

М.Р. ЯКИМОВ



ТРАНСПОРТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

СОЗДАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ
МОДЕЛЕЙ ГОРОДОВ

УДК 654.1/5(470.53-25)

ББК 39.11

Я45

Р е ц е н з е н т ы:

Е.А. Нурминский, профессор кафедры математических методов
в экономике Института математики и компьютерных наук

Дальневосточного федерального университета, д.ф.-м.н,

О.Н. Ларин, заведующий кафедрой «Эксплуатация автомобильного
транспорта» Южно-Уральского государственного университета, д.т.н.

Я45 Якимов М.Р.

Транспортное планирование: создание транспортных
моделей городов: монография / М.Р. Якимов. – М.: Логос,
2013. – 188 с.

ISBN 978-5-98704-729-3

В монографии последовательно рассмотрены все этапы создания и функционирования прогнозной транспортной модели города. Каждый шаг создания модели представлен как часть общей структурной схемы ее работы, представленной в виде связи исходных данных и набора определяющих соотношений. Подробно рассмотрены особенности построения модели транспортного спроса и транспортного предложения. Особое внимание уделено методам и технологиям калибровки транспортной модели. Приведены основные оценочные параметры качества транспортных моделей и способы их получения.

Книга предназначена для специалистов в области транспортного планирования, моделирования и организации движения, проектировщиков, студентов, аспирантов и преподавателей транспортных вузов и специальностей. Положения книги реализованы в процессе построения и работы транспортных моделей ряда российских городов и регионов.

УДК 654.1/5(470.53-25)

ББК 39.11

ISBN 978-5-98704-729-3

© Якимов М.Р., 2013

© Логос, 2013

Содержание

Предисловие.....	7
Введение	10

Раздел 1. ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ПРОГНОЗНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ МОДЕЛЕЙ ГОРОДОВ

1.1. Теоретико-прикладные основы транспортного моделирования.....	13
1.2. Мировой опыт создания прогнозных моделей. Современные инструменты моделирования	17
1.3. Структурная схема прогнозной транспортной модели.....	24

Раздел 2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОГНОЗНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ МОДЕЛЕЙ

2.1. Исходные данные для создания модели транспортного спроса	31
2.1.1. Исходные статистические данные. Источники и методики расчета.....	31
2.1.1.1. Население и трудящееся население	31
2.1.1.2. Рабочие места	32
2.1.1.3. Рабочие места в сфере услуг	32
2.1.1.4. Количество студентов и учебных мест.....	36
2.1.1.5. Количество школьников и учебных мест в школах.....	44
2.1.2. Исходные данные функционирования транспортной системы. Методики сбора данных.....	49
2.1.2.1. Сбор исходных данных об интенсивности транспортных потоков	49
2.1.2.2. Сбор данных о пассажирских потоках	70
2.1.3. Исходные данные о транспортной подвижности населения	75

2.2. Исходные данные для создания модели транспортного предложения.....	78
2.2.1. Исходные данные для создания модели транспортного предложения индивидуального транспорта.....	78
2.2.1.1. Создание геометрии улично-дорожной сети	78
2.2.1.2. Исходные данные о существующей организации дорожного движения	80
2.2.2. Исходные данные для создания модели транспортного предложения общественного транспорта.....	82

Раздел 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО СПРОСА.....

3.1. Расчет транспортного спроса	87
3.1.1. Генерация транспортного спроса. Сегменты и слои транспортного спроса	87
3.1.2. Распределение транспортного спроса.....	90
3.1.3. Выбор режима	99
3.1.4. Перераспределение транспортного спроса	102
3.1.4.1. Перераспределение индивидуального транспорта	102
3.1.4.2. Перераспределение общественного транспорта	106
3.2. Модели транспортной подвижности населения. Определение объема внешних трудовых корреспонденций.....	108
3.2.1. Определение среднегодовых объемов внешних трудовых корреспонденций по натурным данным	108
3.2.2. Восстановление матрицы корреспонденций для внешних трудовых корреспонденций	111

Раздел 4. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ПРЕДЛОЖЕНИЯ.....

