

Ассоциация транспортных инженеров

Библиотека транспортного инженера

РУКОВОДСТВО
ПО ПРИМЕНЕНИЮ ТРАНСПОРТНЫХ
МОДЕЛЕЙ В ТРАНСПОРТНОМ
ПЛАНИРОВАНИИ И ОЦЕНКЕ ПРОЕКТОВ

Санкт-Петербург
КОСТА
2016

УДК 330.3556.3:[351+004.942]

ББК 39.11:22.18в6

P85

Под редакцией д. э. н. А.Э. Горева и В.Л. Швецова

Перевод: Я.Е. Ботвиньева

Технический редактор Е.И. Енина

На русском языке публикуется впервые

P85 **Руководство по применению транспортных моделей в транспортном планировании и оценке проектов.** — СПб.: ООО «Издательско-полиграфическая компания «КОСТА», 2016. — 128 с. (Серия «Библиотека транспортного инженера»).

ISBN 978-5-91258-362-9

Настоящее руководство подготовлено на основе материалов JASPERS Appraisal Guidance (Transport) The Use of Transport Models in Transport Planning and Project Appraisal August 2014. Дополнено материалами участников Ассоциации транспортных инженеров и примерами из многолетнего опыта в транспортном моделировании компании A+S (ООО «А+С Транспроект»)

В книге рассматривается комплекс вопросов, связанных с процессом подготовки технического задания на разработку транспортной модели, непосредственным моделированием и его практическими результатами. Основное внимание уделяется роли транспортного моделирования для оценки транспортных проектов, а также важности исходных данных на всех этапах разработки модели. Книга содержит практические рекомендации для заказчиков и исполнителей проектов по транспортному моделированию.

Книга представляет интерес для широкого круга читателей, занимающихся вопросами изучения и моделирования транспортных потоков, транспортного планирования, руководителей органов власти, в компетенцию которых входят вопросы управления региональным и городским транспортом.

Книга предназначена для слушателей курсов повышения квалификации в области транспортного планирования и моделирования.

Табл. 4. Ил. 2. Библиогр.: 8 назв.

УДК 330.3556.3:[351+004.942]

ББК 39.11:22.18в6

*Замечания и комментарии, а также предложения
для публикации новых книг направлять по адресу: info@traffic-ing.ru*

© Я.Е. Ботвиньева, перевод, 2015.

© Ассоциация транспортных инженеров, 2016.

© ООО «ИПК «КОСТА», оформление, 2016.

ISBN 978-5-91258-362-9

Руководство по применению транспортных моделей в транспортном планировании и оценке проектов

JASPERS (Joint Assistance to Support Projects in European Regions — Совместное содействие проектам в европейских регионах) — партнерство между Европейской комиссией, Европейским инвестиционным банком (ЕИБ) и Европейским банком реконструкции и развития (ЕБРР).

Целью JASPERS является усовершенствование подготовки крупных проектов в новых государствах-членах, в финансировании которых принимают участие Фонд сплочения и Европейский фонд регионального развития (ЕФРР). JASPERS сотрудничает с некоторыми из стран-кандидатов в члены ЕС в соответствии с правилами фонда по принятию новых членов Европейского Союза, поддерживая страны-кандидаты в постепенном улучшении практики и процессов, требуемых для интеграции фондов ЕС.

Для поддержки этой деятельности JASPERS выпустил серию руководств, содержащих общие указания и рекомендации относительно отдельных частей стратегии или подготовки проектов. Эти рекомендации направлены на обеспечение более раннего представления о требованиях и ожиданиях ключевых экспертов JASPERS.

Поддержка JASPERS предоставляется в духе добросовестного сотрудничества, с достаточной степенью осторожности и комплексной юридической оценкой (*diligentia quam in suis* — забота как о своих делах) и опирается на опыт и практику ведения бизнеса партнеров, ЕИБ и ЕФРР. Однако ЕИБ в роли JASPERS не несет ответственности за любые потери или ущерб, возникшие в результате советов, предоставленных JASPERS.

Инициатива Ассоциации транспортных инженеров (АТИ)

Ассоциация представляет собой профессиональное объединение физических и юридических лиц, работающих в сфере развития и обеспечения эффективного функционирования транспортных систем, в том числе:

- подготовки и повышении квалификации транспортных инженеров;
- экологической безопасности городских транспортных систем;
- городского пассажирского транспорта общего пользования;

- интеллектуальных транспортных систем;
- организации и безопасности дорожного движения;
- развития транспортной инфраструктуры;
- транспортного планирования и моделирования.

