



## РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА 2D-КАРТЫ ЗДАНИЯ КГТУ В ВЕБ-БРАУЗЕРЕ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ВЫБОРА КРАЙЧАЙШЕГО МАРШРУТА

Н. В. Голубцов, студент  
E-mail: NikiLy2002@gmail.com  
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный  
технический университет»

Целью работы является создание прототипа веб-приложения для визуализации плана четвертого этажа университета и автоматического поиска оптимальных маршрутов между кабинетами. В процессе разработки использовались следующие технологии и методы: Tiled для создания карт с экспортом в формат JSON, язык программирования JavaScript для реализации интерактивности, библиотека Leaflet для визуализации картографических данных, среда разработки Visual Studio Code. Для решения задачи поиска кратчайшего пути между точками был применен классический алгоритм Дейкстры. В результате работы получен функциональный прототип веб-приложения, обеспечивающий интерактивную навигацию четвертого этажа университета с возможностью автоматического построения оптимальных маршрутов.

**Ключевые слова:** внутренняя навигация, 2D-карта здания, веб-приложение, алгоритм Дейкстры, Leaflet.js, Tiled, JSON.

### ВВЕДЕНИЕ

В статье рассматривается актуальность задачи ориентации внутри зданий со сложной архитектурной структурой. Особенно остро эта проблема проявляется в университетских кампусах. Студенты вынуждены тратить значительное время на поиск нужного кабинета и тем самым подвергаются стрессу, что отрицательно влияет на учебный процесс и адаптацию в новой среде. Традиционный метод навигации, такой как указатели, зачастую оказывается недостаточным из-за сложной внутренней структуры здания [1].

Из-за этого появилась необходимость в разработке интерактивной 2D-карты в веб-браузере с возможностью прокладывания маршрута до нужного кабинета или других значимых мест внутри КГТУ. В рамках настоящей работы был разработан прототип для четвертого этажа как демонстрация концепции, с перспективой расширения на весь план здания в будущих исследованиях.

Результатом работы является прототип веб-приложения, показывающий карту последнего этажа КГТУ в 2D. Предоставляется возможность пользователям скроллить карту с помощью мыши или пальцев (на сенсорном экране), уменьшать или увеличивать масштаб здания, а также строить оптимальный маршрут до кабинета.

### ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования является архитектурно-планировочная структура четвертого этажа здания КГТУ и ее цифровое представление в формате 2D-карты, включающее набор топологических объектов (узлов, соединений, барьеров), используемых для построения маршрутов внутри здания. В рамках разработки навигационной системы данное цифровое представление здания служит основой для анализа топологии помещений, построения графа перемещения, выбора оптимальных путей и последующей визуализации результатов в веб-интер-

фейсе. Таким образом, объект исследования охватывает как реальные планировочные особенности здания, так и их программную интерпретацию в виде 2D-модели, предназначенной для автоматизированного поиска кратчайших маршрутов внутри корпуса [2].

### **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Цель исследования заключается в разработке прототипа веб-приложения, реализующего интерактивную 2D-карту четвертого этажа здания КГТУ с возможностью построения кратчайшего маршрута между выбранными точками, что позволит упростить навигацию внутри учебного корпуса.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Создать цифровую карту четвертого этажа здания КГТУ с помощью редактора Tiled, а также создать точки интереса в виде кабинетов, узлов в виде коридоров, и экспортировать ее в формат JSON.
2. Разработать веб-приложение с использованием HTML, JavaScript и библиотеки Leaflet для визуализации карты и интерфейса.
3. Реализовать алгоритм поиска и отображения кратчайшего пути между двумя точками на карте, применив для этой цели алгоритм Дейкстры.
4. Протестировать работоспособность и удобство разработанного приложения.

### **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Разработка веб-приложения осуществлялась на основе стандартных веб-технологий и включала несколько этапов: моделирование цифровой карты, реализацию пользовательского интерфейса, построение графа навигации и интеграцию алгоритма поиска кратчайшего пути. Выбор именно такого подхода обусловлен особенностями задачи внутренней навигации. Традиционные методы, основанные на GPS, не подходят для использования внутри зданий: сигнал спутникового позиционирования слабо проникает сквозь перекрытия и стены, что делает GPS-навигацию в помещениях крайне неточной или вовсе невозможной. Кроме того, многие альтернативные решения (например, Bluetooth-маяки или Wi-Fi-триангуляция) требуют установки специального оборудования и инфраструктурных затрат, что противоречит цели создания простого, бесплатного и автономного инструмента [3]. Поэтому было решено использовать схематическую 2D-карту с предварительно размеченной топологией проходимых зон и графом перемещений, построенным на основе фиксированных узлов (перекрестков, дверей и кабинетов). Такой подход не зависит от внешних сигналов, работает в любом современном браузере без установки дополнительного ПО и полностью соответствует поставленной задаче – обеспечить пользователям возможность быстро и бесплатно строить маршруты внутри здания [4].

