

UOT 002

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАГРУЗКИ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ ГОРОДОВ

Ольга Васильевна МУХТАРОВА

*Кандидат физико-математических наук, доцент,
Академия Управления при Президенте
Азербайджанской Республики,
Кафедра Информационные технологии
в государственном управлении*

ovmukhtarova@mail.ru

РЕЗЮМЕ

В работе рассматриваются основные принципы моделирования загрузки транспортных сетей городов. Показаны основные математические модели, которые используются для анализа транспортных сетей. Описаны основные параметры и факторы составляющие данные математические модели.

Ключевые слова: моделирование, транспортная сеть, транспортные потоки, графы.

ANALYSIS OF THE BASIC PRINCIPLES OF URBAN TRANSPORT NETWORKS LOADING MODELING

SUMMARY

The paper considers the basic principles of urban transport networks loading modeling. The basic mathematical models which are used for the analysis of transport networks are shown. The main parameters and factors that compose the given mathematical models are described.

Keywords: modeling, transport network, traffic flows, graphs.

ŞƏHƏR NƏQLİYYAT ŞƏBƏKƏLƏRİNİN YÜKLƏNMƏSİNİN ƏSAS PRİNSİPLƏRİNİN TƏHLİLİ

XÜLASƏ

Məqalədə şəhər nəqliyyat şəbəkələrinin yüklənməsinin əsas prinsiplərini nəzərdən keçirilir. Nəqliyyat şəbəkələrinin təhlili üçün istifadə olunan əsas riyazi modellər göstərilir. Verilmiş riyazi modelləri yaradan əsas parametrlər və amillər təsvir olunur.

Açar sözlər: modelləşdirmə, nəqliyyat şəbəkəsi, trafik axını, qrafik.

Одной из важнейших инфраструктур, которая обеспечивает жизнь городов и регионов, является транспортная инфраструктура. Возможности транспортных сетей во многих крупных городах в последнее время исчерпаны или близки к этому. Поэтому особую важность приобретает оптимальное планирование маршрутов городского транспорта, планирование сетей, оптимизация организации движения. Эти задачи невозможно решить без использования математического моделирования транспортных сетей. Главная задача этих математических моделей - определение и прогнозирование параметров работы транспортной сети. К ним относятся интенсивность движения на всех участках сети, объемы перевозок в сети общественного транспорта, средние скорости движения, задержки и потери времени.

Математические модели, которые используются для анализа транспортных сетей, разнообразны [1]. В зависимости от того для каких задач они применяются можно выделить три основных класса:

- прогнозные модели;
- имитационные модели;
- оптимизационные модели.

Прогнозные модели используют, когда известны геометрия транспортной сети и размещение потоков в городе. Необходимо определить какими будут транспортные потоки в этой сети. Прогноз загрузки транспортной сети включает в себя расчет усредненных характеристик движения. К ним относятся интенсивность потока, распределение автомобилей и пассажиров по путям движения, объем межрайонных передвижений.

Имитационное моделирование ставит своей целью рассмотреть движение во всех деталях и развитие этого процесса во времени. При этом усредненные значения потоков и распределение по путям считаются известными и служат исходными данными для этих моделей. Отличие прогнозных и имитационных моделей состоит в том, что если в прогнозных моделях рассматривается вопрос «сколько и куда» будут

ехать в данной сети, то в имитационных рассматривают, как будет происходить движение в деталях, если средние значения «сколько и куда» известны. Таким образом, прогнозные и имитационные модели дополняют друг друга. К классу имитационных моделей можно отнести модели динамики транспортных потоков. В этих моделях применяется разная техника – от имитации движения каждого отдельного автомобиля до описания динамики функции плотности автомобилей на дороге.

Динамические имитационные модели имеют широкое практическое применение. Они позволяют оценить изменение скорости движения, задержки на перекрестках, динамику образования очередей и другие характеристики движения. Их использование служит для улучшения организации движения, оптимизации светофорных циклов.

Оптимизационные модели служат для решения задач оптимизации маршрутов пассажирских и грузовых перевозок, для определения оптимальной конфигурации сети [2].

Транспортные потоки складываются из отдельных передвижений, которые совершают участники движения. К ним относятся передвижения различных видов транспорта, а так же передвижения пешеходов. Основными факторами, которые определяют количество передвижений по транспортной сети города являются:

- потокообразующие факторы, то есть размещение объектов, которые порождают движение – места проживания, места приложения труда, места культурно-бытового обслуживания.
- характеристики транспортной сети – количество и качество улиц и дорог, маршруты и способности провоза общественного транспорта.
- поведенческие факторы, к которым относятся мобильность населения, предпочтения в выборе способов и маршрутов передвижения.

