

**Гренкин Г. В., Карпов В. В.**  
**G. V. Grenkin, V. V. Karpov**

### **КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД УПРОЩЁННОЙ INDOOR-НАВИГАЦИИ**

### **COMPLEX METHOD OF SIMPLIFIED INDOOR NAVIGATION**

**Гренкин Глеб Владимирович** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики и моделирования Владивостокского государственного университета (Россия, Владивосток). E-mail: [Gleb.Grenkin@vvsu.ru](mailto:Gleb.Grenkin@vvsu.ru).

**Gleb V. Grenkin** – PhD in Physics and Mathematics, Assistant Professor, Mathematics and Modeling Department, Vladivostok State University (Russia, Vladivostok). E-mail: [Gleb.Grenkin@vvsu.ru](mailto:Gleb.Grenkin@vvsu.ru).

**Карпов Вячеслав Васильевич** – студент Владивостокского государственного университета (Россия, Владивосток). E-mail: [dev.karpov0@gmail.com](mailto:dev.karpov0@gmail.com).

**Vyacheslav V. Karpov** – Student, Vladivostok State University (Russia, Vladivostok). E-mail: [dev.karpov0@gmail.com](mailto:dev.karpov0@gmail.com).

**Аннотация.** Рассмотрена задача создания web-приложения для ориентировки внутри зданий. При этом предполагается, что все ключевые пункты здания можно идентифицировать по названию либо номеру. Целью работы является построение программного инструмента, строящего оптимальный маршрут между двумя заданными пунктами. План здания задаётся в упрощённом формате, содержащем графовую модель здания и не требующем ввода точной геометрической модели здания. Преимуществом такого подхода является простота ввода плана. Предлагаемый комплексный метод состоит в выводе маршрута в виде текста, сопровождаемого путевыми карточками и путевыми схемами. Выводимой информации оказывается достаточно для ориентировки внутри здания.

**Summary.** The paper concerns the problem of creating a web application for orientation inside buildings. It is assumed that all the key points of the building can be identified by name or number. The purpose is to construct software that finds an optimal route between two specified points. The building plan is represented in a simplified format with a graph-based model of the building. The advantage of this approach is simplicity of entering a plan. The proposed complex method consists in displaying the route in the form of text, accompanied by route cards and route schemes. The output information is sufficient to orientate inside the building, despite the fact that the exact geometric model of the building is not used.

**Ключевые слова:** indoor-навигация, ориентировка внутри зданий, web-приложение, кратчайший маршрут.

**Key words:** indoor navigation, orientation inside buildings, web application, shortest route.

УДК 004.42

**Введение.** Несмотря на широкую распространённость навигационных web-приложений, проблема indoor-навигации остаётся не вполне решённой. Большинство существующих сервисов основывается на открытой технологии OpenStreetMap [1; 2], которая ориентирована главным образом на геометрически точную пространственную модель. Однако упомянутая технология, несмотря на свою распространённость и наличие визуальных редакторов, всё же затрудняет ввод indoor-карт. Кроме того, автоматическое построение маршрута внутри зданий по данным OpenStreetMap представляет нетривиальную задачу, если учесть, что общепринятых соглашений по вводу indoor-информации в этом формате пока не предусмотрено. Чтобы решить эту проблему, авторы [3] предложили использовать этот формат для представления упрощённого плана здания. В работе [4] решалась аналогичная задача для совместного ввода планов.

В работах [5–9] рассматривалась задача indoor-навигации применительно к университетским городкам. Как правило, авторы стремятся представить как можно больше информации визуально. Тем не менее избыточность визуальных схем не всегда удобна. В действительности пеше-

ходу нужна только самая необходимая информация, чтобы, введя ориентир в том месте, где он находится, он мог сориентироваться, в каком направлении идти дальше.

Проблемой, которая существует в известных программных обеспечениях, является необходимость ввода большого количества информации. Для решения этой проблемы предлагается использовать вместо геометрически точной модели здания упрощённую модель. Эта информация может либо сопровождать план в формате OpenStreetMap, либо вводиться отдельно в другом формате. Таким образом, была поставлена задача разработки формата для ввода минимальной информации о плане здания.

Требования к программной системе включают простоту ввода плана любого здания, универсальность формата и достаточность выводимой информации для ориентировки в здании. В работе авторов [10] представлен программный инструмент, дающий возможность пользователю сориентироваться по текстовому выводу. В настоящей работе используется комплексный подход для построения диалога с пользователем, в котором текст маршрута дополняется путевыми карточками и путевыми схемами. Предлагаемое решение достаточно универсально, поскольку в упрощённом формате можно ввести план широкого класса зданий.