В качестве среды разработки был выбран Visual Studio Code – бесплатный кроссплатформенный текстовый редактор с широкой экосистемой расширений. Он обеспечивает удобную поддержку веб-технологий (HTML, CSS, JavaScript), подсветку синтаксиса, отладку и возможность локального тестирования приложения.

HTML5 был использован для построения структуры пользовательского интерфейса. Этот язык является стандартом веб-разработки и поддерживается всеми современными браузерами без необходимости установки дополнительного ПО. С его помощью были созданы основные элементы страницы: контейнер для отображения карты, панель масштабирования, а также выпадающие списки для выбора начальной и конечной точек маршрута. HTML определил логическую организацию интерфейса и обеспечил его совместимость с другими компонентами системы [5].

Функциональная логика приложения реализована на языке JavaScript, поскольку он является единственным языком программирования, нативно исполняемым в веб-браузере. Это позволило реализовать динамическое взаимодействие с пользователем: загрузку карты из JSON-файла, обработку выбора точек маршрута, построение графа и запуск алгоритма

Дейкстры – все без привлечения серверной инфраструктуры. JavaScript выступил в роли центрального компонента, связывающего интерфейс, данные и алгоритмическую часть [6].

Для визуализации 2D-карты был применен Leaflet.js – легковесная библиотека для отображения интерактивных карт в браузере. Несмотря на то, что изначально она ориентирована на географические данные, Leaflet легко адаптируется для отображения схематических планов зданий. Библиотека поддерживает наложение пользовательских изображений и слоев, размещение маркеров и отрисовку полилиний – что оказалось достаточным для визуализации коридоров, стен, кабинетов и построенного маршрута. Важным преимуществом стало отсутствие зависимости от внешних картографических сервисов (например, Google Maps), что позволило сделать приложение полностью автономным и применимым в локальной сети.

Цифровая модель этажа создавалась в редакторе Tiled – бесплатном инструменте для разработки тайловых карт. Хотя Tiled изначально ориентирован на создание уровней для 2D-игр, он отлично подходит и для задач indoor-картографии благодаря поддержке многослойной структуры, возможности размещения пользовательских объектов с произвольными свойствами, а также экспорта данных в формат JSON. Это обеспечило точную привязку кабинетов и навигационных узлов к координатам карты и упростило последующую обработку в JavaScript.

Для локального тестирования и отладки использовалось расширение Live Server для Visual Studio Code. Оно запускает локальный HTTP-сервер, что необходимо для корректной загрузки внешних файлов (в частности, JSON-модели карты).

Поиск кратчайшего пути реализован с помощью алгоритма Дейкстры. Он был выбран, поскольку гарантирует нахождение оптимального маршрута в графе с неотрицательными весами ребер – что полностью соответствует условиям задачи: расстояния между узлами всегда положительны, а стены и непроходимые зоны исключены из графа. Алгоритм прост в реализации и не требует эвристических оценок (в отличие от  $A^*$ ), что оправдано для небольшого графа, представляющего один этаж [7].

На этапе инициализации JSON-модель карты преобразуется в взвешенный граф: каждому навигационному узлу (перекрестку, двери, лестнице) сопоставляется вершина, а ребрам присваиваются веса, соответствующие евклидовым расстояниям между узлами. При выборе пользователем начальной и конечной точек система определяет ближайшие узлы графа и запускает алгоритм Дейкстры. Результат – упорядоченная последовательность узлов – преобразуется в координаты и отображается как полилиния поверх карты с помощью Leaflet.js, обеспечивая наглядную и точную визуализацию маршрута.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рисунке показан фрагмент визуализации карты в веб-приложении. План этажа представлен в схематичном виде: светло-серыми областями выделены проходимые коридоры, тогда как стены отображаются в виде темных прямоугольных контуров. В левом верхнем углу размещена панель масштабирования, позволяющая пользователю изменять масштаб просмотра для более детального анализа структуры помещений.