4.1. Состав транспортного предложения.....	112
4.1.1. Транспортное предложение индивидуального транспорта	112
4.1.2. Транспортное предложение общественного транспорта..	114
4.2. Транспортное предложение на различных этапах расчета прогнозной транспортной модели.....	117
4.2.1. Транспортное предложение на этапе распределения и выбора режима	117
4.2.1.1. Индивидуальный транспорт	117
4.2.1.2. Общественный транспорт	118
4.2.1.3. Использование матриц затрат	118
4.2.2. Транспортное предложение на этапе перераспределения	119
4.2.2.1. Индивидуальный транспорт	119

4.2.2.2. Общественный транспорт.....	123
Раздел 5. ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ГРУЗОВОГО ТРАНСПОРТА.....	124
Раздел 6. ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ПИКОВОЙ ЗАГРУЗКИ	127
Раздел 7. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ТРАНСПОРТНЫХ МОДЕЛЕЙ.....	130
Раздел 8. МЕТОДЫ ВЕРИФИКАЦИИ И КАЛИБРОВКИ ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ	132
8.1. Этапы и последовательность калибровки транспортной модели города	132
8.2. Верификация и калибровка транспортного спроса.....	137
8.3. Верификация и калибровка транспортного предложения	142
8.3.1. Задание максимальной натурной пропускной способности перегонов.....	142
8.3.2. Калибровка модели индивидуального транспорта	144
8.3.3. Калибровка модели общественного транспорта	144
Раздел 9. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ	146
Раздел 10. ВОЗМОЖНОСТИ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ	151
Раздел 11. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНЫХ МОДЕЛЕЙ	159
11.1. Взаимодействие разных видов транспортных моделей.....	160
11.2. Взаимодействие прогнозных транспортных моделей и интеллектуальных транспортных систем (ИТС)	161
ПРИЛОЖЕНИЯ	163

Приложение 1. Методика сбора данных о суточной интенсивности транспортных и пешеходных потоков	165
Приложение 2. Методика сбора данных о пассажирообороте на остановочных пунктах городского пассажирского транспорта общего пользования	172
Приложение 3. Методические указания по сбору данных о работе светофорных объектов	175
Заключение	184
Список литературы.....	185

Раздел 1

Основы создания прогнозных транспортных моделей городов

1.1. Теоретико-прикладные основы транспортного моделирования

Известно, что слово «модель» происходит от латинского *Modulus* – мерка и означает:

1. Миниатюрная копия предмета;
2. Образец какого-либо предмета;
3. Тип, марка изделия;
4. Чертеж или образец, наглядно демонстрирующий строение и действие какого-либо объекта или процесса и т.д. [1].

В процессе исследований модель – это отображение, аналог явления или процесса в основных, существенных для целей исследования чертах. Процесс создания модели называется моделированием. Модель должна так учитывать все взаимосвязи, закономерности и условия, чтобы на ее основе можно было выполнить эксперименты, цель которых – определение «поведения» объекта моделирования в различных возможных (часто наблюдаемых в действительности) условиях [2].

Любые модели только отчасти воспроизводят объект исследования или какое-либо явление (процесс). Модель, например, физическая или геометрическая, полностью воспроизводящая свойства моделируемого объекта, называлась бы тогда копией моделируемого объекта.

Модель – это специально создаваемый искусственный объект, на котором воспроизводятся вполне определенные характеристики исследуемого объекта с целью его изучения, а **моделирование** – вполне определенное конкретное отображение рассматриваемых характери-

стик изучаемого объекта в целях его исследования. Построение модели часто продиктовано экономической целесообразностью, т.е. попыткой получить максимально полное представление об объекте или процессе, не создавая его в натуре.

Моделирование является важным инструментом научной абстракции, позволяющим выделить и проанализировать существенные для исследования свойства, взаимосвязи, структурные, функциональные параметры.

По самой своей природе математические методы могут применяться не непосредственно к изучаемой действительности, а лишь к математическим моделям того или иного круга явлений или проблем [3, 4]. Математическое моделирование является наиболее совершенным и вместе с тем наиболее эффективным методом моделирования. Именно этот путь моделирования открывает возможности для применения средств математического анализа.

