

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Составитель
Е. М. Вахьянов

ТЕОРИИ И МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Методические материалы

Рекомендовано учебно-методической комиссией
направления подготовки 08.04.01 Строительство,
профиль Автомобильные дороги,
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2019

Рецензенты:

Шаламанов В. А. – профессор кафедры автомобильных дорог

Шабаев С. Н. – председатель учебно-методической комиссии магистратуры направления 08.04.01 «Строительство», образовательная программа «Автомобильные дороги»

Вахьянов Евгений Михайлович

Теории и модели транспортных потоков: методические материалы [Электронный ресурс] для обучающихся направления подготовки 08.04.01 Строительство, профиль Автомобильные дороги, всех форм обучения / сост. Е. М. Вахьянов; КузГТУ, – Электрон. дан. – Кемерово, 2019. – Систем. требования: Pentium IV; ОЗУ 256 Мб; Windows XP; мышь. – Загл. с экрана.

Составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Теории и модели транспортных потоков» для студентов направления подготовки магистров 08.04.01 «Строительство», образовательная программа «Автомобильные дороги», и предназначены для проведения лабораторных занятий и самостоятельной работы по данной дисциплине. Приведенные методические указания к лабораторным и самостоятельной работам позволяют углубить знания, полученные в ходе аудиторных занятий; способствует закреплению теоретических положений; развивают навыки по практическому применению. Позволяют оценить полученные знания.

© КузГТУ, 2019

© Вахьянов Е. М.,
составление, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа № 1	4
Лабораторная работа № 2.....	11
Лабораторная работа № 3.....	13
Лабораторная работа № 4, 5.....	21
ПОДГОТОВКА ЧЕРТЕЖА К ПЕЧАТИ.....	29
ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	30
Перечень заданий для проведения зачета	30
Задание №1	30
Задание №2	30
Задание №3	30
Задание №4	30
Задание №5	30
Задание №6	30
Задание №7	31
Задание №8	31
Задание №9	31
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК	32

Лабораторная работа № 1

Тема работы: знакомство с программным комплексом.
Создание и редактирование модели улично-дорожной сети города.

Задание:

Используя стандартный набор инструментов программного комплекса Дорожный менеджер-М создать цифровую модель улично-дорожной сети одного из районов г.Кемерово.

Начать работу

Прежде чем работать с транспортной сетью, необходимо ее создать.

Существует два способа создания сети:

Ввод транспортной сети в редакторе TransNet,

Импорт в TransNet информации о транспортной сети из существующих банков данных.

Импорт имеющейся информации о транспортной сети в TransNet, как правило, не представляет большой проблемы. В зависимости от банка данных, информация может быть непосредственно загружена в TransNet, или может потребоваться программирование несложных конверторов. Далее будет описана процедура создания сети с использованием редактора TransNet

Создание новой транспортной сети

Создание сети выполняется командой меню «**Файл | Создать сеть**»

. Открывается стандартный диалог сохранения файла, в котором следует выбрать каталог и ввести имя файла сети (расширение по умолчанию «.tn»).

Одновременно с файлом сети TransNet автоматически создает рабочий каталог сети. Рабочий каталог создается в том же каталоге, что и файл сети. Его название – это название файла сети, к которому добавлено расширение «.w».

На самом деле файл сети является «заголовочным» файлом, а все данные хранятся в служебных файлах рабочего каталога. При переносе файла сети в другой каталог или на другой компьютер нужно обязательно переносить его вместе с рабочим каталогом.

Следующими шагами при создании сети являются:

- Задание общих параметров сети
- Создание подосновы для ввода сети

Общие параметры сети

По команде создания новой сети автоматически открывается диалог, в котором можно задать общие параметры сети. В диалоге на закладке «Общие» следует указать название сети, которое будет отображаться в заголовке окна TransNet.

Далее следует указать границы рабочей области карты в соответствии с предполагаемыми координатами границ транспортной сети. Границы рабочей области задаются на закладке «Границы» в этом же диалоге.

Установка рабочей области не накладывает никаких ограничений на вводимые координаты объектов сети, а просто ограничивает область просмотра в окне карты. В ходе работы эту область можно в любой момент расширять или сужать.

Кроме того, в диалоге можно указать настройки системы автоопределения поворотов, пересадок и связей районов, а также ряд параметров, используемых при расчете цен дуг. Все эти параметры могут быть заданы позже, на соответствующих этапах работы, командой «Сервис | Параметры сети»

Создание подосновы

Для упрощения ввода сети и всей последующей работы полезно иметь «подоснову» для транспортного графа. TransNet поддерживает два типа подосновы – «векторную» и «растровую».

Векторная подоснова – это набор файлов в формате MIF (MapInfo Interchange File), содержащих контуры объектов в плане города, например, контуры улиц и районов, дома, маршруты общественного транспорта. Практически все существующие ГИС работают с файлами MIF или могут экспортировать информацию в формате MIF.

Растровая подоснова – это набор растровых графических файлов Windows (файлов BMP), содержащих отсканированные фрагменты карты.

Как правило, векторная подоснова содержит более точные координаты объектов, и ее предпочтительно использовать для ввода дуг и узлов. Однако растровая подоснова может быть более наглядной при дальнейшей работе с сетью.

Ввод сети в редакторе

На начальном этапе калибровки модели можно не вводить маршруты ОТ, так как загрузку сети ОТ можно приближенно рассчитывать в сетевой форме без маршрутов.

Информация об уличной и внеуличной сети организована иерархически:

- Каталоги линий (улиц),
- Линии (улицы), содержащиеся в каталоге,
- Узлы, составляющие линию.

Следует с самого начала усвоить отличие способа ввода транспортной сети в TransNet от принятого в некоторых других программах. Математическим описанием сети служит транспортный граф, состоящий из узлов и соединяющих их дуг. Обычно этот граф непосредственно редактируется пользователем командами типа «вставить узел», «соединить два узла дугой», «удалить узел или дугу». В TransNet основными элементами ввода являются линии (улицы и линии внеуличного транспорта), понимаемые как упорядоченные наборы узлов, соединенные парами противоположно направленными дуг.

