

РАЗРАБОТКА СЕРВИСА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

DEVELOPMENT OF A SERVICE FOR ASSESSING THE QUALITY OF THE URBAN ENVIRONMENT

**I. Malinin
A. Pantykhin
V. Gladun
S. Molodyakov**

Summary. The article deals with the development of a service for assessing the quality of Urban environment quality assessment service aimed at integrating various indicators affecting the comfort and health of urban residents. The system based on microservice architecture, integrates data on pedestrian accessibility, level of greenery, noise and air pollution. As part of the research, the requirements for the system, developed the architecture, selected suitable technologies and realized a prototype service. A description of the key components of the system and methodology of its development.

Keywords: urban environment, microservice architecture, walkability, green zones, noise pollution, geoinformation systems.

Малинин Илья Игоревич

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
malinin.ilja@gmail.com

Пантюхин Андрей Максимович

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
panandafog@gmail.com

Гладун Владимир Вадимович

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
vladimir.gldn@gmail.com

Молодяков Сергей Александрович

Д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
molodyakov_sa@spbstu.ru

Аннотация. В статье рассматривается разработка сервиса оценки качества городской среды, направленного на интеграцию различных показателей, влияющих на комфорт и здоровье жителей городов. Система, основанная на микросервисной архитектуре, объединяет данные о пешеходной доступности, уровне озеленения, шумовом и воздушном загрязнении. В рамках исследования были определены требования к системе, разработана архитектура, выбраны подходящие технологии и реализован прототип сервиса. Приводится описание ключевых компонентов системы и методологии её разработки.

Ключевые слова: городская среда, микросервисная архитектура, пешеходная доступность, озеленение, шумовое загрязнение, геоинформационные системы.

Введение

Урбанизация, охватывающая значительные территории и вовлекающая в городской образ жизни всё большее число людей, становится одним из ключевых трендов современности [1]. По данным ООН, более половины населения планеты проживает в городах, и этот показатель продолжает неуклонно расти [2]. Вместе с тем рост городов сопровождается рядом экологических и социальных вызовов, которые оказывают значительное влияние на качество жизни городских жителей [3].

Одной из основных проблем является ухудшение качества городской среды. Загрязнение воздуха, шумовое загрязнение, дефицит зеленых зон, проблемы с доступностью общественных пространств и транспортной инфраструктуры — все эти факторы могут негативно сказываться на здоровье населения, приводя к росту

заболеваемости и снижению общего уровня благополучия [4].

В таких условиях становится критически важным создание инструментов для комплексной оценки качества городской среды. Современные технологии и системы аналитики открывают новые возможности для мониторинга и анализа состояния городских территорий, что позволяет не только выявлять проблемные зоны, но и принимать меры для их улучшения.

В рамках исследования были поставлены и решены следующие задачи: анализ требований к системе, разработка архитектуры информационной системы, выбор методологии разработки и реализация прототипа сервиса оценки качества городской среды. Практическая значимость исследования заключается в создании инструмента, который может быть использован для улучшения качества городской среды и повышения уровня общественного здоровья.

Обзор предметной области

Качество городской среды — это комплексное понятие, которое включает в себя оценку различных аспектов городской жизни, влияющих на комфорт, здоровье и благополучие населения [5]. В современных городах такие факторы, как экологическая обстановка, доступность общественных пространств, качество транспортной инфраструктуры и уровень безопасности, играют ключевую роль в формировании общего уровня жизни.

Городская среда оказывает прямое воздействие на здоровье жителей. Высокий уровень загрязнения воздуха и шума [6], недостаток зелёных насаждений [7] и мест для физической активности [8] могут привести к увеличению случаев сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний, повышению уровня стресса и других негативных последствий для здоровья. Таким образом, оценка и улучшение качества городской среды становятся важными задачами для городских планировщиков и властей.

Исследования показывают, что создание благоприятных условий в городских районах, таких как наличие парков, скверов, удобных пешеходных маршрутов и чистого воздуха, может существенно улучшить здоровье и благополучие горожан [9]. В этом контексте, системы для мониторинга и оценки различных параметров городской среды играют важную роль в управлении и планировании городских территорий.

Обзор существующих решений

На данный момент на рынке представлены различные решения, ориентированные на мониторинг и оценку качества городской среды. Однако большинство из них имеют ограниченный функционал и сосредоточены на оценке отдельных параметров, таких как качество воздуха или уровень шума.

