парковочных пространств, позволит повысить качество прогнозов и управления городскими территориями [11, 12].

Потенциальными заказчиками разрабатываемой системы являются муниципальные учреждения крупных городов, ответственные за содержание парковок. Также предоставление

информации коммерческим сервисам повышает общую осведомленность горожан и гостей города о состоянии улично-дорожной сети.

При развитии проекта планируется внедрение в сервис следующих функциональных возможностей: распознавание номеров, обнаружение нарушений правил парковки.

Библиографический список

1. Фостер, Д. Генеративное глубокое обучение. Творческий потенциал нейронных сетей / Д. Фостер ; перевод с английского А. Киселева. – Санкт-Петербург : Питер, 2020. – 336 с. – Текст : непосредственный.
2. Глушаков, С. В. Базы данных / С. В. Глушаков, Д. В. Ломотько. – Харьков : Фолио ; Москва : Издательство АСТ, 2002. – 504 с. – Текст: непосредственный.
3. Венделева, М. А. Информационные технологии управления : учебное пособие для бакалавров по специальности «Менеджмент организации» / М. А. Венделева, Ю. В. Вертакова. – Москва : Юрайт, 2012. – 462 с. – Текст : непосредственный.
4. Гагарина, Л. Г. Введение в архитектуру программного обеспечения : учебное пособие / Л. Г. Гагарина, А. Р. Федоров, П. А. Федоров. – Москва : Форум, Инфра-М, 2016. – 319 с. – Текст : непосредственный.
5. Белов, В. В. Проектирование информационных систем : учебник / В. В. Белов, В. И. Чистякова. – Москва : Курс, 2018. – 394 с. – Текст : непосредственный.
6. Вендров, А. М. Case-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем / А. М. Вендров. – Москва : Финансы и статистика, 1998. – 175 с. – Текст : непосредственный.
7. PostgreSQL: About. – Текст : электронный // PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database : сайт. – URL: <https://www.postgresql.org/about> (дата обращения: 12.06.2022).
8. Microsoft SQL Server. – Текст : электронный // Википедия : свободная энциклопедия : сайт. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Microsoft_SQL_Server (дата обращения: 05.06.2022).
9. Грофф, Дж. Р. SQL : полное руководство / Дж. Р. Грофф, П. Вайнберг, Э. Оппель ; перевод с английского. – 3-е изд. – Москва, Санкт-Петербург : Диалектика, 2019. – 957 с. – Текст : непосредственный.
10. Гутгарц, Р. Д. Проектирование автоматизированных систем обработки информации и управления : учебное пособие для академического бакалавриата / Р. Д. Гутгарц. – Москва : Юрайт, 2019. – 462 с. – Текст : непосредственный.
11. Колисниченко, Д. Н. PHP и MySQL. Разработка Web-приложений / Д. Н. Колисниченко. – 4-е изд. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2013. – 560 с. – Текст : непосредственный.
12. Сычев, А. В. Web-технологии : учебное пособие / А. В. Сычев. – 3-е изд. – Москва, Саратов : ИНТУИТ, Ай Пи Ар Медиа, 2020. – 407 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Foster, D. (2019). Generative deep learning: teaching machines to paint, write, compose, and play. Beijing, Boston, Farnham, Sebastopol, Tokyo, Publ. O'Reilly Media, 330 p. (In English).
2. Glushakov, S. V., & Lomot'ko, D. V. (2002). Bazy dannykh. Khar'kov, Folio Publ., Moscow, AST Publ., 504 p. (In Russian).

3. Vendeleva, M. A., & Vertakova, Yu. V. (2012). *Informatsionnye tekhnologii upravleniya*. Moscow, Yurayt Publ., 462 p. (In Russian).
4. Gagarina, L. G., Fedorov, A. R., & Fedorov, P. A. (2016). *Vvedenie v arkhitekturu programmno obespecheniya*. Moscow, Forum, Infra-M Publ., 319 p. (In Russian).
5. Belov, V. V., & Chistyakova, V. I. (2018). *Proektirovanie informatsionnykh sistem*. Moscow, Kurs Publ., 394 p. (In Russian).
6. Vendrov, A. M. (1998). *Case-tekhnologii. Sovremennye metody i sredstva proektirovaniya informatsionnykh sistem*. Moscow, Finansy i statistika Publ., 175 p. (In Russian).
7. PostgreSQL: About. PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database. (In English). Available at: <https://www.postgresql.org/about> (accessed 12.06.2022).
8. Microsoft SQL Server. Wikipedia. (In Russian). Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Microsoft_SQL_Server (accessed 05.06.2022).
9. Groff, J. Weinberg, P., & Opper, A. (2009). *SQL. The Complete Reference*. 3rd edition. New York, Chicago, San Francisco, Lisbon, London, Madrid, Mexico City, Milan, New Delhi, San Juan, Seoul, Singapore, Sydney, Toronto, Publ. McGraw-Hill, 912 p. (In English).
10. Gutgarts, R. D. (2019). *Proektirovanie avtomatizirovannykh sistem obrabotki informatsii i upravleniya*. Moscow, Yurayt Publ., 462 p. (In Russian).
11. Kolisnichenko, D. N. (2013). *PHP i MySQL. Razrabotka Web-prilozheniy*. 4th edition. Saint Petersburg, BKhV-Peterburg Publ., 560 p. (In Russian).
12. Sychev, A. V. (2020). *Web-tekhnologii*. 3rd edition. Moscow, Saratov, INTUIT, Ay Pi Ar Media Publ., 407 p. (In Russian).

Сведения об авторах

Осипенко Артем Алексеевич, магистрант кафедры автомобильного транспорта строительных и дорожных машин, член проектной группы SMARTm-22-1, Тюменский индустриальный университет, e-mail: osipenko.tyuiu@gmail.com

Мананков Кирилл Федорович, магистрант кафедры автомобильного транспорта строительных и дорожных машин, член проектной группы SMARTm-22-1, Тюменский индустриальный университет, e-mail: Kirill.manankov72@yandex.ru

Осипенко Алексей Михайлович, ведущий специалист Центра интернета вещей и Smart City, Тюменский индустриальный университет, e-mail: osipenkoam@tyuiu.ru

Николенко Татьяна Александровна, канд. техн. наук, доцент кафедры автомобильного транспорта, строительных и дорожных машин, Тюменский индустриальный университет

Данилов Олег Федорович, докт. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильного транспорта, строительных и дорожных машин, Тюменский индустриальный университет

Information about the authors

Artem A. Osipenko, Graduate Student at the Department of Automobile Transport, Construction and Road Machines, the Member of Project Team SMARTm-22-1, Industrial University of Tyumen, e-mail: osipenko.tyuiu@gmail.com

Kirill F. Manankov, Graduate Student at the Department of Automobile Transport, Construction and Road Machines, the Member of Project Team SMARTm-22-1, Industrial University of Tyumen, e-mail: Kirill.manankov72@yandex.ru

Alexey M. Osipenko, Leading Specialist of the Center for the Internet of Things and Smart City, Industrial University of Tyumen, e-mail: osipenkoam@tyuiu.ru

Tatyana A. Nikolenko, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Automobile Transport, Construction and Road Machines, Industrial University of Tyumen

Oleg F. Danilov, Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department of Automobile Transport, Construction and Road Machines, Industrial University of Tyumen