Естественно, результаты исследования модели будут иметь практический интерес, если сама модель достаточно адекватна рассматриваемому явлению, то есть достаточно хорошо отображает реальную ситуацию.

Для более точного описания действительности приходится строить несколько моделей, учитывающих различные стороны рассматриваемого явления, т.е. порой целесообразнее построить несколько моделей одного и того же объекта или явления, чем пытаться построить одну, наиболее полно описывающую этот процесс модель.

В дальнейшем на этапе поиска алгоритма решения модели такой подход вдвойне оправдан.

Степень совершенства математических моделей, применяемых в той или иной науке, математический аппарат, используемый для их исследования, в известной мере характеризуют уровень развития науки.

Адекватность модели является в какой-то мере условным понятием, т.к. полного соответствия модели реальному объекту быть не может. Чаще имеется в виду не просто адекватность, а только лишь соответствие модели оригиналу по тем свойствам, которые считаются существенными для исследования рассматриваемого явления.

Главная задача всех математических моделей – заглянуть в будущее. Заглянуть в то время, когда моделируемого объекта еще нет, либо создать условия, в которых этот объект еще не был.

Среди всего разнообразия математических моделей, практически применяемых на сегодняшний день для анализа транспортных сетей городов и регионов, можно выделить три основные группы моделей:

- 1) прогнозные;
- 2) имитационные;
- 3) оптимизационные модели.

В свою очередь каждой группе моделей можно поставить в соответствие определенный круг решаемых задач. В нашем случае это будут задачи:

- транспортного планирования;
- организации дорожного движения;
- оптимизации перевозочного процесса.

Также каждая группа имеет свой объект исследования и соответствующий этому объекту набор степеней свободы. Соответственно, в этом случае в качестве таких объектов будут выступать:

- транспортный поток;
- транспортное средство;
- пассажиропоток;
- формализованный параметр оптимизации (цель).

Моделирование дает возможность наглядно изобразить комплексные процессы деятельности транспорта, прогнозировать перераспределение транспортных потоков в результате внешних воздействий на участки улично- дорожной сети (УДС), таких как:

- строительство новых участков сети;
- реконструкция (расширение) участков сети;
- закрытие отдельных участков сети;
- изменения условий движения в сети;
- изменение маршрутной сети и расписаний движения общественного транспорта (ОТ).

Прогнозные модели предназначены для моделирования объемов транспортной работы в сетях при известном размещении потокообразующих объектов города. При помощи прогнозных моделей можно прогнозировать последствия изменений в транспортной сети города, происходящие либо в процессе изменения транспортного спроса, либо в процессе изменения транспортного предложения. Модели этого типа применяются для поддержки решений в области транспортного планирования города, для анализа последствий тех или иных альтернативных проектов развития транспортной сети и др.

Прогнозные модели в свою очередь можно разделить также на две группы по основным задачам прогнозирования:

- прогнозирование во времени;
- прогнозирование в пространстве.

Группы моделей подчиненно связаны друг с другом. Прогнозы интенсивности движения транспорта являются исходными данными для последующей имитации этого движения во времени. Имитация, в свою очередь, порождает видимую потребность в оптимизации того или иного транспортного процесса. Такая связь моделей различных групп и назначений позволяет говорить о некоторой модельной основе, так или иначе необходимой при создании каждой из них и объединяющей их одним термином – транспортная модель города.

Прогнозные и имитационные модели в своих алгоритмах уже учитывают основные определяющие предпочтения всех участников дорожного движения при выборе маршрутов движения по сети. Задача прогноза загрузки транспортной сети обычно состоит в расчете усредненных характеристик движения, таких как объемы межрайонных передвижений, интенсивность потока, распределение автомобилей и пассажиров по путям движения и др.

В отличие от этого имитационное моделирование ставит своей целью воспроизведение всех деталей движения, включая развитие процесса во времени. При этом усредненные параметры транспортных потоков и их распределение по различным путям движения считаются известными и служат исходными данными для этих моделей.