Одной из первейших задач АТИ является содействие повышению качества нормативных правовых актов, направленных на улучшение функционирования транспортных систем, в том числе разработка принципов и подходов к управлению транспортными и пешеходными потоками, порядка формирования и использования средств для финансирования транспортной инфраструктуры.

В результате переговоров АТИ и JASPERS было получено согласие на публикацию и доработку материалов руководства для применения описанных принципов и рекомендаций в России и странах СНГ. Ассоциация пригласила к участию в проекте действующих участников АТИ, которые внесли комментарии и примечания. Для практических примеров был использован опыт компании-участника АТИ — ООО «А+С Транспроект», который основан на выполнении более 400 российских и зарубежных проектов по транспортному моделированию, созданию крупнейших в России государственных транспортных моделей (модель Московского транспортного узла, Государственная информационная система «Транспортная модель Санкт-Петербурга, Единая транспортная модель европейской части России) и участия в разработке государственных нормативных документов по прогнозированию транспортных потоков.

Для нас самым важным являлось то, что этот документ разработан в первую очередь представителями Заказчика и финансовых институтов, а не только экспертным сообществом.

Настоящее руководство является переводом оригинального руководства JASPERS с дополнениями и примечаниями членов АТИ.

Отказ от ответственности и авторские права

Руководство предоставлено в духе добросовестного сотрудничества и носит рекомендательный характер.

Ассоциация транспортных инженеров не гарантирует точность или полноту информации, содержащейся в данном руководстве, и не несет юридических обязательств и ответственности, в любом ее виде, а также не возмещает любой ущерб или потери, прямые или косвенные, вызванные использованием материалов, содержащихся в данном документе.

Disclaimer and copyright JASPERS

This report is provided in good faith, to be used at the risk of the reader.

The Russian version of this report is a translation of the original in English for information purposes only. The EIB and JASPERS do not accept any responsibility for this translation and cannot be bound by any actions in that respect. In case of a discrepancy, the English original shall prevail. The original document is available at: <http://www.jaspersnetwork.org/plugins/servlet/documentRepository/displayDocumentDetails?documentId=222>

JASPERS does not warrant the accuracy or the completeness of the information contained in this report, nor does it assume any legal liability or responsibility, direct or indirect, for any damage or loss caused, or alleged to be caused, by or in connection with the use of or reliance on materials contained in this report.

This report has not been formally discussed, or approved by the European Commission. The comments expressed in this report do not necessarily state or reflect the views of the JASPERS partners (European Commission, EIB and EBRD). In particular, the views expressed herein cannot be taken to reflect the opinion of the European Union.

EIB retains copyright to this report on behalf of JASPERS. Permission to reproduce and dis-tribute this report in whole or in part for non-commercial purposes and without fee is here-by granted provided that JASPERS is acknowledged as the original author.

Ответственность и авторские права JASPERS

Данное Руководство поможет читателю при оценке транспортных проектов, но при этом не является утвержденным стандартом, что является возможным риском для читателя.

Русская версия Руководства является переводом оригинала, подготовленного на английском языке, которое в свою очередь также может быть использовано в качестве рекомендаций. Европейский инвестиционный Банк (EIB) и Объединенное партнерство для поддержки проектов в Европейских регионах (JASPERS) не несут ответственности за подготовленный русский перевод и не могут быть связаны с какими-либо действиями в этом отношении. В случае несоответствия английский оригинал имеет преимущественную силу. Оригинальный документ доступен по адресу: <http://www.jaspersnetwork.org/plugins/servlet/documentRepository/displayDocumentDetails?documentId=222>

Объединенное партнерство для поддержки проектов в Европейских регионах (JASPERS) не гарантирует точность и полноту информации, содержащейся в настоящем Руководстве, а также не несет никакой юридической ответственности или ответственности, прямой или косвенной, за любые повреждения или ущерб, причиненные или предположительно вызванные использованием материалов, содержащихся в настоящем Руководстве.

Данное Руководство официально не обсуждалось и не было одобрено Европейской комиссией. Замечания, высказанные в настоящем Руководстве, не обязательно отражают точку зрения партнеров EIB, JASPERS, Европейской комиссии и Европейского банка реконструкции и развития (EBRD). В частности, мнения, выраженные в настоящем документе, не могут быть приняты в качестве мнения Европейского Союза.

