

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАФОВЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ПОДБОРА МАРШРУТА В НАВИГАЦИОННЫХ СЕРВИСАХ

*Калиновский В.А.*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Воробей А.В. – магистр технических наук, ассистент кафедры ИПиЭ*

**Аннотация.** С развитием техники и геоинформационных технологий появилась возможность использовать графовые алгоритмы для решения различных прикладных задач: построение маршрута, анализ использования дорожной сети, анализ загруженности дорог, геомаркетинговые исследования, актуализация базы данных, основанная на несоответствии данных в реальности и в приложении. В материалах статьи рассматриваются алгоритмы работы навигационных сервисов и алгоритм Дейкстры.

**Ключевые слова:** маршрутизация, графы, алгоритм Дейкстры, навигационные сервисы

**Введение.** Навигационные сервисы тесно связаны с использованием графовых алгоритмов для оптимизации маршрутов. Графовые алгоритмы широко применяются для поиска оптимального пути от точки А до точки В, учитывая различные критерии, такие как время пути, расстояние, трафик и т.д. В данной статье мы рассмотрим, как графовые алгоритмы справляются с этой задачей и почему они предпочтительны для навигационных сервисов.

**Основная часть.** Навигационные сервисы, такие как Google Maps, Яндекс.Карты и другие, предоставляют пользователю информацию о наиболее оптимальном маршруте от точки отправления до места назначения. Для этого используются графовые алгоритмы, основанные на теории графов.

Графовые алгоритмы позволяют представить дорожную сеть в виде графа, где узлы представляют собой перекрестки или узлы дорог, а рёбра – сами дороги между ними. Это позволяет эффективно находить оптимальные маршруты, учитывая различные ограничения, такие как трафик, повороты, одностороннее движение, запреты поворотов, пробки и другие факторы [1].

Например, классический алгоритм Дейкстры позволяет находить кратчайший путь во взвешенном графе, учитывая веса рёбер, которые могут представлять расстояние или время пути.

С помощью данного метода возможно отыскать самые короткие пути от одной из вершин графа до абсолютно всех других. Метод способен функционировать только для графов, рёбра которых никак не имеют отрицательного веса [2].

Например, дороги в городе представляются в виде дорожного графа (рисунок 1), вершины которого – ключевые точки дорожной сети (перекрёстки, места изгибов и т. д.), а рёбра – дорожные сегменты.

Таким образом, считаем, что маршрут из А в В – это путь в дорожном графе, начинающийся в вершине А и заканчивающийся в вершине В.

Чтобы найти путь минимальной стоимости, в дорожном графе используется алгоритм A\*: он вычислительно эффективный и находит оптимальный путь относительно выбранной функции стоимости.

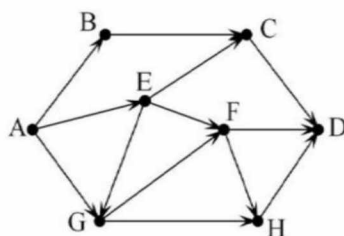


Рисунок 1 – Дорожный граф

В качестве функции стоимости удобно использовать время в пути (ETA) (рисунок 2): тогда найденный маршрут будет кратчайшим среди всех возможных. В простейшем случае время в пути складывается из двух факторов: времени проезда по рёбрам графа и дополнительного времени на совершение маневров при переходе из одной вершины графа в другую [3].

$$ETA = \underbrace{\sum_{i=1}^n t_i}_{\text{Время в пути по ребрам}} + \underbrace{\sum_{i=1}^m c_i}_{\text{Штрафы за маневры}}$$

Рисунок 2 – Формула для расчета времени в пути

#### Преимущества графовых алгоритмов:

- Эффективность маршрутизации: графовые алгоритмы могут оптимизировать поиск кратчайшего пути между точками, что особенно важно для навигационных сервисов, где необходимо рассчитывать быстрые маршруты.

- Учет сложных дорожных сетей: графовые структуры позволяют учитывать различные типы дорог, перекрестки, развязки и другие нюансы, что помогает создавать более точные и реалистичные маршруты.

- Гибкость при изменении маршрута: При изменении условий дорожного движения графовые алгоритмы могут быстро пересчитать маршрут, учитывая новые данные о трафике, строительстве дорог и других факторах.