Таким образом, прогноз интенсивности и имитационное моделирование являются дополняющими друг друга направлениями. Имитационные модели позволяют оценить скорости движения, задержки на перекрестках, длины и динамику образования «очереди» или «заторов» и другие характеристики движения. Применение таких моделей целесообразно при разработке проектов организации дорожного движения, оптимизации светофорных циклов регулирования и т.п.

Решая задачу совершенствования организации дорожного движения в отдельном элементе улично-дорожной сети города, нельзя ориентироваться только на существующие объемы движения в этом элементе. Изменения в транспортном предложении неминуемо повлекут изменение спроса на этот участок сети у других участников дорожного движения. Для решения задачи организации дорожного движения на отдельном элементе или узле может быть использована имитационная модель.

С другой стороны, улучшение условий проезда по данному участку может привести к тому, что большее количество водителей будет выбирать маршруты проезда с использованием этой улицы. Это, в свою очередь, приведет к ослаблению нагрузки на другие участки сети и к дальнейшему перераспределению потоков.

Таким образом, возникает задача получения нового прогноза распределения транспортных потоков по городу, которое установится после проведения данного мероприятия. И эта задача реализуется уже при помощи прогнозных моделей. А далее новое распределение транспортного движения по сети и изменившиеся нагрузки и объемы движения на этом конкретном участке также потребуют корректировок организации дорожного движения, настройки работы светофорных объектов. И такая последовательность операций может повторяться бесконечно.

В предлагаемой книге особое внимание уделяется последовательному разбору создания и принципам функционирования прогнозных транспортных моделей на отдельных шагах и стадиях. Все этапы соз-

дания и последующие шаги по верификации и оценке качества функционирования транспортной модели будут рассмотрены на примере транспортной модели города Перми.

Транспортная модель города Перми была создана автором в 2008 г. Накопленный за это время опыт разработки модели и последующей ее актуализации и калибровки позволил сформировать стройную и последовательную стратегию создания подобных моделей, которая представляет самостоятельную научную ценность.

1.2. Мировой опыт создания прогнозных моделей. Современные инструменты моделирования

Сложившийся подход к решению задач транспортного планирования и организации дорожного движения обычно заключается в создании программ мониторинга состояния и условий движения на улично-дорожной сети городов. В дальнейшем на основе данных мониторинга строятся статистические модели, описывающие изменение состояния транспортной системы во времени и влияние транспортной системы на состояние жизни в городах. На основе этих моделей делаются попытки прогнозирования поведения транспортной системы во времени. Но огромное число факторов помимо основных – интенсивности и скорости транспортных потоков – делает эту задачу почти невыполнимой.

Для построения некоей стационарной усредненной модели поведения и функционирования УДС города требуются значительные по времени наблюдения за состоянием движения. После чего можно описать это поведение математически и постараться учесть максимальное количество факторов, влияющих на это поведение. Но жизнеспособность таких моделей во времени ничтожна. С таким трудом построенная модель работы городской транспортной системы города полностью разрушается при сколь угодно малом изменении транспортного предложения в системе. Например, организации движения или строительстве новых элементов сети.

Движение транспортных потоков, описываемое рядом сравнительно легко получаемых параметров этого движения, само по себе не несет практически никакой информации для целей последующего моделирования этих процессов. Возникает вопрос о целях моделирования.

Значимость модели можно оценить только прикладным характером такого инструмента, как модель. Построив модели поведения производных величин, мы не получим инструмент для реализации управленческих решений по воздействию на систему в целом, не зная

первообразной, причин и внутренних законов функционирования системы.

Главная задача всех математических моделей – заглянуть в будущее, в то время, когда моделируемого объекта еще нет, либо создать условия, в которых этот объект еще не был.

Как уже было упомянуто выше, можно выделить три основные группы транспортных моделей: прогнозные модели, имитационные модели, оптимизационные модели.

И каждой группе моделей можно поставить в соответствие определенный круг решаемых задач. В нашем случае это будут задачи: транспортного планирования, организации дорожного движения, оптимизации перевозочного процесса.