Для построения математической модели необходимо описать указанные факторы. Основой такого описания является транспортный граф. Узлы графа соответствуют перекресткам и станциям, а дуги - сегментам улиц и линиям транспортного движения. Чтобы описать распределение потокообразующих объектов, город делят на районы прибытия и отправления (ПО). Каждый район включается в граф, как узел, соединенный с обычными узлами графа специальными дугами – связями. Общий объем передвижения из одного района ПО в другой называют районной корреспонденцией.

Для оценивания альтернативных путей и способов передвижения вводят критерий, который называют обобщенной ценой пути. Обобщенная цена пути складывается из цен входящих в него дуг. Сюда может

быть добавлена цена перехода с одной дуги на другую, цена посадки при переходе с дуги на дугу. Поэтому увеличение обобщенной цены снижает привлекательность пути. Обобщенную цену можно определять, как сумму слагаемых, которые определяют влияние различных факторов на оценку пути:

- время передвижения, которое вычисляется как функция зависимости скорости движения от загрузки пути;
- дополнительные задержки в транспортной сети (время ожидания, парковки);
- денежные затраты (платные магистрали, плата за въезд в определенные зоны города).

Многие факторы определяют цену пути, и время является основным из них. Поэтому путь между двумя точками сети, который имеет минимальную обобщенную цену, называют кратчайшим путем.

Важнейшей особенностью загрузки транспортной сети является то, что выбор способов и путей передвижения пользователями сети влияет на тот же выбор, осуществляемый другими пользователями. Математически это взаимное влияние описывается функциями зависимости цены дуги от суммарного потока по этой дуге. Возникает обратная связь в процессе формирования загрузки: выбор пути основан на сопоставлении цен на различных путях, в то время как сами цены определяются сложившейся загрузкой. Таким образом, транспортные потоки, происходящие в сети, представляют собой некоторое равновесное состояние этого процесса. При рассмотрении этого равновесного состояния используются различные алгоритмы [3, 4]. В задачах моделирования транспортных потоков в сети крупного города выделяют четыре основных этапа:

- оценка общих объемов прибытия и отправления из каждого района города;
- разделение по способам передвижения – пешеходные, с использованием общественного транспорта, с использованием личного транспорта;
- определение матриц корреспонденций между каждой парой расчетных районов города;
- определение всех путей участников движения, то есть распределение корреспонденций по транспортной сети.

Деление задач моделирования на этапы является условным, так как все эти этапы связаны между собой и не могут быть решены, как отдельные задачи, в силу их обратных связей.

Рассмотрим модель расчета корреспонденций. Матрица корреспонденций служит количественной характеристикой для передвижений по сети. Элементами матрицы являются объемы передвижений между каж-

дой парой условных районов ПО. Это могут быть передвижения автомобилей или пассажиров в единицу времени. Все передвижения можно разделить по следующим критериям:

- по целям передвижения;
- по выбору способов передвижения;
- по выбору путей передвижения.

Среди передвижений с различными целями выделяют:

- от места жительства к месту приложения труда и обратно (трудовые корреспонденции);
- передвижения к местам культурно-бытового обслуживания и обратно;
- деловые поездки между местами приложения труда;
- поездки между культурно-бытовыми объектами.

Для каждой группы передвижений рассчитывается своя матрица межрайонных корреспонденций. Данные для матрицы строятся на основе демографических и социально-экономических данных и результатов обследования. По ним можно оценить среднее количество поездок и подвижность населения. Сюда относятся и передвижения пешком, с использованием общественного транспорта и личного транспорта. Пути передвижения разбивают на два этапа - это непосредственно способ передвижения (модальный выбор) и выбор конкретного пути, который выбирается на основе критерия пути (критериальный выбор).

Кроме того, участников движения можно разделить на классы пользователей, например,

- люди разного достатка и социального статуса будут предпочитать разные пути в сети, содержащие платные участки дороги;
- пользователи общественного транспорта могут выбирать более комфортное движение с меньшим количеством пересадок.

Для моделирования комплексной загрузки сети с учетом всех факторов такого рода рассчитываются отдельные матрицы корреспонденций для каждого класса. И для каждого класса используют свой критерий оптимальности путей.

Литература:

1. Brackstone M., McDonald M. Car following. A historical review // *Transpn.Res.F.* 2000. V.2.p.181-196.
2. Лившиц В.Н. Автоматизация планирования и управления транспортными системами. М. Транспорт, 1987, стр.208.
3. Стенбринк П.А. Оптимизация транспортных сетей. М. Транспорт. 1981
4. Wang B.-H., Wang L., Hui P.M., Hu B. Analytical results for the steady state of traffic flow models with stochastic delay // *Phys.Rev.E.* 1998. V.58. p.2876-2882.