- Возможность учета специфических запросов: графовые алгоритмы также позволяют учитывать специфические запросы пользователей, например, предпочтения при выборе определенных типов дорог или предпочитаемые остановки в случае общественного транспорта.

#### Графовые алгоритмы в навигационных сервисах.

Главная задача, решаемая с помощью графовых алгоритмов – маршрутизация. Если в период появления первых навигационных приложений при построении маршрута, выдавался единственный оптимальный результат, то сейчас, система предлагает несколько вариантов в зависимости от влияющих на него атрибутов дорожной сети и факторов геопространства, а также рассчитывает время прибытия к месту назначения в зависимости от выбранного маршрута.

К атрибутам дорожной сети относят: класс дорог, скоростной режим, покрытие, тип структуры дороги.

*Класс дорог.* Основной атрибут дорожной сети. Иерархическая классификация дорожной сети используется для оптимизации расчета маршрута согласно заданному алгоритму.

*Скоростной режим.* Скоростные характеристики на карте определяются реальными ограничениями скорости на дорогах и правилами дорожного движения (ПДД). Значения скорости, присвоенные графу дорог, могут отличаться от знаков ПДД только в сторону

уменьшения, в случае если на скоростной режим влияют какие-либо факторы или ограничения (например, физические ограничения или характеристики доступа).

*Покрытие.* Выделяют несколько типов покрытия дорожной сети, каждый из которых имеет свои показатели допустимого скоростного решения: дорога без покрытия, дорога с покрытием, дорога с плохим дорожным покрытием.

*Тип структуры дороги.* Разделяют несколько типов структуры дороги: туннель, мост, переправа.

Атрибуты дорожной сети участвуют в построении маршрута в двух режимах: онлайн и офлайн. Но есть такие параметры, которые работают только в онлайн режиме, они влияют на корректировку построения маршрута и являются критически важными при перерасчете маршрута в пользу более быстрого способа достижения цели. Назовем их факторы геопространства – это погода, инциденты, светофоры, пробки, временной режим работы дорожной сети, сезонность работы. Информация, которая накапливается в онлайн режиме, запоминается на сервере и используется как исторические данные. Например, существуют исторические данные от пользователей без идентификации личности, на основании которых в базу данных заносится информация о регулярно повторяющихся событиях в определенный отрезок времени. Это позволяет в определенной степени прогнозировать приближенную ситуацию в реальности [4].

*Заключение.* Использование графовых алгоритмов для подбора маршрута в навигационных сервисах является эффективным и мощным инструментом. В дальнейшем, очевидно, ситуация будет иметь тенденцию к повышению качества цифровых навигационных карт и геолокационных сервисов, что позволит решать новые прикладные задачи на базе дорожного графа, что значительно повысит уровень жизни и безопасности в городской среде.

### Список литературы

1. Цифровые навигационные карты и цифровые навигационные планы городов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mognovse.ru/gxi-cifrovie-navigacionnie-karti-icifrovie-navigacionnie-plan.html> - Дата доступа: 15.01.2024
2. Использование Алгоритма Дейкстры для решения задач GPS навигации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://newtechaudit.ru/ispolzovanie-algoritma-dejkstry-dlya-resheniya-zadach-gps-navigaczii/> - Дата доступа: 15.01.2024
3. Yandex [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://yandex.ru/company/technologies/routes/?ysclid=lrks7ohbp6424215319>. – Дата доступа: 15.01.2024.
4. HABR [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/2gis/articles/758688/> - Дата доступа: 15.01.2024

UDC 004.421.2

## USING GRAPH ALGORITHMS FOR ROUTE SELECTION IN NAVIGATION SERVICES

*Kalinouski V.A.*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Vorobey A.V. – master of technical sciences, assistant of the department of EPE*

**Annotation.** With the development of technology and geoinformation technologies, it has become possible to use graph algorithms to solve various applied problems: route construction, analysis of road network usage, traffic analysis, geomarketing research, updating the database based on the discrepancy between data in reality and in the application. The article discusses the algorithms of navigation services and Dijkstra's algorithm.

**Keywords:** routing, graphs, Dijkstra algorithm, navigation services.