Моделирование дает возможность наглядно отобразить комплексные процессы деятельности транспорта, прогнозировать перераспределение транспортных потоков в результате внешних воздействий на участки УДС, таких как: строительство новых участков сети, реконструкция (расширение) участков сети, закрытие отдельных участков сети, изменения условий движения в сети.

Основываясь на результатах наблюдений за действующей УДС, можно выявить только несбалансированность сети и устранить эту несбалансированность, при этом уделяя внимание не узким (проблемным) местам, а исключительно поискам резервов и разработке мероприятий по их задействованию, что чаще всего решается средствами организации дорожного движения.

Отсюда следует вывод: слабое место на УДС – это тот ее участок, где есть резервы в использовании пропускной способности, а следовательно, риски в дорожном планировании (проектировании и строительстве) в первую очередь связаны с недополученной транспортной работой при реализации дорожного проекта.

И эта ошибка в принятии решений почти всегда является неустрашимой, в отличие от проектов, в результате реализации которых достигается большая транспортная работа даже при значительных транспортных издержках.

Прогнозные модели предназначены для моделирования объемов транспортной работы в сетях при известном размещении потокообразующих объектов города.

При помощи этих моделей можно прогнозировать последствия изменений в транспортной сети города. Модели этого типа применяются для поддержки решений в области транспортного планирования города, для анализа последствий тех или иных мер по организации движения, при выборе альтернативных проектов развития транспортной сети и др.

Транспортные модели, основанные на принципах компьютерного моделирования распределения транспортных потоков, впервые соз-

даны в 1960 г. в Великобритании. Постепенно транспортные модели становятся востребованными и в российских городах.

В настоящее время в России сформировалось более десяти коллективов, которые с успехом используют отечественные и зарубежные пакеты прикладных программ для решения статических и динамических задач транспортного планирования и организации дорожного движения в городах.

Большинство исследователей решает частные, локальные задачи на отдельных участках УДС, и лишь немногие задумываются об оценке эффективности транспортной системы в целом, влияющей на качество жизни, с учетом эволюции транспортной системы. Такие исследования очень важны не столько для решения текущих проблем по борьбе с транспортными заторами, сколько для выработки научно обоснованной стратегии развития транспортных систем городов на перспективу с учетом изменения транспортной мотивации людей под влиянием различных факторов, прежде всего связанных с изменением их потребностей.

Современные транспортные модели и сейчас используют основные определяющие соотношения поведения людей в процессе удовлетворения их транспортных потребностей, выведенные во второй половине XX в. Однако бурное развитие вычислительных мощностей современных компьютеров позволило за последние 20 лет в десятки раз ускорить основные вычислительные процедуры, существенно уточнить и детализировать модели транспортных сетей городов, учесть в расчетах гораздо большее количество различных факторов, определяющих поведение современных участников дорожного движения.

К настоящему времени созданы транспортные модели всех крупных городов мира. В США созданы модели всех городов с населением более 1 млн. жителей. В Германии и Нидерландах свои транспортные модели имеет каждый город с населением более 100 тыс. человек.

С помощью коммерческих программных комплексов построены транспортные модели в таких городах, как Нью-Йорк, Лос-Анджелес, Лондон, Париж, Милан и другие. Построена модель транспортной сети почти всей Европы от границ СНГ до Атлантического океана (рис. 1.1).

Самой подробной (с наибольшим количеством элементов) транспортной моделью в мире является транспортная модель Германии (рис. 1.2), выполненная в PTV Vision® VISUM. Кроме того, разработана транспортная модель Швейцарии (рис. 1.3), включающая также соседние страны Европы в качестве внешних районов.

