

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ГРАФОВ В ЛОГИСТИКЕ

Л. А. Соколов, Г. Б. Удальев, Д. Д. Ходьков

*Рассматриваются вопросы построения транспортных систем в товарных и гражданских перевозках на основе теории графов.*

## ВВЕДЕНИЕ

В связи с развитием торговых отношений, возникла необходимость развития и улучшения существующих транспортных сетей. Сегодня, из-за большого количества дорог и возможных путей, проложить маршрут в соответствии с определённым критерием оптимальности становится достаточно сложной задачей. И в этом случае применяют различные математические модели, такие как модели теории графов и различные алгоритмы решения задач на графах.

### I. КРАТКАЯ ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

Транспортные сети проектируются ещё со времён Древнего Рима. Их правильное проектирование обеспечило Риму возможность быстро перебрасывать войска, а позже способствовало росту его экономической мощи. Это при том, что раннее проектирование было достаточно примитивным – дороги строились непосредственно к какому-либо пункту и не охватывали некоторые небольшие поселения. Эти дороги сохранились до наших дней и ими продолжают пользоваться до сих пор. Со временем средства проектирования улучшались, и транспортные пути тем или иным способом стали связывать уже абсолютно все пункты, что и способствовало ускорению экономического развития региона. Транспортная сеть продолжает совершенствоваться и в настоящее время на территории современной Италии.

Обратным примером того, когда готовые транспортные пути не улучшались, служит история развития Южной Америки. Как известно, Южная Америка была колонизирована испанцами, и оттуда вывозились табак, картофель, помидоры, а самое главное, золото и серебро. Отметим, что действие происходило на территории современного Перу; в те времена там располагалась империя инков. Инки в своё время создали свою транспортную сеть, которая помогала им управлять всей империей. Продукты и ценности вывозились испанцами по путям, спроектированным инками. Эти пути никак не модернизировались и не развивались, что впоследствии ввергло регион в ужасное положение. Как раз неразвита транспортная сеть и спровоцировала голод в не самых отдалённых районах колонии. Это было наглядным примером того, насколько важны транспортные сети для благосостояния общества.

## II. ИНСТРУМЕНТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Главным инструментом проектирования транспортных сетей является система компьютерной математики Maple. Она позволяет решать разнообразные математические задачи, среди которых присутствуют задачи на составление транспортных сетей и другие задачи теории графов.

Вторым инструментом в решении задач по созданию и оптимизации транспортных систем является сама теория графов, позволяющая наглядно изображать транспортные сети в виде графов. Среди задач теории графов стоит отметить задачу коммивояжера (поиск гамильтонова цикла минимальной длины). Её можно назвать прототипом задачи на построение транспортной сети. Использование графов позволяет сохранить наглядность и информативность данных сетей.

### III. СУТЬ ЗАДАЧ НА ПОСТРОЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ

Суть задач на построение транспортной сети может заключаться, например, в нахождении оптимального (в смысле какого-то показателя) пути из начального пункта в конечный, в построении кольцевого маршрута минимальной протяжённости и т.д.. Во втором случае ищется гамильтонов цикл минимальной длины. Это связано с тем, что доставка груза должна осуществиться в пункты назначения (потребителям) за один раз, с возвратом в начальный пункт отправления. При этом надо иметь в виду, что транспортная сеть учитывает лишь те пути, по которым возможно организовать движение. Здесь учитываются такие факторы как ограничение движения по скорости, запреты на движение грузового транспорта, одностороннее движение, ограничение на массу транспортных средств и прочее.

### IV. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ

Построение транспортной сети начинается с выбора вершин графа. В товарных перевозках такую роль выполняют логистические центры, склады, пункты нахождения производителя товаров. В гражданских перевозках такую роль играют крупные центры торговли, университеты, институты, спортивные центры и прочие места с высокой проходимостью. Все вершины должны

быть связаны ориентированными дугами. Это означает, что получившийся граф должен быть ориентированным и связанным (связным). Если получившийся граф не является связанным, то он не может представлять транспортную сеть. Также выделяют две вершины – источник (исток) и сток. Источником называют вершину, из которой выходят дуги, стоком же является вершина, в которую входят дуги, т.е. любая другая вершина транспортной сети лежит на пути из источника в сток.