Основные команды редактирования такие: «создать линию», «добавить узел в линию» или «удалить узел из линии».

При добавлении узла в линию необходимо указать его координаты. Если указываются координаты уже существующего узла (вставленного ранее в другую линию), линии начинают пересекаться в этом узле, то есть создается перекресток.

При удалении узла из линии сам узел не исчезает, если через него проходят другие линии. Просто данная линия больше «не проходит» через этот узел. Только при удалении узла из последней содержащей его линии этот узел как объект исчезает из сети. Когда узел добавляется к концу или началу линии, он автоматически соединяется парой дуг с соседним узлом.

При добавлении узла А в середину линии между двумя другими узлами В и С пара дуг ВС, СВ разбивается на две пары ВА, АВ и АС, СА. Новые дуги наследуют параметры исходных дуг. При удалении крайнего узла удаляется также ведущая к нему пара дуг, а при удалении узла из середины линия «спрямляется», то есть две пары дуг заменяются одной парой, соединяющей соседние узлы.

Разделение линий по каталогам может быть совершенно произвольным, однако лучше относить к одному каталогу линии со сходными параметрами и/или объединенные общим расположением или другими признаками:

Последовательность ввода транспортной сети такая:

1. Включить редактор командой «Операции | Редактор сети» и выбрать одну из закладок «УДС» и «внеуличная сеть».

2. Создать один или несколько каталогов и назначить их параметры.

3. Перейти к списку линий каталога (для вновь созданного каталога список пуст) и добавить линии.

4. При добавлении каждой линии сразу перейти к списку узлов этой линии (для вновь созданной линии этот список пуст) и добавить в нее узлы.

Бывает удобно задать интервалы допустимых номеров для уличных и внеуличных узлов. В этом случае при вставке узла редактор будет предлагать список свободных номеров из заданных интервалов (команда «Сервис | Параметры сети | Общие»).

Все команды редактирования собраны в меню «Редактировать»

Также команды редактирования могут вызываться через контекстные меню редактора и контекстные меню объектов на карте.

Создание системы районов

Для создания системы районов прибытия и отправления (ПО) необходимо

- определить границы районов;
- ввести условные центры районов;
- ввести дуги-связи, соединяющие условные центры районов с узлами сети.

Границы районов нужно знать, чтобы определить, какие объекты попадают на территорию района и оценить емкости районов по прибытию и отправлению.

Собственно для расчетов по транспортному графу границы районов не нужны, так как в состав графа входят только условные центры и дуги-связи. Поэтому границы районов не входят в состав необходимой информации для моделирования. В частности, TransNet (в настоящее время) не предоставляет интерфейса ввода

границ районов. Однако, границы районов могут быть загружены в TransNet и нарисованы в окне карты. Для этого нужно ввести эти границы в некоторой сторонней ГИС и сохранить в формате MIF.

Деление территории города на районы имеет двухступенчатую иерархию: вся территория разделяется на зоны ПО, зоны разбиваются на районы ПО. При вводе дуг-связей следует иметь в виду, что это условные дуги, они не соответствуют физическим объектам. Движение по дуге-связи соответствует выходу или выезду из дворов и мелких улиц до попадания в узлы транспортной сети, к которым проведены связи. Соответственно, длина дуги-связи должна соответствовать некоторому усредненному расстоянию, проходимому жителями всего района до попадания в узел сети. Эта длина может существенно отличаться от расстояния между узлом и условным центром района, к которому проведена связь.

Ввод и редактирование районов осуществляется в редакторе сети на закладке «Районы».

Сохранение и открытие сети

По окончании сеанса работы все изменения в сети сохраняются командой меню «Файл | Сохранить».

Одновременно в TransNet может быть загружен только один файл сети, поэтому по команде открытия нового файла сети прежний файл закрывается. Если при выходе из приложения или открытии новой сети в текущей сети имеются не сохраненные изменения, появляется диалог сохранения, в котором можно подтвердить или отменить сохранение изменений, причем возможно сохранение только выбранных компонентов информации.

Чтобы продолжить работу с существующей сетью в следующем сеансе, ее необходимо открыть командой «Файл | Открыть сеть».

Данные о наполнении районов

Перед началом расчета транспортных потоков необходимо оценить общие объемы прибытия и отправления в каждом расчетном районе. Для этого следует разделить все передвижения по целям. Для всех целей, для которых будет рассчитана отдельная матрица корреспонденций, понадобятся отдельно рассчитанные

объемы ПО. Насколько подробным должно быть такое деление, зависит от наличия информации. В простом случае можно разделить передвижения на:

- трудовые – на работу или учебу и обратно;
- культурно-бытовые (в дальнейшем КБ) – ко всем объектам культурно-бытового обслуживания в широком смысле, т. е. попросту все остальные передвижения.

Рекомендуемая методика оценки ПО следующая:

1. Необходимо собрать информацию о размещении на территории каждого района тех или иных объектов, и при этом дать количественную оценку емкости этих объектов. Обычно трудно оценить абсолютные объемы ПО, например, посещение объектов культурно-бытового обслуживания. Однако, бывает достаточно оценить относительные емкости, выразив их в любых единицах.

2. Принять гипотезы о подвижности населения: сколько в среднем каждый житель совершает передвижений с той или иной целью.

3. Исходя из общего количества населения и подвижности, вычислить общее количество передвижений с данной целью.

4. Распределить общее прибытие с данной целью между районами пропорционально их относительным емкостям.

5. Распределение отправления с данной целью распределить пропорционально численности населения в районах (речь идет о передвижениях из дома к объектам, для обратных передвижений нужно поменять местами прибытия и отправления)

Обычно такая методика может быть реализована несложными операциями, например, в MS Excel.