**Упрощённая модель здания.** Представим информацию о расположении основных элементов здания, подходящих для ориентировки, в виде графовой модели. Модель включает в себя сущности трёх типов: пункты, пути и стыки. При этом выделяется четыре возможных направления перемещения.

Пункт – это любой объект, представляющий интерес для ориентировки. Путь – это последовательность пунктов, ориентированная в одном из четырёх направлений. Стык – это место соединения путей.

Выделяются следующие типы пунктов: обычные и концевые. Концевым пунктом может быть выход, лестница, лифт или тупик.

Схема здания представляется отдельно для каждого этажа в виде дерева путей. Корневой путь начинается с концевого пункта и заканчивается стыком. В стыке от него отходят дочерние пути, причём для каждого дочернего пути задаётся направление, в котором он ориентирован относительно корневого пути. Далее от стыков, которыми заканчиваются дочерние пути, отходят новые пути и т. д.

Таким образом, дерево путей моделирует обход здания пешеходом. Поэтому, не имея в распоряжении поэтажного плана здания, можно заполнить такую структуру, просто перемещаясь по зданию и записывая направления перемещения и объекты вдоль каждого пути, обозначая стыки.

**Формат представления плана.** Для представления схемы здания в виде дерева путей используется формат XML. Внутри корневого тега <Plan> могут находиться вложенные теги <Floor>, обозначающие этажи, и теги <Point>, <Stairs>, <Elevator> или <Exit>, обозначающие концевые пункты соответствующего типа.

Внутри каждого тега <Floor> вводится дерево путей соответствующего этажа. Каждый путь задаётся тегом <Path> с атрибутами:

- *start* – этот атрибут присутствует только у корневых путей и обозначает концевой пункт, с которого начинается путь;
- *dir* – этот атрибут присутствует только у корневых путей и обозначает направление ориентации пути относительно глобальной системы координат;
- *rotate* – направление ориентации пути относительно родительского пути (forward, left или right);
- *scheme\_text\_forward*, *scheme\_photo\_forward* – текст на путевой схеме и изображение путевой схемы при перемещении вперёд;
- *scheme\_text\_backward*, *scheme\_photo\_backward* – текст на путевой схеме и изображение путевой схемы при перемещении назад.

В тег <Path> вложены теги <Point> с атрибутами:

- *id* – идентификатор пункта;
- *name* – название пункта;

- *to* – название пункта в родительном падеже;
- *wall* – по какую сторону находится пункт (left или right).

Перечисление пунктов пути заканчивается стыком, обозначаемым тегом <Joint> с атрибутами:

- *to* – название стыка в родительном падеже;
- *text\_forward*, *text\_backward*, *text\_left*, *text\_right* – текст путевой карточки в зависимости от направления перемещения;
- *photo\_forward*, *photo\_backward*, *photo\_left*, *photo\_right* – фотографии пункта в зависимости от направления.

После тега <Joint> идут дочерние пути, обозначаемые вложенными тегами <Path>.

Специальные пункты – лестницы <Stairs> и лифты <Elevator>. Идентификатор каждой лестницы или лифта должен совпадать на разных этажах.

На рис. 1 представлен фрагмент файла с планом, который легко вводится по поэтажным планам здания. Рисунок иллюстрирует, как выглядит формат представления плана здания.

```
<Joint to="экрана" name="Экран" fav="1" />
<Path rotate="left">
  <Joint to="студотрядов" />
  <Path rotate="forward">
    <Joint to="развилки" />
    <Path rotate="right">
      <Stairs id="stairs10" to="лестницы" />
    </Path>
  <Path rotate="right">
    <Room wall="left" id="1306" />
    <Room wall="left" id="1308" />
    <Joint to="перехода в 4 корпус" />
    <Path rotate="forward">
```

Рис. 1. Фрагмент файла с планом здания

**Представление оптимального маршрута.** После ввода идентификаторов начального и конечного пунктов скрипт вычисляет кратчайший путь между ними. Затем выводится текстовое описание маршрута с указанием направлений поворота, включающее дополнительные элементы:

1. *Подробная инструкция* – к тексту «Поверните направо и пройдите до конца коридора» добавляется список пунктов, мимо которых нужно пройти, который будет отображён при нажатии на кнопку с троеточием.

2. *Путевая карточка* привязана к стыку и показывает фотографию ключевого пункта с дополнительным текстом, который заменяет стандартный текст, сгенерированный алгоритмом.