Оценка (вес) каждого ребра сети определяется в зависимости от цели исследования, мерой достижения которой служит некоторый критерий эффективности. Но в основном в качестве веса выбирают время (критерий – минимальное время), которое будет затрачено на движение, или расстояние (критерий – минимальное расстояние). Дуги (ориентированные рёбра) обладают пропускной способностью и потоком. Пропускная способность дуги характеризует число единиц транспорта, которое может пройти за единицу времени. Потоком является направленное движение транспорта по сети, причём поток по дуге не может превышать её пропускную способность.

При создании новых транспортных сетей в крупных городах применяют макрорайонирование. Оно подразумевает разбиение большой транспортной системы на более мелкие подсистемы, которые потом объединяют в целую сеть.

## V. АЛГОРИТМЫ ПОИСКА ПУТЕЙ

Решением задач теории графов в логистике и построением транспортных сетей, как уже упоминалось выше, занимается система компьютерной математики Maple. Система Maple предпочитает использование алгоритма Дейкстры.

Алгоритм Дейкстры предназначен для нахождения кратчайших маршрутов, что как раз и нужно для построения транспортной сети. Суть

алгоритма заключается в: посещении всех вершин графа с параллельными расчётами минимальной длины пути. Из похожих для решения подобных задач методов можно отметить ещё муравьиный алгоритм. В основу такого алгоритма положено поведение муравьиной колонии. В ходе своих походов муравьи находят самые короткие тропы и помечают их феромонами, делаящими найденный путь более привлекательным, но они (феромоны) вскоре выветриваются и всё начинается заново. Изначальный путь выбирается вероятностным методом. Но муравьиный метод плох тем, что может быть выбран не самый подходящий в смысле длины путь.

## VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обозначив применение методов теории графов в логистике, а именно, в гражданских и грузовых перевозках, мы заметили, что теория графов занимает лидирующие позиции в планировании логистических сетей. И связано это, прежде всего, с наглядностью отображения транспортных сетей с помощью графов, и самой теорией графов, предоставляющей алгоритмы оптимизации транспортных сетей.

1. Томас Х. Кормен и др. Алгоритмы: построение и анализ = INTRODUCTION TO ALGORITHMS. — 2-е изд. — М.: «Вильямс», 2006.
2. Вардомацкая Е.Ю., Шарстнев В.Л., Алексеева Я.А. Оптимизация маршрута с использованием теории графов в пакетах прикладных программ. УДК 004.9 : 658. <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-marshruta-s-ispolzovaniem-teorii-grafov-v-paketah-prikladnyh-programm/viewer>
3. Муравьиный алгоритм. // [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/264533#.D0.9E.D0.B1.D0.B7.D0.BE.D1.80>
4. Алгоритм Дейкстры нахождение кратчайшего пути. // [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://prog-cpp.ru/deikstra/>
5. Транспортная сеть. // [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_geo/293/ТРАНСПОРТНАЯ](https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_geo/293/ТРАНСПОРТНАЯ)

*Соколов Леонид Андреевич, Удадьев Глеб Борисович, Ходьков Денис Дмитриевич*, студенты 1-го курса факультета информационных технологий и управления Белорусского университета информатики и радиоэлектроники, [kyiara77@gmail.com](mailto:kyiara77@gmail.com).

*Научный руководитель: Севернёв Александр Михайлович*, доцент кафедры информационных технологий автоматизированных систем Белорусского университета информатики и радиоэлектроники, кандидат технических наук, доцент, [severnev@bsuir.by](mailto:severnev@bsuir.by).