Итак, мы оценили суточные объемы ПО, а загрузка сети интересует в конкретное время суток, скажем, в утренний и вечерний час пик. Поэтому нужно оценить долю передвижений, совершаемых в эти часы, от суточного объема передвижений. Эта доля, очевидно, разная для передвижений с разными целями. Далее можно избрать два пути:

- «отщепить» часовую долю от суточных объемов ПО и использовать их для расчета часовых матриц корреспонденций;
- рассчитать суточные корреспонденции по суточным объемам ПО, а затем отщепить часовые матрицы от суточных матриц.

Второй путь предпочтительнее, если интересны суточные корреспонденции сами по себе.

Полученные данные об объемах ПО для всех целей сохраняются в файл в виде текстовой таблицы. Для удобства можно снабдить таблицу специальной «шапкой».

Перед началом расчетов следует загрузить таблицу в TransNet командой «Данные | Данные по районам | Импорт»

Разработка транспортной модели

Методика расчета транспортных потоков может варьироваться в широких пределах в зависимости от наличия информации, особенностей транспортной сети и предпочтений самого разработчика. Типичная методика изложена в разделе «демонстрационный пример» настоящего руководства, где также содержится пошаговая инструкция выполнения расчетов, начиная от подготовки исходных данных и заканчивая картограммой расчетных потоков.

Лабораторная работа № 2

Тема работы: калибровка модели транспортных потоков по данным с детекторов транспорта.

Задание:

Используя статистические данные, полученные с детекторов транспорта, откалибровать модель транспортных потоков в запроектированном районе.

Основы моделирования транспортных потоков

Математические модели применяются для решения очень широкого круга задач, связанных с транспортом. Здесь речь пойдет о моделях, предназначенных для решения следующей задачи:

Дать прогноз транспортных и пассажирских потоков в городе (или городской агломерации), если известны:

- геометрия и характеристики транспортной сети;
- размещение различных объектов на территории города.

Модели этого типа применяются для планирования развития города, анализа последствий тех или иных мер по организации движения, выбора альтернативных проектов развития транспортной сети и решения других задач.

Решение сформулированной задачи является основным предназначением программы TransNet (хотя эта программа предоставляет и некоторые другие функции для анализа транспортных систем).

В чем состоит прогноз потоков

Обычно, когда говорят о прогнозе потоков, имеют в виду прогноз загрузки различных элементов транспортной сети, то есть количества автомобилей (пассажиров), передвигающихся этим элементом. Однако на самом деле моделирование дает гораздо более детальную информацию обо всей структуре передвижений в городе.

Транспортные потоки складываются из отдельных передвижений, совершаемых участниками движения, или пользователями транспортной сети. В общем случае, говоря о передвижениях, мы включаем в это понятие не только поездки различными видами транспорта, но и пешие передвижения. Для прогноза транспортных потоков необходимо ответить на вопрос:

- сколько и по каким путям будет совершаться передвижений в транспортной сети на всех видах транспорта в то или иное время суток. Ответив на этот вопрос можно, очевидно, определить загрузку любого элемента сети.

Результатом моделирования является следующая информация:

- суммарные потоки (загрузка) на дугах сети,
- скорости и время передвижений по каждой дуге и на каждом повороте,
- загрузка маршрутов общественного транспорта,
- совокупность всех путей, выбранных для передвижений между разными районами города,
- распределение передвижений по длине, времени и скорости,
- другие данные.

Вся эта информация в совокупности называется для краткости информацией о загрузке транспортной сети, или просто загрузкой

Исходные данные

Основными факторами, влияющими на формирование транспортных потоков, являются:

- Характеристики транспортной сети, такие как количество и качество улиц и дорог, организация движения, маршруты и провозные способности общественного транспорта и др.

- Размещение объектов, порождающих передвижения, таких как места проживания, места приложения труда, культурно-бытового обслуживания и др.

- Поведенческие факторы, такие как мобильность населения, предпочтения при выборе способов и маршрутов передвижений и др.

Описание указанных факторов и составляет совокупность исходных данных для решения задачи прогноза потоков.

Лабораторная работа № 3

Тема работы: симуляция существующих и прогнозируемых транспортных потоков в визуальном режиме наблюдения.

Задание:

Использовать визуальный режим при симуляции транспортных потоков.

Транспортный граф

Транспортная сеть включает в себя улицы и дороги, линии внеуличного транспорта, такие как линии метро или железной дороги, а также систему маршрутов общественного транспорта (ОТ).

Математическим описанием транспортной сети является транспортный граф, состоящий из узлов и соединяющих их дуг. Узлы графа обычно соответствуют перекресткам и станциям внеуличного транспорта, дуги – сегментам улиц и линий внеуличного транспорта. Кроме того, в граф включаются дуги, изображающие пересадки с внеуличных узлов в другие узлы.

Отдельной составляющей транспортного графа является маршрутный граф общественного транспорта (ОТ). Узлами маршрутного графа являются остановочные пункты, дугами – сегменты маршрутов между остановками. С обычными узлами графа узлы-остановки соединены дугами-посадками и дугами – высадками.

Наконец, еще одним типом узлов являются условные центры районов прибытия и отправления. Эти узлы соединяются с обычными узлами графа дугами-связями.

Описание системы маршрутов необходимо для детального моделирования работы общественного транспорта. Однако при долгосрочном планировании может возникать необходимость прогноза пассажирских потоков в ситуации, когда точные маршруты еще неизвестны. Для решения таких задач в TransNet предусмотрен приближенный способ расчета пассажирских потоков, называемый сетевым, в отличие от маршрутного расчета, явно использующего описание маршрутов.

Районы прибытия и отправления

Для описания распределения объектов, порождающих передвижения, необходимо разделить город на некоторое количество районов прибытия и отправления (ПО). Каждый район ПО включается в граф как узел, соединенный с обычными узлами графа специальными дугами-связями.