3. *Путевая схема* привязана к пути и показывает фрагмент схемы здания либо любое другое изображение, сопровождаемое дополнительным уточняющим текстом.

Алгоритм генерации текста состоит в обходе построенного маршрута и выводе перечисленных элементов.

Пример вывода представлен на рис. 2.

**Заключение.** На основе описанной технологии упрощённой indoor-навигации разработана бета-версия web-приложения [11]. Практическая значимость состоит в возможности ввода в приложение плана широкого класса зданий, при этом задействуется только информация, содержащаяся в планах эвакуации. Благодаря комплексному выводу инструмент предоставляет достаточное количество информации для ориентировки в здании без необходимости ввода геометрически точной модели.



Рис. 2. Вывод оптимального маршрута

Отметим дальнейшие перспективы использования и развития технологии. Во-первых, текстовый формат навигации удобен своей компактностью, поэтому может быть востребован у людей с ограниченными возможностями [12].

Во-вторых, в дальнейшем на основе этой технологии может быть создан web-сервис для совместного наполнения планов. Для этого потребуется создание редактора XML-формата. Это может быть реализовано в виде редактирования непосредственно XML-файла с отрисовкой схемы и подсветкой на этой схеме выбранного пункта, пути или стыка.

В-третьих, возможна интеграция разработанной технологии с форматом OpenStreetMap. Для этого необходимо дополнить схему в этом формате маркерами, которые позволят автоматически извлечь описанную графовую структуру данных из этого плана.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Goetz M., Zipf A. Extending OpenStreetMap to indoor environments: bringing volunteered geographic information to the next level // Urban and Regional Data Management: UDMS Annual. – 2011. – V. 2011. – P. 47-58.
2. Wang Z., Niu L. A data model for using OpenStreetMap to integrate indoor and outdoor route planning // Sensors. – 2018. – V. 18. – № 7. – P. 2100.
3. Dumedah G. et al. A new spatial database framework for pedestrian indoor navigation based on the OpenStreetMap tag information // Transactions in GIS. – 2022. – Vol. 26, № 7. – P. 3090-3108.
4. Zhan Z., Huang H., Winter S., Van de Weghe N. Cognitive mapping of indoor environments: constructing an indoor navigation network from crowdsourced indoor route descriptions // Cartography and Geographic Information Science. – 2024. – Vol. 51, № 3. – P. 385-403.
5. Гмарь, Д. В. Навигация внутри зданий с использованием беспроводной сети (на примере кампуса ВГУЭС) / Д. В. Гмарь, К. И. Кротенок // Информационные технологии XXI века: материалы международ-

ной научной конференции, Хабаровск, 20-24 мая 2013 года. – Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2013. – С. 158-163.

6. Алутич, Е. А. Система поиска и построения маршрутов внутри помещения с помощью путевых карточек / Е. А. Алутич, С. В. Кривошеев // Программная инженерия: методы и технологии разработки информационно-вычислительных систем (ПРИВС-2020): сборник научных трудов III Междунар. науч.-практ. конф. (студенческая секция). – Донецк, 2020. – С. 155-161.

7. Колышкина, Н. С. Анализ решения вопросов indoor-навигации / Н. С. Колышкина, Н. А. Борсук // Южно-Сибирский научный вестник. – 2021. – № 2 (36). – С. 98-103.

8. Дусакаева, С. Т. Мобильное приложение для поиска оптимального маршрута в университетском городке / С. Т. Дусакаева, В. В. Савинов // Онтология проектирования. – 2023. – Т. 13. – № 3 (49). – С. 455-464.

9. Ludwig B. et al. Urwalking: Indoor navigation for research and daily use // KI-Künstliche Intelligenz. – 2023. – Vol. 37. – № 1. – P. 83-90.

10. Гренкин, Г. В. Ориентировка внутри зданий по упрощённому плану / Г. В. Гренкин, В. В. Карпов, А. Е. Чусова // Компьютерные технологии и анализ данных (СТДА'2024): материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 25-26 апреля 2024 г. – Минск: БГУ, 2024. – С. 160-163.

11. Indoor-навигатор // GitHub: сайт. – URL: <https://github.com/lapkin25/Nav-any> (дата обращения: 21.07.2024). – Текст: электронный.

12. Fernando N., McMeekin D. A., Murray I. Route planning methods in indoor navigation tools for vision impaired persons: a systematic review // Disability and Rehabilitation: Assistive Technology. – 2023. – Vol. 18. – № 6. – P. 763-782.