

УДК 656.11

**ТРАНСПОРТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. ЧЕТЫРЕХШАГОВЫЙ АЛГОРИТМ
ТРАНСПОРТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ****Е.С. ЦАРЬКОВА***(Представлено: М.В. СЕМЕНЧЕНКО)*

Аннотация: в данной статье указаны статистические данные для Республики Беларусь по росту числа автомобилей, принцип работы четырехшагового алгоритма транспортного моделирования, программные продукты, применяемые в транспортном моделировании.

В связи с возрастающим объемом передвижений пешеходов и транспортных средств существует необходимость в моделировании и дальнейшем прогнозировании транспортной инфраструктуры. Предварительное транспортное моделирование помогает оценить, как будет работать транспортное сооружение до рабочего проектирования и строительства. Также помимо роста объема передвижений растет и количество автомобилей имеющихся в собственности граждан (рис.1). Как видно из графика количество легковых автомобилей за 20 лет увеличилось в два раза.



**Рисунок 1. – Наличие транспортных средств в личной собственности граждан
(по данным Министерства внутренних дел Республики Беларусь)**

Всего можно выделить три уровня транспортного моделирования:

- Микроскопический уровень – моделирование нескольких пересечений на уровне транспортного средства.
- Мезоскопический уровень – моделирование сети на уровне транспортного средства.
- Макроскопический уровень – моделирование сети на уровне потоков.

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.

Для транспортного моделирования используются следующие программные продукты:

- «PTV Vision® VISUM» - стратегическое планирование дорожной инфраструктуры (Германия);
- «PTV Vision® VISSIM» – микромоделирование – оценка текущего и проектного состояний организации дорожного движения (Германия);
- «СВЕТОФОР» – расчет режима регулирования и задержек светофорных объектов (Иркутск, РФ);
- MXURBAN – реконструкция и ремонт городских улиц и дорог с учетом инженерных сетей;
- «AIMSUN» (Испания), Civil 3D, Credo, Robur, и др.

Данные программные продукты различаются уровнем проектирования и некоторыми характерными особенностями. Наиболее удобным из всех перечисленных является VISUM/VISSIM PTV Vision®. VISUM/VISSIM PTV Vision® - это пакет программ, который использует в своей основе современные математические инструменты, программные продукты в данном пакете интегрированы между собой. Также сильной стороной является успешное применение этих программ для анализа транспортных проектов международных мероприятий.

При построении транспортной модели наиболее трудоемкий и продолжительный по времени этап при построении транспортных моделей – сбор исходных данных.

В конечном итоге алгоритм решает основную задачу в соответствии с существующим спросом и имеющимся транспортным предложением. Таким образом можно выделить два основных этапа: транспортный спрос и транспортное предложение.

При сформированных параметрах транспортного спроса и предложения необходимо усовершенствовать алгоритм распределения транспортного спроса по транспортному предложению и откалибровать модель по собранным натурным данным, которые характеризуют основные параметры транспортного движения.

В первую очередь необходимо сформировать транспортное предложение, далее необходимо создать или рассчитать транспортный спрос.

Транспортное предложение - совокупность данных о транспортной инфраструктуре моделируемой территории. Включает информацию о расположении и протяженности автомобильных дорог и их характеристиках, железнодорожных путей, сетей других видов транспорта, информацию о подвижном составе, расписании движения общественного транспорта, расположении остановок общественного транспорта и организации дорожного движения на перекрестках.

Транспортное предложение - это набор имеющихся в распоряжении городского сообщества средств транспортировки.

Транспортное предложение отображает маршрутную сеть всех видов транспорта:

- Пешеходное движение
- Индивидуальный автомобильный транспорт
- Общественный транспорт
- Другие виды транспорта (водный, велосипедный, железнодорожный)

Транспортное предложение даёт представление о возможностях существующей транспортной инфраструктуры планируемой территории с требуемой степенью точности. Степень детализации данных о транспортном предложении исходя из объекта моделирования и круга задач транспортного планирования.

Исходные данные для создания модели транспортного предложения:

1. Исходные данные для создания модели транспортного предложения индивидуального транспорта.

1.1. Создание геометрии улично-дорожной сети

Транспортное предложение индивидуального транспорта состоит из перекрестков (узлов) и участков дорог между перекрестками (перегонов). Для сбора данных о перекрестках и перегонах необходимы геоинформационные системы (ГИС).

1.2. Исходные данные о существующей организации дорожного движения.

Необходимыми данными в организации дорожного движения являются количество полос движения, пропускная способность перегона и скоростной режим на участке УДС, также для перекрестков необходимо провести учет светофорного регулирования с направлениями и продолжительность фаз.

Источники исходных данных для задания параметров УДС:

- Проекты по организации дорожного движения
- Панорамные видеосъемки

На основе данных о видеосъемках можно посчитать количество полос движения.