Примером таких решений могут служить сервисы AccuWeather Air Quality Map и Яндекс Карты. AccuWeather Air Quality Map предоставляет данные только о качестве воздуха, тогда как Яндекс Карты позволяют оценивать транспортную доступность и качество городской среды преимущественно визуально, без учёта комплексных экологических показателей.

Существующие системы, как правило, предоставляют пользователям информацию по ограниченному числу параметров, что затрудняет получение целостного представления о состоянии городской среды. Для решения этой проблемы необходимо создание комплексного сервиса, который бы учитывал различные аспекты городской жизни, предоставляя пользователям обширные и детализированные данные.

Цели и задачи

На основе анализа предметной области и существующих решений можно сформулировать основные цели и задачи разработки комплексного сервиса оценки качества городской среды. Основной целью является создание прототипа системы, которая интегрирует данные о пешеходной доступности [10], уровне озеленения, шумовом и воздушном загрязнении, а также предоставляет пользователям возможность получения комплексной оценки качества городской среды в различных районах города.

Задачи разработки включают:

- Определение требований к системе.
- Разработка архитектуры информационной системы.
- Выбор и использование соответствующих методологий и технологий для реализации системы.
- Тестирование и оценка эффективности разработанной системы на примере реальных данных.

Проектирование системы

Процесс проектирования сервиса начинается с определения требований, которые она должна удовлетворять. На данном этапе важно собрать и проанализировать все необходимые функциональные и нефункциональные требования к системе.

Сбор требований осуществлялся через интервью с будущими пользователями и анализ «узких мест» существующих решений. Важным источником данных являются также нормативные документы и стандарты.

Функциональные требования:

1. Сбор данных из различных источников: Система должна обеспечивать интеграцию с несколькими источниками данных, включая геоинформационные системы (ГИС), сенсоры окружающей среды и внешние API, предоставляющие данные о качестве воздуха, уровне шума и других параметрах.
2. Анализ и обработка данных: Система должна обрабатывать и анализировать собранные данные в реальном времени, предоставляя пользователям актуальную информацию о состоянии городской среды.
3. Интерфейс для пользователей: Необходимо разработать удобный и интуитивно понятный пользовательский интерфейс, позволяющий визуализировать данные, запрашивать информацию о состоянии конкретных районов.

Нефункциональные требования:

1. Масштабируемость: Система должна быть способна поддерживать увеличивающееся количество

пользователей и объем данных без значительного ухудшения производительности.

2. Надежность и отказоустойчивость: Система должна обеспечивать высокую степень надежности и устойчивости к сбоям, минимизируя время простоя.
3. Производительность: Время отклика системы должно оставаться в пределах допустимых норм даже при высокой нагрузке.

При проектировании системы был проведен анализ возможных архитектурных подходов. Рассматривались два основных варианта: монолитная и микросервисная архитектуры. Учитывая требования к системе, был выбран микросервисный подход. Этот выбор обусловлен необходимостью обеспечения масштабируемости, гибкости и устойчивости к сбоям в условиях работы с большими объемами данных и высокой нагрузкой.

На рисунке 1 представлена диаграмма архитектуры информационной системы. Система включает в себя микросервисы, отвечающие за работу с ГИС, работу с пользовательскими данными, сбор и обработку данных о качестве воздуха, уровне шума, пешеходной доступности и озеленении. Эти микросервисы работают независимо друг от друга, что позволяет их легко масштабировать и обновлять без воздействия на другие части системы.

Для обеспечения эффективного взаимодействия между микросервисами используется Apache Kafka [11], которая служит шиной данных (Data Bus). Через Kafka микросервисы обмениваются сообщениями в режиме реального времени, что позволяет синхронизировать данные и координировать действия между различными частями системы.

Наряду с этим, в системе присутствует модуль мониторинга и логирования, который обеспечивает контроль за состоянием всех компонентов системы.

Разработка системы

Для разработки системы оценки качества городской среды был выбран набор языков программирования и технологий, отвечающих высоким требованиям к производительности, масштабируемости и надежности. Основным языком программирования для разработки Backend-приложения стал Go (Golang) [12]. Go был выбран за его высокую производительность, простоту в использовании и встроенную поддержку конкурентности через горутины, что делает его идеальным для создания микросервисов.

Frontend-приложение было разработано на языке TypeScript [13] с использованием фреймворка React [14].