За последние годы несколько российских городов закончили создание своих транспортных моделей и уже успешно их эксплуатируют

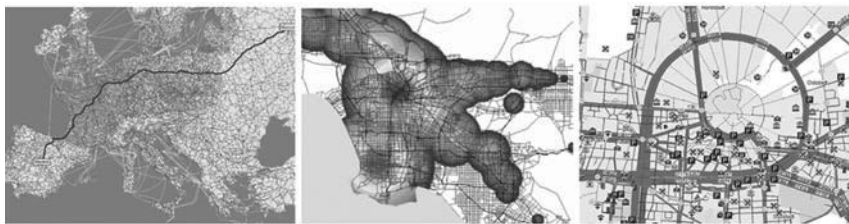


Рис. 1.1. Фрагменты транспортных моделей Европы, городов Лос-Анджелес (США) и Карлсруэ (Германия)

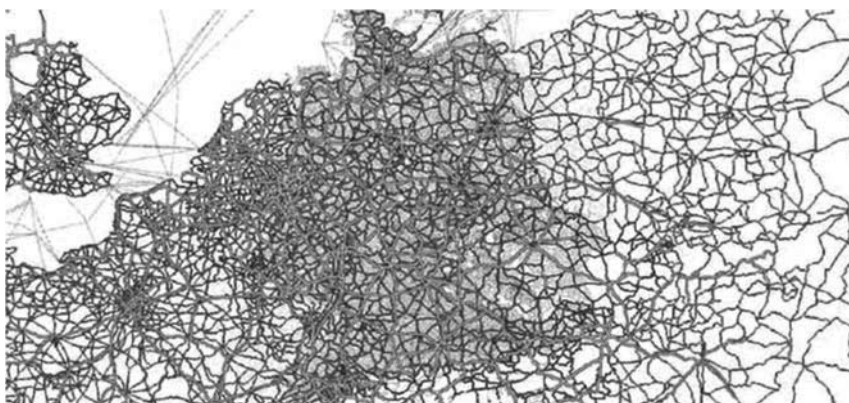


Рис. 1.2. Транспортная модель Германии

(рис. 1.4 и 1.5). Среди этих городов Москва, Санкт-Петербург, Пермь, Самара, Томск, Астрахань, Барнаул, Вологда.

Найденные еще в прошлом веке закономерности перераспределения транспортных потоков по улично-дорожной сети городов в настоящее время достаточно подробно алгоритмизированы, запрограммированы и превращены в коммерческие программные продукты.

Все созданные программные продукты, как и сами транспортные модели, можно разделить по назначению и типу решаемых задач на несколько классов. Однако производители программных продуктов в области транспортного моделирования и прогнозирования в условиях жесткой конкуренции на рынках программного обеспечения стремятся унифицировать свои продукты, создавая целые программные комплексы, охватывающие решение задач различного назначения и использующие транспортные модели разных классов.

Чаще в единые программные комплексы объединяются инструменты, реализующие задачи и работающие с моделями первого и второго класса, т.е. в области транспортного планирования и организации до-



Рис. 1.3. Транспортная модель Швейцарии

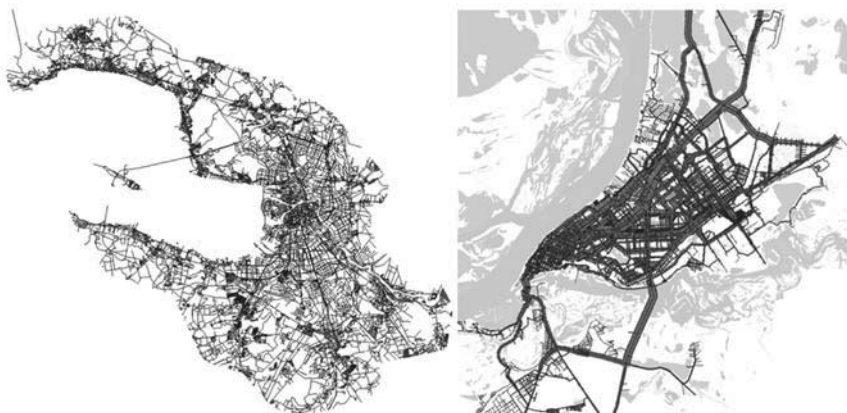


Рис. 1.4. Транспортные модели Санкт-Петербурга и г.о. Самара

рожного движения. Для простоты восприятия назначения отдельных модулей программных комплексов производители используют классификацию, определяющую степень детализации модели и геометрические размеры моделируемых систем.