В описание системы районов ПО входят

- границы районов;
- условные центры районов;
- дуги-связи, соединяющие условные центры районов с узлами сети.

Границы районов нужно знать, чтобы определить, какие объекты попадают на территорию района, и оценить емкости районов по прибытию и отправлению.

Собственно для расчетов по транспортному графу границы районов не нужны, так как в состав графа входят только условные центры и дуги-связи.

Дуги-связи – это условные дуги, они не соответствуют физическим объектам. Движение по дуге-связи соответствует выходу или выезду из дворов и мелких улиц до попадания в узлы транспортной сети, к которым проведены связи.

Деление территории города на районы имеет двухступенчатую иерархию: вся территория разделяется на зоны ПО, состоящие из отдельных районов ПО.

Поскольку границы районов не входят в состав необходимой информации для моделирования, TransNet (в настоящее время) не предоставляет интерфейса ввода этих границ. Однако если эти границы введены в некоторой сторонней ГИС и существуют в графическом файле формата MIF, то они могут быть загружены в TransNet и нарисованы в окне карты. Кроме того, в TransNet встроены некоторые полезные для транспортного моделирования вычислительные алгоритмы, использующие границы районов.

Транспортное районирование

Замена пространственно распределенных районов на точечные центры вносит в модель неизбежные искажения. Чем мельче районы – тем меньше эти искажения. Однако, количество районов – это критический параметр с точки зрения затрат

вычислительных ресурсов (гораздо более существенный, чем, скажем, размерность транспортного графа).

Для уменьшения искажений при ограниченном числе районов требуется соблюдать определенные принципы транспортного районирования. Например: важные улицы, перекрестки и станции внеуличного транспорта должны располагаться внутри районов. Границы районов должны по возможности проходить по естественным преградам, а также в глубине дворов, на «водоразделах» областей притяжения крупных улиц и станций. Впрочем, при моделировании автомобильных (не пассажирских) передвижений «естественной преградой» может служить как раз разделительная линия крупной улицы. На выбор районов влияет также степень подробности транспортного графа. Скажем, для корректного моделирования загрузки маршрутов общественного транспорта, необходимо измельчить районы до областей притяжения отдельных остановок.

Структура информации в Transnet

Информация о транспортной сети состоит из следующих разделов:

- Улично-дорожная сеть;
- Внеуличная сеть (метро, железная дорога и проч.);
- Система маршрутов общественного транспорта (ОТ).

Транспортный граф дает абстрактное описание транспортной сети. Более естественным является представление о том, что транспортная сеть состоит из улиц, дорог и линий внеуличного транспорта. Исходя из этого, в TransNet принята «двухслойная» структура информации. Слой, с которым работает пользователь – это описание в терминах линий. «Внутренний» слой – это транспортный граф, который создается автоматически.

Линия – это упорядоченный набор узлов, соединенных парами противоположно направленных дуг. При вводе сети новые узлы добавляются как узлы определенной линии, при этом автоматически возникают дуги, связывающие этот узел с соседними узлами той же линии. Один и тот же узел может входить в состав нескольких линий – так возникают пересечения. Для уличных узлов определяется схема поворотов, для внеуличных узлов – определяются пересадки.

Пересадки – это специальные дуги, соединяющие внеуличный узел с другими узлами сети. Также узлы могут соединяться с центрами районов ПО дугами-связями.

Линии разделены на каталоги линий. Формально разделение линий по каталогам может быть совершенно произвольным, однако лучше относить к одному каталогу линии со сходными параметрами и/или объединенные общим расположением или другими признаками, поскольку:

- Для каталога можно указать параметры дуги, которые будут по умолчанию присваиваться всем дугам этого каталога;

- Номер каталога является формальным признаком дуги. Он используется многими элементами интерфейса. Его также можно использовать в формулах, например, в формулах, определяющих логические условия для отбора дуг.

Маршруты определяются как упорядоченные наборы узлов сети, причем соседние узлы должны быть соединены дугой. Каждое вхождение узла в маршрут является точкой маршрута. Поскольку маршрут может повторно проходить через один и тот же узел, одному узлу сети может соответствовать несколько точек маршрута. Часть точек является остановками. В этих точках производится посадка и высадка пассажиров. Маршруты разделены на каталоги маршрутов (например, маршруты автобусов или троллейбусов).

Обобщенная цена передвижения

Основой для моделирования поведения пользователей является математическая формулировка критерия, на основании которого пользователь оценивает альтернативные пути и способы передвижения. Данный критерий принято называть обобщенной ценой пути (в дальнейшем – просто цена).

Увеличение цены снижает привлекательность пути. Цена пути складывается из цен входящих в него дуг, а также цен переходов с дуги на дугу (например, цен поворотов при движении по улично-дорожной сети).

Обобщенная цена определяется как сумма слагаемых, выражающих влияние факторов различной природы на оценку пути. В общем случае она может включать в себя следующие слагаемые:

- время движения;

- дополнительные задержки, не связанные непосредственно с движением (например, время, требуемое на поиск места парковки, может быть включено в цену дуги-связи);

- денежные затраты (плата за проезд в общественном транспорте, платные магистрали, плата за въезд в определенные зоны города и др.);

- условные штрафные добавки времени, влияющие на оценку привлекательности того или иного элемента сети для движения.

Как показывают обследования, время движения – основной фактор, определяющий цену пути. Другие факторы количественно выражаются в условных минутах и добавляются ко времени.

Ценовые функции

Важной особенностью обобщенной цены является то, что цена элемента сети может зависеть от загрузки этого элемента. С увеличением загрузки скорость (и/или комфортность) движения падает, а цена растет. Эта зависимость порождает обратную связь в задаче прогноза транспортных потоков. Действительно, для определения путей передвижений нужно знать цену, а, следовательно, загрузку элементов сети, но сама эта загрузка формируется в результате выбора путей. Поэтому цены дуг и поворотов не могут быть входными данными для задачи прогноза загрузки. Вместо этого в качестве входных параметров задаются ценовые функции дуг и поворотов, то есть функции, определяющие зависимость цены от загрузки (суммарного потока) этой дуги или поворота. Фактические цены дуг и поворотов, как и потоки на них, являются выходными данными модели.