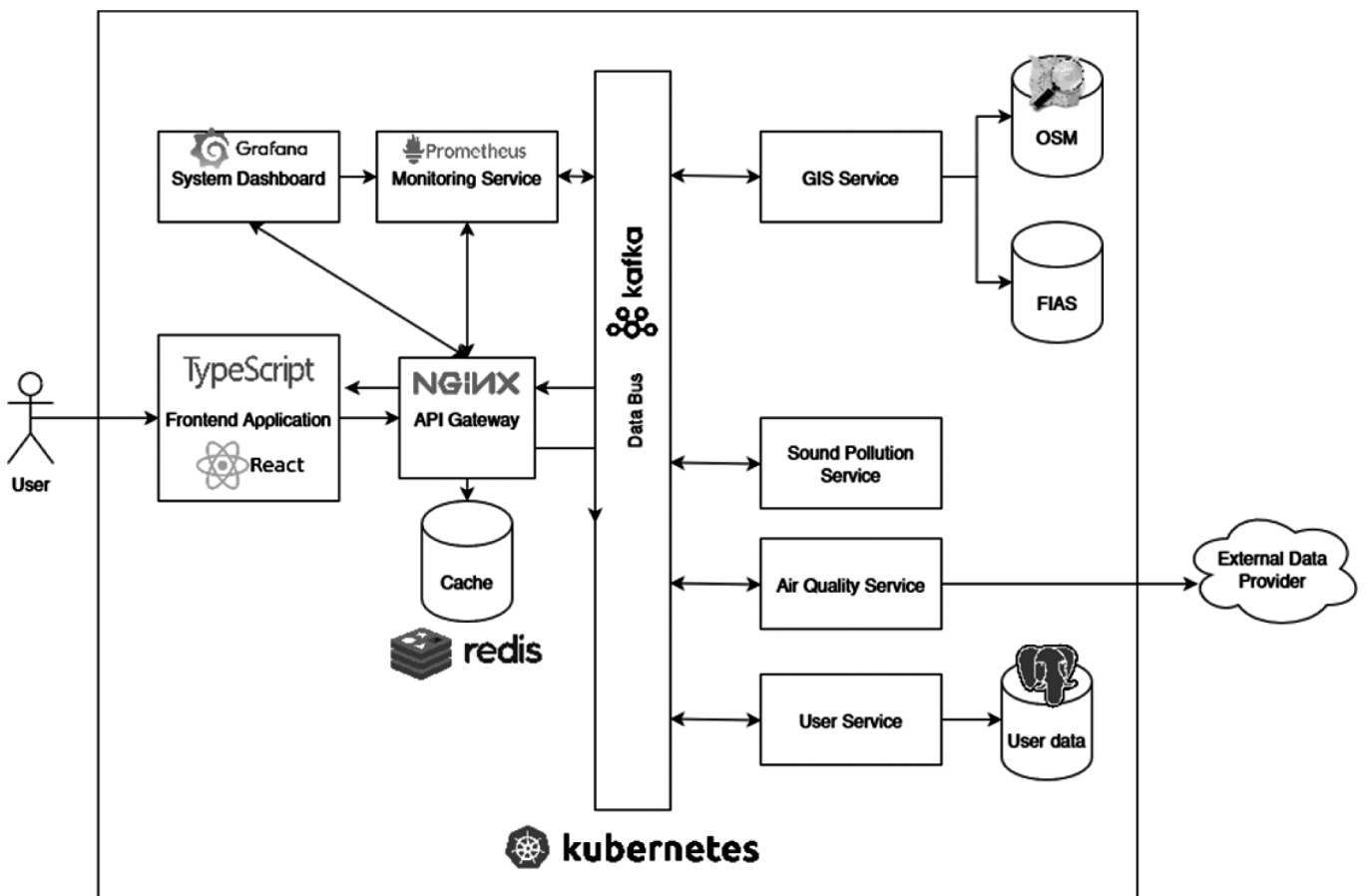