Различают программные продукты макро- и микро- уровня моделирования.



Рис. 1.5. Транспортные модели российских городов: Астрахань, Томск, Барнаул, Вологда

В настоящий момент в мире только формируется рынок программных продуктов в области транспортного планирования (макро-моделирования) и организации движения (микро-моделирования). Одной из первых и наиболее известной в прошлом программ, реализующих четырехшаговую процедуру прогнозирования загрузки транспортных сетей, была программа ЕММЕ/2. Аббревиатура ЕММЕ/2 расшифровывается как «Equilibre Multimodal, Multimodal Equilibrium», что означает «Мультимодальное Равновесие».

Впервые транспортные модели в ЕММЕ/2 созданы в Канаде и в Финляндии. ЕММЕ/2 была разработана как интерактивно-графическая гибкая среда моделирования для городского и регионального транспортного планирования. Успешным результатом построения мультимодальной транспортной модели для большого города служит модель, построенная для Монреаля (Канада). Именно для этого города был разработан и впервые применен программный комплекс ЕММЕ/2.

Не так давно на российском рынке почти одновременно появились две системы моделирования движения: *Vissim+Visum* (PTV Vision) и *Aimsun NG* (TSS). По своим возможностям и области решаемых за-

дач они практически идентичны и объединяют в себе полный пакет программного обеспечения для планирования, анализа и организации транспортного движения.

Наиболее широко на Российском рынке представлены программные продукты компании PTV AG – *ptv vision*® *VISUM* и *ptv vision*® *VISSIM*. Программные продукты этой компании представляют единый программный комплекс, реализующий задачи макро- и микро-моделирования транспортных систем.

Например, *ptv vision*® *VISUM* объединяет в себе полный пакет программного обеспечения для планирования, анализа и организации транспортного движения, он позволяет отображать все виды индивидуального и общественного транспорта в единой модели.

Область применения PTV Vision® обширна: от подготовки проектов организации и анализа схем движения на перекрестках и развязках до исследований комплексных транспортных систем городов и регионов, включая создание перспективных интегрированных транспортных концепций для индивидуального и общественного транспорта. Одновременно с этим PTV Vision® решает задачи оперативного и стратегического транспортного планирования.

Благодаря многообразию функций PTV Vision® круг его пользователей очень широк и разнообразен. К нему относятся проектировщики, чиновники транспортных министерств и ведомств, инженерные компании, транспортные управления, управления железных дорог и многие другие.

Уже сегодня специалисты более чем в 70 странах мира применяют PTV Vision®, а это свыше 1100 различных организаций. Пакет программ PTV Vision® привлекают для решения проблем моделирования транспортных систем такие города России, как Санкт-Петербург (ЗАО «Петербургский НИПИГрад», комитет по транспорту), Томск (Томский государственный архитектурно-строительный университет), Иркутск (Иркутский государственный технический университет).

В модуле *VISUM* PTV Vision® реализован первый уровень моделирования – макро-моделирование, в котором объектом моделирования является транспортный поток. Основными пользователями данного модуля *VISUM* PTV Vision® являются городские и федеральные департаменты и комитеты по транспорту, транспортные компании-перевозчики, транспортные компании, предоставляющие услуги общественного транспорта, компании, специализирующиеся на транспортном консультировании, а также вузы.

Областью применения PTV Vision® *VISUM* является разработка комплексных транспортных схем городов и регионов, планирование городского строительства, разработка схем перевозок, в том числе мультимодальных. Осуществляется планирование и контроль деятельности для транспортных предприятий, объединений и исполните-

лей заказов. Производится планирование рентабельности общественных пассажироперевозок с учетом требований пассажиров.

На сегодняшний день в мире существует также и множество специальных систем для микро-моделирования транспортных потоков, например, VISSIM, TRANSIMS, PARAMICS, EMME/2, SATURN.

1.3. Структурная схема прогнозной транспортной модели

Из всего разнообразия типов транспортных моделей подробнее остановимся на моделях, используемых в транспортном планировании городов. В отличие от задач организации дорожного движения, где находят широкое применение имитационные модели движения транспорта, в транспортном планировании используются прогнозные модели, оперирующие макроскопическими параметрами, описывающими транспортный поток. Такими параметрами являются: скорость транспортного потока, интенсивность транспортного потока, интенсивность пассажиропотоков.