Способ вычисления цен дуг и поворотов в TransNet в широких пределах задается пользователем. Вычисление цены различается для дуг разного типа: Уличные Ценовые функции задаются пользователем в виде математических формул, определяющих зависимость цены от суммарного потока по дуге.

Внеуличные – Цена вычисляется как время движения через длину дуги и среднюю скорость движения.

Пересадки – Цена (в минутах) явно указывается пользователем в редакторе сети.

Связи – Цена вычисляется через условную длину дуги-связи и скорость пешеходного движения (для общественного транспорта).

По имеющимся матрицам можно создавать колонки данных по районам, содержащие суммы строк или столбцов матриц. Например, имея матрицу межрайонных времен и матрицу корреспонденций, можно создать колонки средних времен поездки из района во все другие районы или из всех других районов в район (нужно перемножить матрицы и взять суммы по строкам или столбцам).

Если имеются контуры районов, можно посчитать площади, средние времена внутрирайонных передвижений, а также пересчитать любой пространственно распределенный параметр, заданный для другой системы контуров, на систему контуров районов.

Межрайонные дальности

Помимо емкостей районов на величину межрайонных корреспонденций влияет степень удаленности районов друг от друга. Чем дальше расположены районы друг от друга, тем меньше количество передвижений между ними. Ясно, что «дальность» здесь понимается не в географическом смысле, а в смысле быстроты и удобства передвижения по транспортной сети. Разумной численной мерой дальности может служить обобщенная цена передвижения из района в район по оптимальному пути. Можно, однако, использовать и другие меры, например, учесть время, расстояние и цену, взятые с разными весами и тому подобное. Совокупность дальностей между всеми парами районов образует матрицу. Эта матрица служит основой для вычисления матрицы корреспонденций, а также для расщепления корреспонденций по типам передвижений (модального расщепления).

В TransNet предусмотрено несколько команд вычисления матриц межрайонных дальностей.

Можно вычислить матрицу обобщенных цен передвижений между районами (в частном случае это может быть матрица времен передвижений). Поскольку цены передвижений различаются для разных классов пользователей, для каждого класса вычисляется своя матрица. Для пользователей общественного транспорта матрица цен может быть вычислена сетевым или маршрутным способом. В сетевом расчете вычисляются оптимальные пути, в маршрутном – оптимальные стратегии движения пользователей.

При движении в соответствии со стратегией конкретные пути выбираются с разной вероятностью. В этом случае определена средняя цена передвижения.

Можно также вычислить матрицу межрайонных расстояний по кратчайшим (по длине) путям. Наконец, для анализа потребностей в передвижениях при долгосрочном планировании бывает полезно вычисление матрицы межрайонных расстояний «по воздуху», т. е. просто географических расстояний.

Модальное расщепление

Модальное расщепление – это расщепление общего количества передвижений по способам передвижения – пешком, на автомобиле, на общественном транспорте.

Расщепление зависит, очевидно, от соотношения обобщенных цен передвижений, совершаемых разными способами. Например, чем больше отношение обобщенной цены поездки, совершаемой на общественном транспорте, к цене поездки на легковом автомобиле, тем меньшая доля от общего числа поездок будет совершаться на общественном транспорте.

Долю поездок на ОТ от общего числа поездок принято называть коэффициентом Расщепления поездок. Коэффициент расщепления является убывающей функцией от соотношения обобщенных цен поездок двумя способами. Разумеется, эта функция также зависит от уровня автомобилизации. Конкретный вид этой функции оценивается на основе статистических данных.

Возможная методика расчета корреспонденций с расщеплением по видам транспорта следующая:

- Вычислим матрицы обобщенных цен межрайонных передвижений на автомобиле и ОТ.

- Составим матрицу средневзвешенных цен поездок обоими видами транспорта.

- На основе средневзвешенных цен рассчитаем общую матрицу корреспонденций по гравитационной модели (по формуле 1 с последующей балансировкой).

- Составим матрицу отношения цен для всех пар районов.

- «Отщепим» от общей матрицы матрицу ОТ, вычисляя коэффициент расщепления индивидуально для каждой пары районов в зависимости от соотношения цен поездок.

Выше шла речь о расщеплении между поездками на автомобиле и в ОТ. Однако совершенно аналогичная методика годится для отщепления доли всех поездок от общего числа передвижений, включающих пешие. Здесь нужно сопоставить обобщенные цены пеших передвижений с ценами поездок. Можно также применить методики одновременного расщепления на несколько способов передвижений. Все эти методики, так или иначе, основаны на сопоставлении цен этих передвижений.

Суточная и сезонная неравномерность

Количество передвижений различается в разное время суток, а также в зависимости от дня недели или сезона. Для моделирования этих различий важно отдельно рассчитывать матрицы корреспонденций совершаемых с разными целями, так как они существенно по-разному распределены во времени. Например, подавляющее большинство передвижений к местам труда или учебы осуществляется утром, от мест труда домой – вечером. Поездки с культурно-бытовыми целями в большей степени совершаются во второй половине дня.

Возможная методика расчета такая:

- Из статистических данных определить среднюю долю передвижений с той или иной целью, приходящуюся на определенное время суток (утро, день, вечер).

- Исходя из данных об общей подвижности населения, рассчитать суточные матрицы корреспонденций для передвижений с разными целями.

- Применив к суточным матрицам полученные коэффициенты приведения, рассчитать общую матрицу корреспонденций на данный период времени.

Существуют также передвижения, объем которых сильно меняется в зависимости от дня недели и сезона. Например, корреспонденции между городскими районами и дачными массивами. Для моделирования этих различий можно применять разные оценки емкости районов по прибытию и отправлению в разное время.