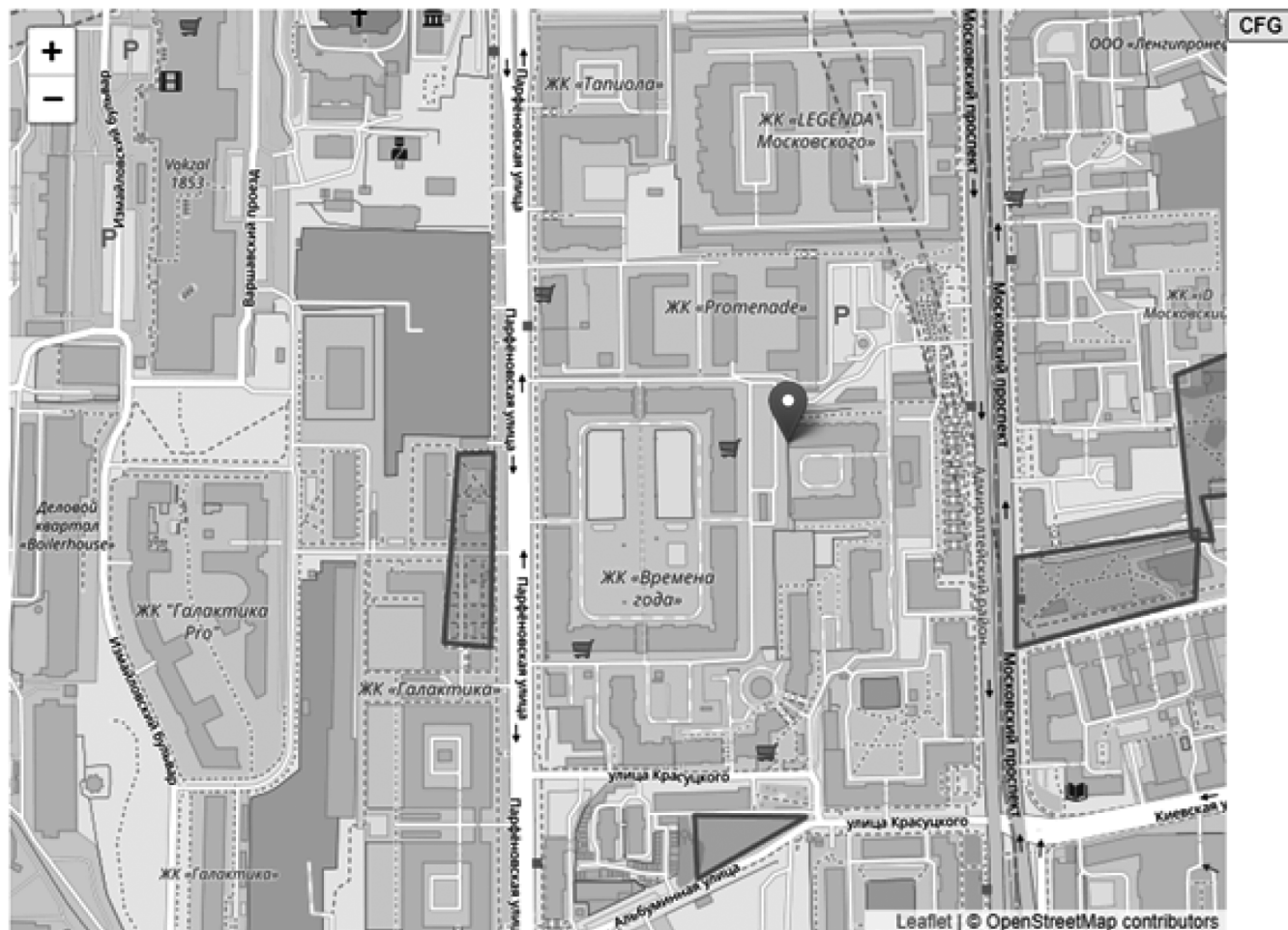