EIB сохраняет авторское право на данное Руководство от имени JASPERS. Разрешение на воспроизведение и распространение данного Руководства в целом или частично в некоммерческих целях и без оплаты, предоставляется при условии, что JASPERS признано автором оригинала.

Оглавление

Часть А. Руководство для исполнительных органов власти

Введение	10
Цель данного руководства	10
1. Роль транспортных моделей при планировании и оценке проектов	12
1.1. Функционал и применение транспортных моделей	12
1.2. Процесс транспортного моделирования	13
1.3. Результаты транспортного моделирования	14
1.4. Принцип пропорциональности	14
2. Управление проектами транспортного моделирования	15
2.1. Организационная основа для моделирования	15
2.2. Подготовка технического задания	16
2.3. Технический анализ	20
2.4. Интеллектуальная собственность и поддержка (сопровождение) модели	21
2.5. Обзор требований	22
2.6. Требования к отчетной документации	23
2.7. Нормативная база	24
3. Основные проблемы и рекомендации	25
3.1. Обзор	25
3.2. Этап проведения закупки (конкурса)	25
3.3. Этап подготовки проектов	25
3.4. Право собственности на модель, доступ к данным и документация	26
3.5. Нарращивание потенциала, управление проектами и качество. Область применения	27

Часть В. Руководство для специалиста

4. Определение типов транспортной модели	30
4.1. Методы моделирования	30
4.2. Структура транспортных моделей	30
4.3. Функциональные возможности транспортных моделей	32
4.4. Выбор методологии моделирования	39
4.5. Выводы	41
4.6. Сроки моделирования	43
5. Разработка транспортной модели	43
5.1. Этапы разработки модели	44

6. Шаг 1 — Определение задач для транспортного моделирования	46
6.1. Тип модели	46
6.2. Элементы определения задач	46
6.3. Отчет об определении задач	53
7. Шаг 2 — Сбор данных	54
7.1. Источники транспортных данных	55
7.2. Методы сбора данных	55
8. Шаг 3 — Построение транспортной модели базового года	63
8.1. Построение сети (для сетевых моделей)	63
8.2. Услуги транспорта общего пользования (для сетевых моделей)	65
8.3. Система транспортных районов (для сетевых моделей)	65
8.4. Построение матрицы корреспонденций (спроса)	65
8.5. Распределение	70
9. Шаг 4 — Калибровка и проверка модели базового года	71
9.1. Обзор	71
9.2. Калибровка модели	72
9.3. Проверка модели	74
10. Шаг 5 — Разработка транспортной модели прогнозного года	78
10.1. Рост транспортного спроса	78
10.2. Изменения в транспортном предложении	79
10.3. Изменения параметров	80
11. Шаг 6 — Тестирование и результаты	80
11.1. Процедура тестирования предлагаемого проекта	80
11.2. Результаты модели	80
12. Требования к отчетности	83
12.1. Необходимая документация	83
12.2. Отчет по транспортному моделированию	83
12.3. Транспортная модель и Share-файлы	85
12.4. Руководство по модели	85
<i>Рекомендуемая литература</i>	86
<i>Глоссарий</i>	87
<i>Приложение I. Пример технического задания</i> на разработку мультимодальной транспортной модели для прогнозирования интенсивности движения и пассажиропотоков в области моделирования	95
<i>Приложение II. Пример структуры отчета по моделированию</i>	115
<i>Приложение III. Пример оглавления Руководства по работе с моделью</i>	117
<i>Приложение IV. Объекты калибровки транспортной модели</i>	119

Часть А

РУКОВОДСТВО ДЛЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ВЛАСТИ

Введение

Транспортная модель — это основанное на компьютерных расчетах представление перемещений людей и товаров (поездов) по транспортной сети в заданных границах изучаемой области, которая обладает определенными социально-экономическими характеристиками и землепользованием. Она предназначена для оценки того, как будут изменяться поездки в течение времени с учетом изменений транспортного спроса и предложения. Данные изменения, в свою очередь, могут быть вызваны как изменением спроса на перевозки, так и изменениями в самой транспортной сети (например, строительство новых объектов транспортной инфраструктуры).

Результаты транспортной модели могут обеспечить существенную аналитическую оценку для понимания существующих или будущих транспортных проблем, тем самым поддерживая проектирование инфраструктуры и оперативное планирование проведения работ. Транспортная модель позволяет определить вероятные последствия результатов предлагаемого проекта (стратегии) или транспортной и экологической политики. Таким образом, транспортная модель играет роль важного инструмента поддержки принятия решения, который обеспечивает надлежащую и точную информацию о последствиях планируемых действий.