Скажем, в летнее время емкость пригородных районов и зон отдыха по посещению сильно возрастает.

Лабораторная работа № 4, 5

Тема работы №4: расчет значений параметров транспортных потоков в ходе симуляции.

Задание:

Используя симуляцию движения автотранспорта на улично-дорожной сети рассчитать значения параметров транспортных потоков.

Тема работы № 5: симуляция транспортных ситуаций на модели улично-дорожной сети в визуальном режиме наблюдения.

Задание:

Воссоздать условия движения в цифровой модели улично-дорожной сети при возникновении дорожно-транспортного происшествия. Использовать визуальный режим наблюдения.

Пример содержит небольшой фрагмент транспортной сети, включающий улицы и дороги, линию метро и линию железной дороги с поездами пригородного сообщения, а также 11 районов прибытия-отправления.

Для данного примера сформулирована методика расчета матриц корреспонденций и транспортных потоков для трех стандартных классов пользователей: «легковой», «грузовой» и «общественный».

Дана пошаговая инструкция подготовки данных и выполнения расчетов. Для всех операций показан способ их выполнения в интерфейсе программы и приведены соответствующие команды для записи в командный файл.

Описанная методика является упрощенной во многих аспектах, однако, она включает в себя основные элементы транспортного моделирования. Цель примера – продемонстрировать основные принципы и приемы моделирования с использованием TransNet.

Для работы с примером предоставляется полнофункциональная версия TransNet с отключенной возможностью сохранения сети.

Установка примера

Распаковать содержимое архива в любое место на компьютере, запустить TransNet и открыть файл сети «Пример.tn» командой «Файл | Открыть сеть»

В папке примера имеется папка «Карта», содержащая файлы растровой подосновы (отсканированные фрагменты карты). Поскольку в настройках подосновы сохраняется полный (а не относительный) путь к файлам подосновы, то при всяком переносе примера на новый компьютер, TransNet при первом открытии не найдет пути к подоснове и даст об этом замечание.

Для настройки подосновы нужно выполнить команду меню «Операции | Растровая подоснова».

В появившемся слева окне вверху нажать кнопку «Поиск» и указать правильный путь к папке «Карта» на Вашем компьютере.

Простейшие операции

Приблизить или отодвинуть карту можно вращением колеса мыши или командами «+» и «-».

«Таскать» карту можно правой клавишей мыши, если она нажата не на элементах сети. Нажатие правой клавиши мыши на дуге или узле вызывает контекстное меню, соответственно, дуги или узла.

Состав сети можно просмотреть в окне редактора, которое открывается командой «Команда» служит для просмотра оптимальных путей. Кнопки переключают режимы выбора начального или конечного узла, узел выбирается двойным щелчком мыши.

Выбор методики

Нашей целью будет расчет корреспонденций и загрузки транспортной сети для среднего утреннего часа рабочего дня.

Моделирование передвижений населения будем рассматривать всего два типа целей передвижений: места труда и все прочие цели, которые мы будем называть «культурно-бытовыми» (КБ). Будем также рассматривать только простые передвижения из дома на работу и обратно, а также из дома к объектам КБ и обратно. Соответственно, возникает 4 матрицы корреспонденций: «Дом-работа», «Работа-дом», «Дом-КБ», «КБ-дом».

Для каждого из этих типов передвижений зададим коэффициент утреннего часа, который показывает, какая доля от всех передвижений данного типа совершается в течение среднего утреннего часа.

Расчет корреспонденций утреннего часа проведем так:

- вычислим суточные матрицы корреспонденций для всех типов передвижений;
- вычислим полную матрицу корреспонденций утреннего часа, умножив все суточные матрицы на соответствующие коэффициенты и сложив;
- осуществим расщепление утренней матрицы по способу передвижений: на общественном транспорте (ОТ) или на легковом автомобиле.

Суточные матрицы «Дом-работа» и «Дом-КБ» вычислим по гравитационной модели. Матрицы «Работа-дом» и «КБ-дом» получаются из них операцией транспонирования.

Очевидно, корреспонденция из района проживания n_1 в район работы n_2 , совпадает с корреспонденцией от места работы n_2 домой в n_1 , если речь идет о суточных матрицах. Следовательно, матрица «Работа-дом» получается из матрицы «Дом-работа» перестановкой индексов элементов. Эта операция называется – транспонированием.

Для расчета по гравитационной модели нужно определить межрайонные дальности. В качестве меры дальности мы используем времена (цены) оптимальных путей между районами. Поскольку мы рассчитываем полные суточные матрицы, а только потом расщепляем их по видам транспорта, в качестве меры дальности следует использовать усредненное по видам транспорта время. Кроме того, время передвижения из дома к объекту может отличаться от времени передвижения от объекта домой. Естественно в качестве дальности учитывать среднее время «туда-обратно».

Будем называть коэффициентом расщепления долю корреспонденции, использующую ОТ (остальная часть корреспонденции использует легковой автомобиль).

Коэффициент расщепления рассчитывается индивидуально для каждой пары районов на основе сопоставления времен передвижений двумя видами транспорта.

Подытожим сказанное в виде последовательно выполняемых шагов. Вычислим:

Шаг 1

- Матрицы времен передвижений на всех видах транспорта.

Шаг 2

- Матрицу коэффициентов расщепления.

Шаг 3

- Матрицу времен передвижений, усредненных по видам транспорта и по передвижениям «туда-обратно».

Шаг 4

- Суточные матрицы корреспонденций для всех типов передвижений.

Шаг 5

- Часовые матрицы корреспонденций для утреннего часа, расщепленные по видам транспорта. Моделирование грузовых передвижений

Шаг 5

- Рассчитаем матрицу грузовых передвижений сразу для утреннего часа по гравитационной модели. Расчет загрузки сети

Шаг 6

- Распределим корреспонденции всех классов по сети. Сначала распределяются легковые и грузовые корреспонденции, после этого распределяются корреспонденции ОТ в маршрутной форме.

