DOI: 10.17117/na.2016.01.01.481

Поступила (Received): 25.01.2016

<http://ucom.ru/doc/na.2016.01.01.481.pdf>

Попов Д.А.
Динамические транспортные системы
с зависимыми от времени графами

Popov D.A.
Dynamic transport systems with time-dependent graphs

В статье рассматриваются вопросы поиска кратчайших путей с помощью динамических транспортных систем, используя графы с временными зависимостями. Приводятся примеры применения данных систем. Также описываются возможные модели описания графов событий на основе транспортных расписаний их структура и недостатки

Ключевые слова: время, расширенная модель, расписание транспорт

Попов Дмитрий Александрович

Инженер-программист

Открытый код

г. Самара ул. Ярмарочная, 55

The article deals with the search of the shortest paths with dynamic transport systems using graphs with time dependencies. Examples of application of these systems. It also describes the possible models describing graphs based event Timetables their structure and limitations

Key words: time, extended model, schedule, transport

Popov Dmitriy Aleksandrovich

Software Engineer

Open code

Samara, Yarmarochnaya st., 55

Перед многими путешествующими, как на автомобилях, так и в общественном транспорте (железнодорожный, водный и т. д.) людьми, зачастую встаёт вопрос поиска лучшего времени отъезда от пункта назначения, от одного города к другому, от одной станции к другой, чтобы свести к минимуму общее время в пути, при этом учитывать возможные пересадки по маршруту в определённое время:

1. поиск пересадочных пунктов, когда между пунктами отправления и назначения нет прямых путей;
2. поиск маршрутов с необходимым видом транспорта;
3. поиск путей следования различным транспортом.

Этот вопрос становится ещё более актуальным, если это связано с дорожной автомобильной сетью, где условия движения динамически меняются время от времени.

Проблему можно назвать, как проблема поиска кратчайшего пути в зависимости от времени. Граф зависимости от времени G_t представляет собой граф, где рёбра имеют в качестве весов функции задержки по времени $w_{ij}(t)$, которые связана с узлами (v_i, v_j) . Эта функция $w_{ij}(t)$ определяет, сколько времени требуется

затратить, чтобы путешествовать от узла v_i к узлу v_j , если отправиться от узла v_i в момент времени t . Пользовательский запрос, на поиск пути с минимальным временем путешествия, от исходного узла v_s , к месту назначения узлу v_e , обрабатывается посредством зависящего от времени графа G_t , в котором лучшее время отправления, определено в интервале времени T . Этот запрос можно обозначить как запрос пользователя, МТТ (v_s, v_e, T). Сложность этой задачи заключена в комплексных временных зависимостях между узлами в графе. То есть, иными словами задержки не являются константами, и могут варьировать во времени.

Таким образом, в последнее время возникает все больший интерес к динамически управляемым транспортным системам, которые осуществляют поиск оптимальных кратчайших путей внутри дорожно-транспортной сети, представленной большими графами, где веса (временные задержки) рёбер между узлами динамически меняются и зависят от времени.

Транспортные системы, которые могут обрабатывать и предоставлять пользователям информацию о дорожно-транспортной ситуации в режиме реального времени, функционируют в разных странах. В частности к таким системам можно отнести японскую систему «The Vehicle Information and Communication System¹ (VICS)» (Система автомобильной информации и связи) и аналогичную ей европейскую систему «The European Traffic Message Channel² (TMC)» (Сервис вещания трафика пробок). Работа этих систем основана на сборе информации о дорожном трафике и ведении шаблонов и журналов движения в течение длительного периода времени. Используя эту статистику, становится возможным предоставить пользователям информационные услуги такие как, "как путешествовать из конкретного места в одном городе в другое место в другом городе и как возможно быстрее, при этом принимать в расчёт "час пик" (например возникающие дорожные пробки в определённое время).

Рассмотрим задачу поиска кратчайшего пути в зависимости от времени применительно к туризму. Предположим, что группа туристов, хочет посетить несколько мест в нескольких городах. Когда имеется информация о дорожном трафике, группа хочет знать, смогут ли они отправиться и прибыть в следующем месте своего путешествия быстрее, то есть затратить меньше времени в пути, если они отправятся из текущего места нахождения позже для того, чтобы избежать час пик на дорогах. Аналогичную ситуацию можно рассматривать для логистической компании, которая поставяет грузы, например продукты, для своих клиентов с помощью автомобильного транспорта. Грузовик может доехать в конечное место назначения с меньшим временем в пути, если он останется в промежуточном месте (город, улица) в течение некоторого времени. В этом случае, компания может использовать этот промежуток времени, для того, чтобы поставять груз своим клиентам и в этом промежуточном узле используя тот же грузовик. То есть, задача представляется следующей. Поиск оптимального пути, с минимальным временем передвижения, из исходного узла в узел назначения, используя граф временной зависимости, когда время отправления из исходного узла задаётся пользователем в интервале t .

Описанные выше проблемы, например задача путешествия туристической группы, можно решить планированием путешествия на основе расписания

транзитных сетей общего пользования. Расписание состоит из набора остановочных пунктов (например, автобусные остановки или железнодорожные станции), набора маршрутов (например, автобусные или железнодорожные линии), и набор поездок. Поездки могут осуществляться различными транспортными средствами, которые прибывают к месту остановки по определенному маршруту в определенное время суток. Далее поездки могут быть разделены на последовательности элементарных соединений, каждое из которых задается как пара времени (отправления / прибытия) и пара (начало / назначение) остановок, между которыми транспортное средство движется без остановки.

Ключевой разницей общественной транзитной сети от обычных дорожных сетей, в том, что она по своей природе зависит от времени, так как некоторые сегменты сети могут быть пройдены только в определенные дискретные моменты времени. Таким образом, важной задачей является моделирование расписания движения транзитного транспорта надлежащим образом. В то время как в обычных дорожных сетях вычисляется кратчайший путь (обычно самый быстрый путь) которого часто бывает достаточно, то в транзитных сетях необходимо решить больше проблем, в том числе расчёт временных задержек и поддержка дополнительных критериев, таких как денежная стоимость.

Первая задача заключается в моделировании расписаний, в том виде, чтобы с ними могли работать алгоритмы, которые вычисляют оптимальные пути. Поскольку проблема кратчайшего пути хорошо известна, естественным было бы построить граф $G=(V,A)$ на основании расписания, так чтобы кратчайший путь соответствовал запланированному путешествию, при этом необходимо придерживаться определённых моделей построения графа.

На основании того факта, что расписание состоит из зависящих от времени событий (например, транспортное средство отходит от остановки), которые происходят в дискретные моменты времени, то для построения пространственно-временной графа используется так называемая время-расширенная модель. Такой граф называется также графом событий. Иными словами, такой граф содержит вершины для каждого события в соответствии с расписанием и использует дуги для подключения последующих событий в направлении течения времени. В графе содержатся вершины для каждого события отправления и прибытия связанных дугами. Чтобы использовать пересадки между транспортными средствами, все вершины на той же самой остановке взаимосвязаны «пересадочными» дугами линейно, в хронологическом порядке. Недостатком этой модели можно указать то, что на практике время-расширенная модель приводит к созданию большого разряженного графа.

Список используемых источников:

1. Железнов Р.В. Особенности алгоритма поиска маршрута на транспорте с учётом расписаний движения. М., 2007. С. 28-32.
2. Brodal G.S., Jacob R. Time-dependent networks as models to achieve fast exact timetable queries // *Algorithmic Methods and Models for Optimization of Railways*. 2004. Vol. 92.