Учитывая широту применения транспортных моделей, наличие значительного числа руководств на территории ЕС, доступных для их создания и использования, является естественным. В настоящее время руководства публикуются органами федеральной власти, и их соблюдение является в основном обязательным для государственных инвестиций в транспортную инфраструктуру¹.

Цель данного руководства

В некоторых странах транспортное планирование и моделирование является относительно новой дисциплиной, которая еще не обладает методическим обеспечением, разработанным в полном объеме, но стремится занять сильные и стабильные позиции в процессах планирования. Несмотря на то, что в настоящее время подробное руководство по разработке и применению транспортных моделей на уровне

¹ На сегодня в России и странах СНГ существует мало руководств и стандартов для обеспечения процесса транспортного моделирования. Настоящее издание является шагом для изменения этой ситуации (*примеч. ред.*).

ЕС не представлено, существует несколько базовых принципов, которые являются общими для многих национальных руководств, отражающих основы моделирования. Мы опираемся на эти основные принципы, когда предоставляем поддержку при подготовке и применении транспортных моделей.

Руководство было создано для возможности его использования при разработке и оценке транспортных объектов (проектов) в случаях, когда подходящее национальное руководство отсутствует. Оно состоит из двух частей и предназначено для использования в качестве методической основы процесса транспортного моделирования.

Часть А — Руководство для органов власти. Предназначено для оказания содействия в понимании и определении требований моделирования во время процесса закупки (конкурса), и в дальнейшем при рассмотрении результатов работы, полученных во время выполнения проекта.

Часть В — Руководство для специалиста. Предназначено для демонстрации того, как реализация транспортного моделирования будет совпадать с взглядами специалистов JASPERS по характеру рассматриваемого проекта. Это также является материалом для тех представителей органов власти, которые пытаются лучше понять процессы, задействованные в транспортном моделировании.

Руководство устанавливает ключевые требования, которые должны учитываться при определении области работ, разработке и применении транспортных моделей, как на этапе подготовки проектов, так и при разработке местных, региональных и национальных транспортных стратегий.

Предполагается, что руководство будет поддерживать высокое качество инструментов моделирования, вследствие чего улучшится их способность предоставлять актуальную информацию для проектных групп и руководителей, отвечающих за разработку концепции, анализ и оценку транспортной политики и проектов. Руководство не может заменить практический опыт в определении требований к проектам транспортного моделирования. В соответствии с этим органы власти всегда должны быть уверены, что бенефициарии и консультанты обладают достаточным опытом для обеспечения качественных результатов и разработки моделей, которые будут отвечать поставленной цели.

Для руководства по процессам, связанным с разработкой транспортной стратегии, следует обратиться к Методологии подготовки национальных стратегий развития транспорта JASPERS (июнь 2013). Этот материал Ассоциация транспортных инженеров также планирует к переводу и бесплатному распространению среди своих участников в 2017 году.

1. Роль транспортных моделей при планировании и оценке проектов

1.1. Функционал и применение транспортных моделей

Транспортная модель является инструментом, обеспечивающим количественные и качественные результаты вероятных последствий альтернативных решений (гипотез), сформулированных на стадии планирования («Что будет, если ...?»). Это вносит аналитический вклад в процессы планирования и принятия решений. Модель может быть использована различными способами для обеспечения информацией участников этого процесса, в т. ч.:

- Понимание функций существующей инфраструктуры в рамках групп пассажиров, типов грузов, типов поездок и пунктов отправления и назначения.
- Выявление узких мест на сети и понимание необходимости в повышении пропускной способности.
- Предоставление данных спроса для соответствующих вариантов анализа, проектирования и определения мощности (пропускной способности) объектов новой инфраструктуры и эксплуатационного (оперативного) обслуживания (например, расписание движения транспорта общего пользования), отвечающих реальному прогнозу движения и функциональным требованиям.
- Понимание влияния новой транспортной схемы на транспортные потоки через моделируемую сеть (при необходимости мультимодальную) с отображением реакции спроса на новые объекты инфраструктуры и созданные условия.
- Понимание будущих изменений транспортных условий в ответ на изменения численности населения, занятости, экономической активности, автомобилизации.
- Понимание влияния изменения маршрутов, регулярности, скорости или доступности услуг транспорта общего пользования на пассажиров и доходы перевозчиков.
- Понимание взаимосвязи между изменениями в землепользовании и полученным транспортным спросом.