Автомобильные классы следует распределять вначале, чтобы при распределении ОТ скорость движения автобусов (и других средств наземного ОТ) вычислялась с учетом общей загрузки улиц транспортными потоками.

Исходные данные и гипотезы

Перечислим все исходные данные, параметры и функции, которые нужно указать для проведения расчета.

Для расчета матрицы корреспонденций по гравитационной модели требуется:

1. оценить общий объем прибытия и отправления в каждом районе,

2. указать функцию тяготения. Мы будем использовать экспоненциально убывающую функцию тяготения с коэффициентом в экспоненте 0.06.

Для передвижений всех типов требуется
3. коэффициент утреннего часа.

Кроме того, нужно сформулировать модель расщепления, то есть

4. указать формулу для вычисления коэффициента расщепления по известным временам передвижения на общественном и легковом транспорте.

Одной из наиболее распространенных моделей расщепления является следующая.

Согласно этой формуле, доли видов транспорта соотносятся как экспоненты от времени (обобщенной цены) передвижения. Коэффициент L характеризует «чувствительность» расщепления к фактору времени (иногда применяют разные коэффициенты к разным видам транспорта). Константа d введена для отражения «асимметрии» видов транспорта. При $d=0$ корреспонденция делилась бы ровно пополам при одинаковых временах, но в действительности это не так.

Коэффициенты

L и d являются калибровочными параметрами модели. Мы используем значения $L=0.03$, $d=0.9$.

Матрицы времен передвижений (как и все прочие матрицы) содержат диагональные элементы, соответствующие передвижениям из района n в тот же самый район n , то есть внутрирайонным передвижениям. Естественно, что функция расчета межрайонных времен по оптимальным путям в графе для этих передвижений дает 0. Внутрирайонные времена могут быть оценены экспертно, исходя из геометрии района. Итак, в состав исходных данных включаются 5. средние времена внутрирайонных передвижений во всех районах для всех видов транспорта.

Внутрирайонные передвижения не участвуют в распределении потоков по сети, однако важны для расчета матриц корреспонденций, так как они учитываются в балансе прибытия и отправления в каждом районе.

При оценке времен внутрирайонных передвижений на ОТ следует иметь в виду, что для маленьких районов эти передвижения на самом деле является просто пешими.

Вообще, алгоритм поиска путей на ОТ может определить, что оптимальным для данной пары районов является чисто пеший путь, поэтому передвижения на ОТ правильнее понимать как передвижения «без автомобиля».

Если мы хотим, чтобы все выезжающие из района n уезжали в другие районы, можно положить внутрирайонное время равным 1. Вообще, для любой пары районов время передвижения, равное 1, понимается как «отсутствие возможности проехать». Соответствующая корреспонденция будет равна нулю.

Данные по районам

Исходные данные, относящиеся к районам, подготавливаются в отдельном файле в виде таблицы. В первой колонке таблицы указаны номера районов, в остальных – данные. Нам понадобятся следующие колонки данных:

- Суточные объемы отправления и прибытия для передвижений «Дом-работа» и «Дом-КБ»;
- Часовые объемы прибытия и отправления для грузового транспорта;
- Внутрирайонные времена передвижений на ОТ (пешие) и на автомобиле (примем одинаковые времена для легковых и грузовых автомобилей). Для оценки объемов отправления нужно задать характеристики подвижности населения, то есть количество передвижений на работу и с КБ целями, совершаемых в среднем за день на 1000 жителей. Если теперь указать численность населения в каждом районе, то тем самым будут определены объемы отправления.

Умножая подвижность на суммарную численность населения города, получим суммарное количество всех передвижений на работу и с КБ целями. Теперь достаточно дать относительные оценки емкостей районов по местам труда и количеству объектов КБ и распределить суммарное количество передвижений пропорционально этим оценкам. Так мы получим объемы прибытия в каждом районе.

Аналогично оцениваем отправление-прибытие для грузового транспорта. Внутрирайонные времена можно оценить экспертно. Для районов, изображающих въезды из внешней зоны, положим внутрирайонное время равным L .

В папке примера содержится файл «Данные по районам.xls», в котором по описанной методике подготовлены данные для демонстрационного примера.

Таблица данных в окончательном виде для ввода в TransNet сохранена в файле «Данные по районам.txt»

Обобщенная цена передвижений

Алгоритмы, которые мы используем в расчетах, занимаются вычислением обобщенных цен тех или иных путей по сети (в частности, поиском оптимальных путей). Стандартной составляющей обобщенной цены является время движения.

Можно настроить способ вычисления обобщенной цены, указав дополнительные составляющие цены. Мы добавим 2 дополнительных слагаемых в обобщенную цену путей:

- Дополнительное время для классов пользователей «легковой» и «грузовой», связанное с началом и окончанием движения (посадка в автомобиль, поиск места парковки и др.) Эта добавка важна для снижения доли использования автомобиля на коротких расстояниях.

- Условное штрафное время на посадках в общественный транспорт. Эта добавка важна для того, чтобы при расчетах оптимальных путей не определялись пути со слишком большим количеством пересадок.

Речь здесь идет не о затратах времени (стандартное время ожидания и так учитывается), а именно об условной штрафной добавке в обобщенную цену, отражающей, например, необходимость оплачивать проезд, и вообще дискомфорт пересадок.

Откроем диалог «Функции» (команда Сервис | Функции) и выберем закладку «Все дуги».

Дополнительное время назначается индивидуально для дуг каждого типа. Указывается либо просто число минут, либо формула, по которой время вычисляется в зависимости от других параметров дуги.

Добавки, связанные с началом и окончанием движения, естественно приписать к дугам-связям с районами. В списке типов дуг последовательно выберем двойным щелчком «Дуга-связь из района», «Дуга-связь в район», и для обоих типов укажем формулу:

$$(u \neq 3) * 3$$

Это – типичный пример использования логических выражений в формулах в TransNet. Переменная u в этой формуле – номер класса пользователей, для которого вычисляется дополнительное время. Номера классов: 1 – легковой, 2 – грузовой, 3 – общественный. Логическое выражение $u \neq 3$ (u не равно 3) равно L («верно»), если это не общественный класс, и равно 0 в противном случае.