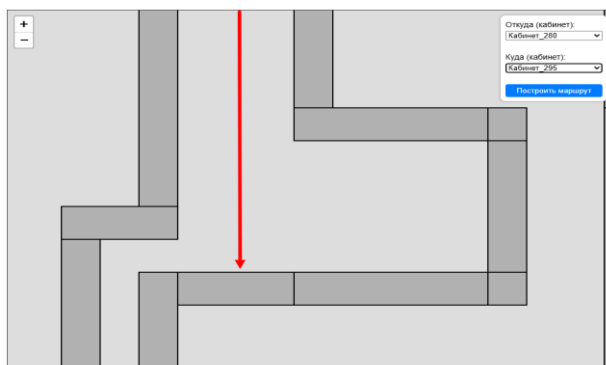


Рисунок – Часть университета в веб-браузере

В правой части интерфейса расположены элементы управления навигацией: выпадающие списки выбора начальной («Откуда») и конечной («Куда») точек маршрута, а также кнопка запуска алгоритма. Эти элементы обеспечивают взаимодействие пользователя с системой и задают параметры поиска пути внутри здания. После выбора точек маршрута веб-приложение выполняет алгоритм Дейкстры, результат которого отображается непосредственно на карте. На рисунке представлена визуализация построенного пути в виде линии с указанием направления движения. Маршрут корректно проходит по проходимым областям, избегая стен и других непроходимых элементов планировки. Это подтверждает корректность работы алгоритма в условиях сложной архитектурной структуры этажа и демонстрирует возможность применения разработанного решения для внутренней навигации.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе выполнения работы прототип показал себя успешно. Актуальная задача разработки доступного и кроссплатформенного решения для навигации внутри здания КГТУ будет продолжена. Объектом исследования выступило внутреннее пространство университетского корпуса, характеризующееся сложной архитектурной планировкой, что затрудняет самостоятельную ориентацию пользователей, несмотря на наличие знаковых ориентиров.

Для достижения поставленной цели разработано веб-приложение, реализующее интерактивную 2D-карту четвертого этажа здания с функцией построения кратчайшего маршрута между выбранными точками. Карта создана в редакторе Tiled с детальной разметкой проходимых зон и ключевых объектов (аудиторий). После разметки данные экспортированы в формат JSON для последующей обработки.

Визуализация карты и взаимодействие с пользователем реализованы с использованием HTML и JavaScript в сочетании с библиотекой Leaflet, что обеспечило высокую производительность и адаптивность интерфейса.

Главным компонентом системы является алгоритм Дейкстры, примененный для поиска оптимального пути на основе сетки проходимости. Его использование позволило учитывать архитектурные барьеры и строить корректные маршруты, избегая непроходимых зон в виде стен. Проведенное тестирование подтвердило корректность работы приложения: позволяет выбирать начальные и конечные точки и визуализирует маршрут в реальном времени.

Разработанное решение обладает высокой практической значимостью: оно не требует установки дополнительного программного обеспечения, функционирует в любом современном веб-браузере, полностью бесплатно, также возможно создание ярлыка на телефонах, и может быть интегрировано в информационную инфраструктуру университета. Это делает его экономически эффективным для повышения удобства навигации в кампусе. Таким образом, поставленная цель достигнута, и все задачи исследования выполнены.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Исследование проблемы навигации внутри современных зданий со сложной архитектурой / А. А. Шлыков, О. Ф. Абрамова // ГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет». – 2021. – № 2. – URL: <https://technology.snauka.ru/2014/02/3085> (дата обращения: 29.10.2025).
2. Куликов, А. С. Обзор основных методов внутренней навигации / А. С. Куликов // Компьютерные и информационные науки. – 2021. – № 3. – С. 443–445.
3. Обзор современных методов и технологий внутри помещений / Н. А. Котенко, Ю. С. Белов // Уфимский университет науки и технологий. – 2025. – № 3. – URL: [https://eduherald.ru/article/view?id=21869&utm\\_source=google.com&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=google.com&utm\\_referrer=google.com](https://eduherald.ru/article/view?id=21869&utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com) (дата обращения: 29.10.2025).
4. Комплексный метод упрощенной indoor-навигации / Г. В. Гренкин // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2024. – № 77. – URL: <https://www.vvsu.ru/mm/science/pub/doc/2152686100/> (дата обращения: 29.10.2025).

5. Основы HTML: изучаем основной язык веб-разработки / Д. С. Цыганкова, В. В. Козлов // Форум молодых ученых. – 2023. – № 10. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovy-html-izuchaem-osnovnoy-yazyk-veb-razrabotki> (дата обращения: 29.10.2025).
6. Joy, B. Language Specification / B. Joy. – Addison Wesley 2025. – 300 с.
7. Сравнение качества результатов алгоритма «a star» и его модификации для дорожной сети при выборе маршрута с учетом направления движения на перекрестке / Е. И. Максимова // Вестник науки Сибири. – 2023. – № 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-kachestva-rezultatov-algoritma-a-star-i-ego-modifikatsii-dlya-dorozhnoy-seti-pri-vybore-marshruta-s-uchetom-napravleniya> (дата обращения: 29.10.2025).

## DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE 2D-MAP OF THE KSTU BUILDING IN A WEB BROWSER WITH THE SHORTEST ROUTE SELECTION FUNCTIONALITY

N. V. Golubtsov, student  
E-mail: NikiLy2002@gmail.com  
Kaliningrad State Technical University

The aim of this work is to develop a prototype web application for visualizing the fourth-floor layout of the university and automatically finding optimal routes between the rooms. The following technologies and methods have been used during the development process: Tiled for creating maps with export to JSON format, JavaScript programming language for implementing interactivity, Leaflet library for visualization of cartographic data, and Visual Studio Code as the development environment. In order to solve the shortest path problem between the points, the classical Dijkstra's algorithm has been applied. As a result, a functional prototype of a web application has been developed, providing interactive navigation of the university's fourth floor with the ability to automatically build optimal routes.

**Keywords:** *indoor navigation, 2D building map, web application, Dijkstra's algorithm, Leaflet.js, Tiled, JSON.*