В конечном итоге результаты транспортной модели предоставят количественную информацию, которая используется для разработки схемы транспортного обслуживания, анализа рентабельности, финансового анализа и экологической оценки. Команда, занимающаяся моделированием, должна знать, что непосредственные пользователи результатов

транспортной модели рассчитывают на устойчивые транспортные прогнозы. Поэтому слабые стороны транспортной модели снижают возможность модели быть полезной другим специалистам.

Таким образом, качественная модель, основанная на соответствующем наборе данных, создает качественную совокупность исходных данных для концепции, проектирования и результатов оценки. Это в свою очередь позволит обеспечить более обоснованное проектирование и оценку транспортных проектов.

1.2. Процесс транспортного моделирования

Транспортные модели включают в себя значительные объемы информации, которые описывают большое количество передвижений транспорта по транспортной сети за определенный период времени (например, какой-то конкретный час или день). Типовая модель, например города, может включать более одного миллиона передвижений в течение утреннего пикового периода.

Модели также содержат информацию о транспортной сети (дорожные, железнодорожные, воздушные и водные виды транспорта) и ее использовании (например, расписание, пересадки и т. д.). Обычно данные кодируются в форме атрибутов для каждого транспортного отрезка в сети и включают скорость, свойства и способы перемещения для каждого отрезка. Информация об услугах транспорта общего пользования также может быть включена в модель.

Далее транспортная модель прогнозирует выбор типа передвижения, который делает каждый отдельный пользователь, перемещающийся по сети, и загружает итоговые перемещения в моделируемую сеть, основанную на выборе наиболее вероятных маршрутов (и при необходимости на распределении по видам транспорта) для каждой поездки. Транспортная модель описывает загруженную транспортную сеть после завершения процесса.

Транспортная модель позволяет определять состояние транспортной сети в будущем на основе роста спроса на поездки, внесенных изменений в сеть и социально-экономических данных. Последующие годы обычно выбирают между начальным и прогнозным годом, которые используются для оценки долгосрочных потребностей в пропускной способности или экономической оценки.

Для достижения этого транспортная модель часто требует значительных (нередко трудоемких и дорогостоящих) исходных данных,

полученных из стандартных статистических данных и данных специальных обследований для создания представлений о поездках, модели сети и для понимания текущих транспортных потоков и структуры спроса в целях калибровки модели. Это необходимо для достаточной точности и надежности при планировании и принятии решений. Выражение «что посеешь, то и пожнешь» хорошо описывает разнообразие моделей вне зависимости от качества программного обеспечения.

1.3. Результаты транспортного моделирования

Для большинства базовых моделей результаты могут быть ограничены транспортными потоками и задержками для одного перекрестка улично-дорожной сети. Для более крупных базовых моделей результаты включают в себя отчеты о транспортных потоках, спросе на услуги транспорта общего пользования по маршрутам движения и местоположению, грузоперевозкам, задержкам на перекрестках, распределении по видам транспорта, выбросы вредных веществ и общую статистику, описывающую эффективность сети. Сложными и хорошо поддерживаемыми программными пакетами являются те, которые автоматически рассчитывают набор подобных результатов в рамках их пользовательского интерфейса. Для всех программных пакетов моделирования требуются соответствующие исходные данные, делающие из них серьезные инструменты оценки.

Транспортная модель эффективно «автоматизирует» процесс заполнения транспортной сети транспортным спросом, тем самым генерируя результаты для пользователя, предоставляет возможность оценки множества транспортных схем или их вариантов для моделирования, которые проверяются по согласованному набору критериев непосредственно друг за другом.

1.4. Принцип пропорциональности

Разработчик всегда должен помнить, что исследования помогают в разработке, оценке и разъяснении инвестиционных решений, которые планируется реализовать. Исследования необходимы для предоставления экологической оценки предлагаемого варианта, а любые работы, не способствующие достижению поставленных целей, расточительны. Разработчик транспортной модели обязан предоставить планировщику и ответственному за принятие решений тщательно

проработанную информацию, степень неопределенности которой четко установлена и рассмотрена в рамках каждого исследования. Они вместе также должны убедиться, что любые обнаруженные расхождения между альтернативными вариантами являются реальными, а не результатом влияния методов, используемых при оценке.