Рис. 1. Архитектура сервиса

React позволяет эффективно управлять состоянием приложения и обеспечивает плавную работу даже при визуализации больших объемов данных. Разработанный пользовательский интерфейс представлен на рис. 2

Для работы с данными была выбрана PostgreSQL [15] как основная реляционная база данных. PostgreSQL имеет возможности для работы с большими объемами данных и поддерживает расширение PostGIS для рабо-



Parameter	Value
Address	196084 г Санкт-Петербург, вн.тер.г. муниципальный округ Измайловское, пр-кт Московский, д. 73 к. 4 литера А
Coordinates	59.90520,30.31581
Walkability	6
Transport Availability	10
Green Zones	4
Noise Pollution	>65 dB
Air Quality	Low
Overall	Below Average

Рис. 2. Пользовательский интерфейс

ты с геоинформационными данными. Для ускорения доступа к часто запрашиваемым данным использовалась NoSQL БД Redis [16] — высокопроизводительная in-memory база данных, которая помогает снизить задержки и повысить общую производительность системы.

Для мониторинга и логирования системы были использованы Prometheus [17] и Grafana [18]. Эти инструменты позволили настроить сбор и визуализацию метрик с микросервисов, что обеспечило возможность оперативного контроля за состоянием системы.

Интеграция всех компонентов системы была организована с использованием CI/CD пайплайна, реализованного в GitLab [19]. Этот пайплайн автоматизировал ключевые процессы, включая сборку, тестирование и развертывание микросервисов в кластере Kubernetes [20], что существенно ускорило цикл разработки. В GitLab CI/CD для каждого микросервиса были настроены отдельные пайплайны, которые запускались автоматически при каждом коммите в репозиторий.

Для оценки качества городской среды в системе были реализованы три ключевых показателя: Walkability (пешеходная доступность), уровень шума и зеленые зоны. Эти показатели позволяют комплексно оценивать условия городской среды и предоставлять пользователям актуальную информацию о ее качестве.

Walkability (пешеходная доступность) — это показатель, который оценивает удобство и комфортность передвижения пешком в определенном районе города. Для подсчета Walkability система использует данные из OpenStreetMap (OSM) [21], которые включают в себя информацию о дорожной сети, пешеходных маршрутах, расположении общественных объектов и инфраструктуры. Основные параметры, учитываемые при расчете, включают доступность магазинов, школ, парков и других объектов инфраструктуры в пределах пешей доступности.

Методология расчета показателя пешеходной доступности (Walkability) основана на определении количества объектов инфраструктуры, которые можно достичь пешком за 10 минут. Для этого территория представляется в виде ориентированного графа, где вершины соответствуют перекресткам и объектам инфраструктуры, а ребра — дорогам между ними. Каждому ребру присваивается вес, соответствующий времени, необходимому для прохождения данного участка пути, рассчитанному на основе средней скорости пешего передвижения.

Алгоритм Дейкстры используется для поиска всех достижимых вершин на графе в пределах 10 минут движения пешком, эквивалентных 830 метрам, по тротуару или пешеходным дорожкам. По завершении работы алгорит-

ма формируется список объектов инфраструктуры, доступных в заданный интервал времени. Для расчета итогового показателя Walkability учитываются различные категории объектов, каждая из которых имеет свой вес (например, парки и скверы — 1, магазины — 0,2). Итоговая оценка, варьирующаяся от 0 до 10, определяется путем суммирования количества объектов, умноженных на их вес.

Для приблизительной оценки пикового уровня шума в системе используются константы, поскольку в нашем распоряжении отсутствуют сенсоры для прямого измерения шума и данные для обучения моделей ИИ [22]. Источниками шума считаются дороги разных типов, промышленные зоны и шумные точки притяжения, такие как бары и стадионы, информация о которых выгружается из OpenStreetMap. Каждый объект имеет фиксированный радиус воздействия, разделенный на три зоны шумового загрязнения: L1 (более 65 дБ), L2 (от 55 до 64,9 дБ) и L3 (от 45 до 54,9 дБ).

Для расчета уровня шума система выбирает все объекты в радиусе до 500 метров от заданной точки — это максимальное расстояние для самой шумной зоны (L1) у объектов типа «highway». На основе расстояния до каждого объекта определяется наихудшая зона воздействия, которая затем применяется к запрашиваемой точке. Хотя этот метод не учитывает особенности рельефа и физику распространения шума, он предоставляет базовое представление об уровне шумового загрязнения, компенсируя отсутствие сенсоров и данных для более точного моделирования.

Оценка результатов работы

Оценка результатов работы системы проводилась по нескольким ключевым критериям, включающим точность расчета показателей, производительность системы и удобство использования для конечных пользователей. Основное внимание соответствию реальным условиям городской среды.

Для проверки точности расчетов показателей, таких как Walkability, уровень шума и зеленые зоны, система была протестирована на различных участках города с разной плотностью застройки и инфраструктуры. Результаты оценки пешеходной доступности сравнивались с данными, полученными в результате ручного расчета. В целом, система показала высокую степень соответствия расчетных данных реальной ситуации, особенно в районах с развитой инфраструктурой.

Касательно оценки уровня шума результаты также продемонстрировали удовлетворительную точность, несмотря на использование эмпирических моделей вместо реальных сенсоров. Зоны шумового загрязне-

ния, рассчитанные системой, в большинстве случаев совпадали с наблюдаемыми значениями в аналогичных условиях, хотя в некоторых случаях были обнаружены отклонения из-за неучтенных факторов, таких как особенности рельефа, застройка и плотность зелёных насаждений.