1.3. Светофорное регулирование

Исходными данными о направлении движения и фазах светофорного регулирования служат паспорта светофорных объектов и натурный сбор данных о светофорном регулировании.

2. Исходные данные для создания модели транспортного предложения общественного транспорта.

2.1 Информация о действующей маршрутной сети городского пассажирского транспорта общего пользования (ГПТОП).

Маршрутная сеть ГПТОП состоит из:

- Остановочных пунктов и маршрутов движения городского пассажирского транспорта общего пользования.

- Расписание движения маршрутов городского пассажирского транспорта общего пользования.

Транспортный спрос количественно и качественно определяет потребность жителей города в перемещении.

Исходные данные для создания модели транспортного спроса:

- Исходные статистические данные.
 - ✓ Население и трудящееся население.
 - ✓ Рабочие места и рабочие места в сфере услуг.
 - ✓ Количество студентов и учебных мест.
 - ✓ Количество школьников и учебных мест в школах.
- Исходные данные о функционировании транспортной системы.
 - ✓ Данные об интенсивности транспортных потоков.
 - ✓ Данные о пассажирских потоках.
 - ✓ Данные о пассажиропотоке на маршрутах городского пассажирского транспорта общего пользования (ГПТОП);
 - ✓ Данные о пассажирообороте на остановочных пунктах ГПТОП.
- Исходные данные о транспортной подвижности населения.

Расчет прогноза в такой транспортной модели осуществляется по четырехшаговому алгоритму, вследствие чего такие прогнозные транспортные модели называют «четырёхшаговыми». Классическая четырехшаговая модель, позволяющая определить транспортный спрос на основе данных о распределении жителей, рабочих и учебных мест, а также рабочих мест в сфере обслуживания по транспортным районам города. В создании и последующей работе такой модели можно выделить четыре этапа (шага):

1. Генерация спроса (Trip Generation)
2. Распределение спроса (Trip Distribution)
3. Выбор режима (Mode Choice)
4. Перераспределение (Traffic Assignment)

Генерация спроса. При построении модели транспортного спроса необходимо исследуемую территорию представить из набора областей, они называются транспортными районами. Каждому району требуется присвоить свой номер и уникальную конфигурацию, которая повторяет элементы городской среды.

Распределение спроса (Trip Distribution). Исходными данными для решения задачи распределения спроса являются

- матрицы затрат,
- потоки источника/цели (истоки/стоки) для районов по слоям спроса,
- необходимое для калибровки модели транспортного спроса среднее время поездки.

На первом этапе моделирования определяются величины корреспонденций различных типов между транспортными районами, на которые разбита моделируемая территория. Для расчета используется модель максимизации энтропии, позволяющая определять наиболее вероятные значения корреспонденций.

Подход в расчете матриц корреспонденций основан на эквивалентности трех теоретических концепций, которые используются для обоснования методов моделирования распределения транспортного спроса:

- гравитационного,
- энтропийного,
- байесовского подходов.

Эквивалентность означает, что три указанных подхода приводят к одному и тому же практическому итерационному методу расчета элементов матрицы корреспонденций.

Выбор режима (Mode Choice). После получения матриц корреспонденций по слоям спроса, необходимо разделить эти матрицы по режимам движения. Режим движения будет определять способ реализации корреспонденции – на индивидуальном или на общественном транспорте.

Перераспределение (Assignment). После того, как получены матрицы корреспонденций по слоям спроса, они разделяются на виды транспорта, которыми они будут реализованы. Необходимо провести перераспределение полученных матриц корреспонденций по транспортному предложению для выбора того или иного пути.

Заключение. Транспортное моделирование позволяет прогнозировать ситуацию по разным параметрам. Итогом выполнения четырехшагового алгоритма после перераспределения являются матрицы затрат для общественного и индивидуального транспорта, далее итерация возвращает к пересчету взвешенной матрицы затрат и распределению спроса. Распределение спроса и является конечной задачей транспортного моделирования.

Итогом результата работы является рассчитанные интенсивности транспортных потоков индивидуального транспорта, пассажиропотоки на общественном транспорте, скорости движения транспортных потоков и т.д.

Все значения связаны с улично-дорожной сетью города и в итоге их можно использовать для принятия управленческих решений в сфере транспортного планирования и организации дорожного движения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Якимов М.Р. Транспортное планирование: Создание транспортных моделей городов / М.Р. Якимов. – М.: Логос, 2013. – 188 с.
2. Общий алгоритм работы четырехшаговой транспортной модели: сб. науч. Ст. /Вестник ИрГТУ №1 (48). – Иркутск, 2011. – 343.
3. Постнов С.Н. Методика построения матрицы корреспонденций новых планируемых районов // Международная конференция «Современные технологии стратегического и оперативного транспортного планирования PTV Vision®»: тез. докл. 6-ой МК. С-П., 2010. С. 19-20.