Кроме того, важно, чтобы область применения существующих моделей и данных тщательно рассматривалась и новые модели и данные соответствовали поставленной задаче. Прежде чем будут выделены ресурсы, необходимо выбрать подход к моделированию, который должен быть сбалансирован, внимательно рассмотрен относительно вариантов разработки, проверки, вероятных ключевых результатов для проведения оценки относительно требуемого уровня и степени детализации анализа. Модель в рамках области применения и качества исходных данных должна соответствовать цели, при этом она не должна упрощаться и, в тоже время, необоснованно усложняться.

Примером может служить разработка и оценка модернизации основных железнодорожных коридоров, где учитывается значительное увеличение скорости, существует высокая конкуренция со стороны автобусного сообщения и автомобильных дорог и ожидается значительное изменение в выборе вида транспорта. Вероятно, это потребует мульти-модального коридора или расширенной сетевой модели с хорошо откалиброванной моделью взаимозависимого выбора вида транспорта.

2. Управление проектами транспортного моделирования

2.1. Организационная основа для моделирования

Моделирование может быть ресурсоемким и продолжительным процессом, который можно значительно улучшить, если имеются в распоряжении соответствующие исходные данные, собираемые на постоянной основе и обрабатываемые органами государственной власти в лице специальной команды, занимающейся централизованной разработкой и отвечающей за следующие задачи.

- Регулярный национальный, региональный или городской подсчет транспортного движения и пассажиров, исследование затрат времени на передвижение.
- Регулярные крупные исследования транспортного поведения (мобильности и склонности к передвижениям) домашних хозяйств (каждые несколько лет).

- Регулярные исследования поведения грузоперевозчиков и грузоотправителей.
- Исследования для предоставления информации по параметрам моделирования и т. д.
- Разработка на регулярной основе прогнозов спроса на национальном (городском) уровне.
- Регулярная обработка других существующих данных (например, данных переписи).
- Ведение централизованной базы данных со всеми необходимыми данными транспортного моделирования.
- Постоянная поддержка официальной национальной, региональной или городской транспортных моделей.

В то время как разработка транспортной модели может быть выполнена самостоятельно органами власти, обладающими необходимыми навыками, развитие и управление транспортными моделями зачастую передается внешним специалистам или производится специализированными транспортными институтами, что накладывает определенные требования на контракт заказчика, по которому они должны гарантировать успешное выполнение проекта. Далее в общих чертах описано несколько механизмов для успешного управления проектом моделирования.

2.2. Подготовка технического задания

Техническое задание (ТЗ) является ключевым документом, который устанавливает базовую структуру и требования к транспортному моделированию. Необходимо убедиться, чтобы все базовые требования были соответствующим образом полностью разъяснены в ТЗ.

Ключевые разделы рассмотрены ниже.

Техническая поддержка при подготовке ТЗ

Органам власти рекомендуется подключать специалистов с соответствующими навыками для подготовки ТЗ проекта моделирования. Они должны обладать не только достаточными знаниями по данному предмету, но и значительным практическим опытом в подготовке ТЗ и предложений по его исполнению. Таким образом обеспечиваются требования, описанные в контракте и не содержащие нереалистичные задачи для исполнителя или нереалистичные ожидания результатов для заказчика.

Только теоретические знания о моделировании недостаточны для контроля над подготовкой ТЗ. Настоящее руководство доступно орга-

нам власти для поддержки процесса подготовки ТЗ или в процессе привлечения стороннего консультанта для обеспечения технического сопровождения.

Предварительное определение задач (объема работ) в рамках ТЗ

Этап определения задач обычно является начальной стадией для проекта транспортного моделирования. В то время как полная детализация перечня проблем может не требоваться до проведения конкурса, для заказчика обычно необходимо формирование точки зрения о требуемом типе транспортной модели и ее функциональности. Конкурсы без какого-либо начального определения перечня задач (объема работ) являются нежелательным шагом, т. к. данное действие стимулирует использование низкочестного подхода к транспортному моделированию, что негативно влияет на точность прогноза и оценки. Таким образом, в ТЗ должны быть изложены основные требования, перечисленные ниже.

- Требуется ли создание новой транспортной модели или может быть использована уже существующая?
- Какая модель транспортной сети является желаемой (требуемой)?
- Какие виды транспорта должны быть включены в модель?
- Какова моделируемая область исследований?
- Будет ли модель учитывать изменение транспортного спроса?
- Сколько будет учтено групп пользователей и целей поездки?
- Каковы временные периоды и горизонт прогнозирования (прогнозные года)?