Соответственно, для автомобильных классов будет добавляться 3 минуты, для общественного класса – 0 минут.

Цену посадки на ОТ укажем для дуг типа «Дуга-посадка» в нижнем списке, предназначенном для условных штрафных добавок. Укажем 5 минут. В списке есть «Дуга-посадка сетевая» и «маршрутная». Это позволяет сделать разные настройки для маршрутного и сетевого расчета.

Мы назначаем 5 минут, не проверяя класс пользователей, так как цены дуг-посадок вычисляются, конечно, только для общественных классов (автомобили по этим дугам не движутся).

ПОДГОТОВКА ЧЕРТЕЖА К ПЕЧАТИ

В используемой программе различают два основных пространства для работы: пространство модели (MODEL) и пространство листа (PAPER).

В пространстве модели создаются и редактируются модели разрабатываемого объекта, а в пространстве листа формируется отображение этой модели на плоскости, то есть чертеж с необходимыми графическими изображениями, рамкой чертежного листа, надписями и другой графической информацией, необходимой для вывода на печать.

В пространстве листа удобно сочетать различные виды трехмерных объектов. В случае плоских чертежей использование пространства листа целесообразно при размещении нескольких видов с отличающимися масштабами или при необходимости перекомпоновки чертежа для распечатки. Если плоский чертеж скомпонован правильно, и его размеры вписываются в размер бумаги, на которой он печатается, то печать можно осуществлять и из пространства модели.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Оценивающими средствами текущего контроля являются проверки выполненных заданий по каждой лабораторной работе.

Перечень заданий для проведения зачета

Задание №1

1. Построить модель улично-дорожной сети
2. Оценить параметры транспортных потоков в определенных точках УДС на основе обработки данных реальной статистики, ввод параметров в модель

Задание №2

1. Привязка режимов работы светофорных объектов к имитационной модели
2. Поиск режимов работы светофорных объектов, обеспечивающих наибольшую пропускную способность УДС на данном участке

Задание №3

1. Анализ возможных изменений УДС
2. Калибровки модели транспортных потоков

Задание №4

1. Что такое эталонные значений трафика
2. Оценить параметры транспортных потоков в определенных точках УДС на основе обработки данных реальной статистики, ввод параметров в модель

Задание №5

1. Симуляция интенсивности в виде тепловой карты
2. Установка перекрытий дороги, исключая возможность проезда по определенному участку

Задание №6

1. Установка перекрытия на участок дороги целиком, на

отдельное направление или отдельную полосу участка дороги

2. Режимы установки перекрытий

Задание №7

1. Моделирование пассажирских потоков и работы пассажирской транспортной системы

2. Моделирование возникновения внештатных ситуаций путем внесения отклонений в пассажирские потоки и работу транспортной системы непосредственно в ходе симуляции

Задание №8

1. Оценка интенсивности пассажиропотоков во всех узлах и каналах транспортной сети

2. Оценка времени на перемещение между узлами сети для пассажиров интересующей клиентской группы

Задание №9

1. Выявление «узких мест» в транспортной системе

2. Имитационное моделирование сложных динамических систем

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК

1. Климачева Т. Н. ДОРОЖНЫЙ МЕНЕДЖЕР-М 2010. Полный курс для профессионалов [Текст] / Т. Н. Климачева. – Москва : Диалектика, – 2010. – 1200 с.
2. Финкельштейн Э. Н. ДОРОЖНЫЙ МЕНЕДЖЕР-М 2010 и Дорожный менеджер-М LT [Текст] / Э. Н. Финкельштейн. – Москва : Библия пользователя, Вильямс, – 2010. – 560 с.
3. Соколова Т. Ю. ДОРОЖНЫЙ МЕНЕДЖЕР-М 2010. Учебный курс [Текст] / Т. Ю. Соколова. – Санкт-Петербург : Питер, 2010. – 576 с.
4. Полещук Н. Н., Савельева В. А. Самоучитель ДОРОЖНЫЙ МЕНЕДЖЕР-М 2009.Трехмерное проектирование [Текст] / Н. Н. Полещук [и др.]. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2008. – 416 с.
5. Аббасов, И. Б. Создаем чертежи на компьютере в Дорожный менеджер-М 2007/2008 [Электронный ресурс] : учеб. пособие. – Москва : ДМК, 2008. – 136 с. <http://www.biblioclub.ru/book/47352/>
6. Аббасов, И. Б. Создаем чертежи на компьютере в Дорожный менеджер-М 2012 [Электронный ресурс] : учеб. пособие. – Москва : ДМК Пресс, 2011. – 136 с. [http : // www.iqlib.ru/book /preview.view?uid={492B9E53-284F-4709-9646-F16B0A2B550A} &action=bo&idsLink=3008&resIndex=2&resType=1&searchWithText=False](http://www.iqlib.ru/book/preview.view?uid={492B9E53-284F-4709-9646-F16B0A2B550A}&action=bo&idsLink=3008&resIndex=2&resType=1&searchWithText=False)
7. Уваров, А. С. Дорожный менеджер-М 2000 для конструкторов : учеб. [Текст] / А. С. Уваров. – М. : ДМС Пресс, 2001. – 304 с.
8. Уваров, А. С. Инженерная графика для конструкторов в Дорожный менеджер-М [Электронный ресурс] : практ. самоучитель. – Москва : ДМК Пресс, 2008. – 360 с. <http://www.biblioclub.ru/book/47341/>
9. Фазлулин, Э. М. Инженерная графика: учеб. [Текст] / Э. М. Фазлулин, В. А. Халдинов. – Москва : Академия, 2006. – 400 с.