Заключение

В ходе работы над проектом была разработана и реализована система оценки качества городской среды, которая позволяет пользователям получать информацию о пешеходной доступности, уровне шума и степени озеленения в различных районах города.

Несмотря на успешную реализацию проекта, есть ряд аспектов, которые могут быть улучшены в дальнейшем.

В частности, использование сенсоров для прямого измерения уровня шума и других параметров могло бы существенно повысить точность расчетов и достоверность предоставляемой информации. Также перспективным направлением является расширение функционала системы, например, за счет включения новых показателей и возможностей для более детализированного анализа городской среды.

В целом, разработанная система показала свою практическую значимость и потенциал для дальнейшего развития. Она может быть полезна как для городских планировщиков и властей, принимающих решения по улучшению городской инфраструктуры, так и для обычных граждан, стремящихся улучшить качество своей жизни, выбирая более благоприятные районы для проживания и работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kundu D., Pandey A.K. World urbanisation: trends and patterns // *Developing national urban policies: Ways forward to green and smart cities*. — 2020. — С. 13–49.
2. UN-Habitat World Cities Report [Электронный ресурс] // UN-Habitat: [сайт]. URL: <https://unhabitat.org/wcr/> (дата обращения: 10.08.2024).
3. Zhang Z. et al. How does urbanization affect public health? New evidence from 175 countries worldwide // *Frontiers in Public Health*. — 2023. — Т. 10. — С. 1096964.
4. Grover A., Singh R.B. Urban health and wellbeing. — 2020.
5. Pineo H., Rydin Y. Cities, health and well-being. — 2018.
6. Akomolafe O.O. et al. Air quality and public health: a review of urban pollution sources and mitigation measures // *Engineering Science & Technology Journal*. — 2024. — Т. 5. — №. 2. — С. 259–271.
7. Nguyen P.Y. et al. Green space quality and health: a systematic review // *International journal of environmental research and public health*. — 2021. — Т. 18. — №. 21. — С. 11028.
8. Tainio M. Et al. Air pollution, physical activity and health: A mapping review of the evidence // *Environment international*. — 2021. — Т. 147. — С. 105954.
9. Mouratidis K. Urban planning and quality of life: A review of pathways linking the built environment to subjective well-being // *Cities*. — 2021. — Т. 115. — С. 103229.
10. Baobeid A., Коç M., Al-Ghamdi S. G. Walkability and its relationships with health, sustainability, and livability: elements of physical environment and evaluation frameworks // *Frontiers in Built Environment*. — 2021. — Т. 7. — С. 721218.
11. Apache Kafka Documentation [Электронный ресурс] // Apache Kafka: [сайт]. URL: <https://kafka.apache.org/documentation/> (дата обращения: 10.08.2024).
12. Go Documentation [Электронный ресурс] // Go: [сайт]. URL: <https://go.dev/doc/> (дата обращения: 10.08.2024).
13. TypeScript Documentation [Электронный ресурс] // TypeScript: [сайт]. URL: <https://www.typescriptlang.org/docs/> (дата обращения: 10.08.2024).
14. React Documentation [Электронный ресурс] // React: [сайт]. URL: <https://react.dev/learn> (дата обращения: 10.08.2024).
15. PostgreSQL Documentation [Электронный ресурс] // PostgreSQL: [сайт]. URL: <https://www.postgresql.org/docs/> (дата обращения: 10.08.2024).
16. Redis Documentation [Электронный ресурс] // Redis: [сайт]. URL: <https://redis.io/docs/latest/> (дата обращения: 10.08.2024).
17. Prometheus Documentation [Электронный ресурс] // Prometheus: [сайт]. URL: <https://prometheus.io/docs/> (дата обращения: 10.08.2024).
18. Grafana Documentation [Электронный ресурс] // Grafana: [сайт]. URL: <https://grafana.com/docs/grafana/latest/> (дата обращения: 10.08.2024).
19. GitLab Documentation [Электронный ресурс] // GitLab: [сайт]. URL: <https://docs.gitlab.com/> (дата обращения: 10.08.2024).
20. Kubernetes Documentation [Электронный ресурс] // Kubernetes: [сайт]. URL: <https://kubernetes.io/docs/home/> (дата обращения: 10.08.2024).
21. OpenStreetMap [Электронный ресурс] // OpenStreetMap: [сайт]. URL: <https://www.openstreetmap.org/> (дата обращения: 10.08.2024).
22. Yang W. et al. Evaluation of urban traffic noise pollution based on noise maps // *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. — 2020. — Т. 87. — С. 102516.