Проекты транспортного моделирования должны быть полностью рассмотрены до такой степени, когда возможно использование контракта с установленной ценой, определенным ТЗ и программой работ.

Обеспечение сбора данных

Затраты на сбор данных не должны подвергаться слишком конкурентоспособному конкурсу, поскольку это провоцирует уменьшение затрат на их сбор, что неизменно приводит к снижению качества модели и не рекомендуется к использованию. Цена контракта должна быть неизменной и включать в себя расходы на сбор данных (проведение исследования). Такой подход позволяет разработать план исследования специалистами и предложить его сторонним поставщикам для включения в качестве расходов в пределах фиксированной допустимой суммы контракта.

Величина расходов на сбор данных сложно оценима при отсутствии действий по определению перечня задач, т. к. они значительно варьируются в зависимости от модели. В качестве общего руководства

бюджет для сбора данных может составлять до 20% от общей стоимости разработки модели, хотя для итоговых расходов превышение этой величины не редкость. Окончательное значение будет зависеть от того, доступны ли существующие данные, необходимые для модели, или для получения данных требуются дополнительные исследования.

Наращивание потенциала

На начальных этапах управления реализацией моделирования рекомендуется, чтобы заключающие контракт органы власти учитывали механизмы для создания необходимых навыков и опыта в этой области. Например, заказчик может обязать команду специалистов привлечь к обучению как минимум одного местного работника в поддержку проекта по разработке модели под наблюдением квалифицированного члена команды специалистов.

В качестве альтернативы заказчик может привлечь одного из его сотрудников к работе с командой специалистов на определенный период для поддержки задачи по разработке модели. Настоящее руководство может помочь в определении таких условий, которые впоследствии будут внесены в контрактную документацию.

Ссылка на руководства по транспортному моделированию

В процессе проведения закупки ТЗ должно включать ссылку на соответствующую документацию (руководства) для использования при разработке транспортной модели. Если существует национальное руководство, могут быть даны ссылки на него. Если национальное руководство отсутствует, может быть добавлено требование предусматривать разработку транспортной модели в соответствии с настоящим руководством.

Требования к исполнителю

Выбор исполнителя для моделирования должен гарантировать, что будет обеспечен соответствующий уровень квалификации и опыта. Транспортным моделированием обычно занимаются небольшие команды, члены которых работают над различными элементами разработки модели. Команда контролируется руководителем, который полностью ведет процесс, проверяет и утверждает результаты, а также помогает заказчику их интерпретировать. Таким образом, существует требование, гарантирующее, что соответствующую квалификацию имеет не только руководитель, но и все члены команды.

Уровень квалификации и численность команды различны для каждого проекта моделирования. Предполагается, что руководитель должен иметь опыт работы не менее 10 лет в транспортном планировании

и исследовании моделирования и за последние 5 лет реализовал как минимум 1 схожий по масштабам проект. Другие основные члены команды моделирования должны иметь опыт работы по специальности не менее 5 лет. Остальные, оказывающие общую поддержку главным членам проектной группы, должны обладать технической квалификацией без предъявления требований к опыту работы.

Заказчику рекомендуется установить обязательное требование по предоставлению списка всех участников команды моделирования с кратким описанием ранее выполненных ими работ, а также предоставлению плана распределения ресурсов для выполнения работы.

При выборе исполнителя настоятельно рекомендуется, чтобы команда моделирования отбиралась на основе соотношения цена — качество. Показатель качества для конкурсного предложения должен быть определен на основе:

- Состав команды исполнителей и их опыта.
- Предложений по интеграции с имеющимися данными и другими транспортными моделями.
- Предлагаемой функциональности моделей.
- Применения хорошо проверенных методов с низким уровнем технического риска.
- Предложения по поддержке (сопровождению) с целью обмена знаниями.
- Инновационных предложений в методологии (подходе), если они повышают ценность проекта.
- Предложения по взаимодействию с командой разработчиков и командой СВА (cost-benefit analysis — группа анализа экономической эффективности²).

Срок выполнения контракта

Сроки работ по транспортному моделированию играют важную роль в выборе правильного варианта проекта и доказательстве его экономической обоснованности. На последних этапах разработки проекта может возникнуть необходимость пересмотра значений параметров, кодировки сети и определения матриц, если дальнейший анализ приводит к проблемам с адекватностью модели. Таким образом, важно, чтобы команда транспортного моделирования оставалась неизменной

² Как правило, в российских проектах эту функцию выполняет сам заказчик, а отдельное подразделение анализа экономической эффективности в проектах моделирования встречается редко (*примеч. ред.*).