Основой моделирования городских транспортных систем обычно является задача реализации пассажирских транспортных корреспонденций, доля которых в общем объеме транспортного движения крупного города составляет 85–95%.

Транспортная модель в целом представляет собой программный комплекс, состоящий из информационных и расчетных блоков. Информационные блоки составляют единую базу данных, предназначенную для хранения и обработки информации, необходимой для прогноза транспортных потоков. Расчетные блоки реализуют алгоритмы решения задач математического программирования, ориентированных на прогноз потребности в передвижениях и расчет реализующих ее транспортных потоков.

Любая математическая модель функционирования транспортной сети основывается на большом объеме исходных данных, получение которых вызывает серьезные затруднения. И это, в первую очередь, является основной трудностью на пути создания транспортных моделей крупных городов. Очевидно, что сбор исходных данных представляет собой наиболее трудоемкий и продолжительный по времени этап при построении транспортных моделей.

Алгоритм каждой из известных групп транспортных моделей в конечном итоге решает задачу о степени соответствия существующего транспортного спроса имеющемуся транспортному предложению. Исходя из этого и создание основы модели, и наполнение ее исходными данными можно разделить на два независимых друг от друга этапа –

это создание транспортного предложения и создание (расчет) транспортного спроса.

На заключительном этапе, когда имеются сформированные и формализованные параметры транспортного спроса и предложения, задача сводится к совершенствованию алгоритмов распределения транспортного спроса по существующему транспортному предложению и калибровке модели по собранным натурным данным, характеризующим основные параметры транспортного движения на действующей в текущий момент сети.

При этом формализация параметров, характеризующих существующее состояние дорожно-транспортного комплекса, будет являться первым этапом в создании транспортной модели города – это создание транспортного предложения. Второй этап в построении модели – создание или расчет транспортного спроса – представляет собой куда более сложную и трудоемкую задачу.

Схематично структура основных составляющих прогнозной транспортной модели представлена на рис. 1.6.

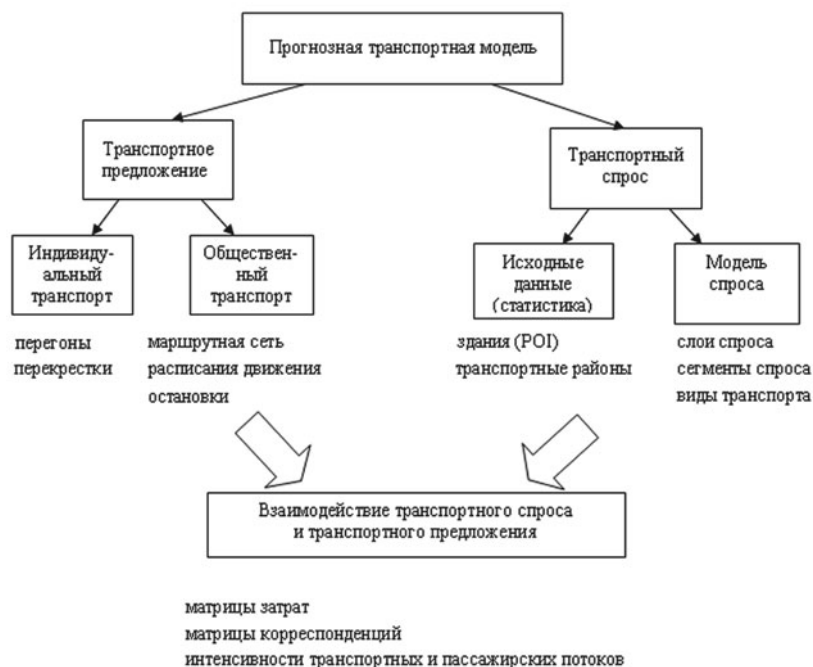


Рис. 1.6. Структура основных составляющих прогнозной транспортной модели