на всем этапе разработки, пока результаты работы не будут приняты или отклонены окончательно. Также важна доступность команды моделирования для внесения соответствующих изменений как части любого вклада в настоящее руководство для улучшения качества транспортного моделирования.

Распространены случаи, когда последующие пользователи модели испытывают трудности в интерпретации того, как разработчик построил некоторые ее элементы. Хотя это должно быть полностью описано в руководстве по модели, такая документация не всегда является понятной. Это создает выгоду для исполнителей по продлению обязательств консультирования после завершения разработки и сдачи проекта.

2.3. Технический анализ

В случае необходимости заказчик может нанять специалиста или организацию для поддержки полученных результатов (модели), продолжения анализа и управления проектом моделирования. Этот специалист осуществляет поддержку заказчика при интерпретации результатов различных этапов разработки модели и консультирует по вопросам общего качества и направления работы. Он должен обладать существенным опытом (не менее 10 лет) в подготовке транспортных моделей и их применении к процессу планирования и в подготовке крупных инфраструктурных проектов. Как уже было отмечено, одних теоретических знаний моделирования недостаточно, чтобы контролировать работу команды моделирования. Для проекта под эгидой JASPERS органам власти предоставляется поддержка во время процесса привлечения стороннего консультанта для обеспечения технической помощи. В России и странах СНГ Ассоциация транспортных инженеров (АТИ) предоставляет своим членам такую помощь, в том числе в некоторых случаях на безвозмездной основе.

Отсутствие квалифицированного специалиста для наблюдения за такой работой может привести к несоответствующему (недостаточно точному) ТЗ, консультационно-ориентированному подходу и существенным отклонениям от условий проекта, которые останутся незамеченными. Аналогично привлечение специалиста с хорошими теоретическими знаниями, но ограниченным практическим опытом может привести к чрезмерному усложнению транспортной модели или к таким решениям, которые не будут сосредоточены на наиболее важных аспектах.

Технические обзоры (анализ) могут принять форму периодического ознакомления с результатами или могут привести к использованию более практического подхода, где проверяющий обменивается общими данными с командой моделирования. Важно, чтобы он был независим от команды моделирования и делал объективные суждения.

Примечание АТИ: на первых этапах работы, а также при реализации крупных проектов положительный эффект может дать привлечение внешних консультантов, имеющих большой практический опыт моделирования таких проектов.

Так, например, в 2012 г. Заказчик в лице Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры г. Москвы привлек международную управляющую компанию для поддержки и управления проектом создания транспортной модели Московской агломерации. Привлечение управляющей компании позволило обеспечить в крайне сжатые сроки предоставление необходимых исходных данных и высокий уровень приемки работы.

Государственная компания «Российские автомобильные дороги» в 2014 г. при проведении конкурса на создание транспортной модели Европейской части России выбрала в качестве победителя консорциум, в состав которого входила крупная международная инженеринговая компания, которая на базе своего международного опыта консультировала непосредственных исполнителей при выполнении проекта.

При разработке Комплексной схемы организации дорожного движения г. Алматы в 2016 г. в составе рабочей группы Администрацией города была привлечена международная консалтинговая компания, которая выступала экспертом и поддерживала Заказчика при приемке работ и Исполнителя при разработке решений, с учетом имеющегося международного опыта.

2.4. Интеллектуальная собственность и поддержка (сопровождение) модели

Когда проект касается развития транспортной модели, которая играет жизненно важную роль в стратегическом планировании транспортного проекта, финансирование должно предусматриваться в том числе и для поддержания в актуальном состоянии транспортной модели, в виде продолжающихся работ по наращиванию потен-

циала. В этом случае определяется конкретный специалист со стороны заказчика, который несет полную ответственность за обслуживание модели (включая последующие обновления модели). Он также распространяет модель среди других специалистов или органов власти для работы над смежными проектами, когда это возможно и необходимо.

ТЗ должно четко прописывать, что транспортная модель, разработанная в рамках какой-либо совместной работы, останется собственностью органов власти (заказчика), как и любые лицензии, приобретенные в рамках контракта.

2.5. Обзор требований

На основе вышеизложенного представлен сводный перечень рекомендаций для органов власти по достижению успешных результатов при подготовке и применении транспортных моделей.

Перечень требований к органам власти:

- Четкое определение целей проекта.
- Получение технической поддержки для оказания помощи в подготовке ТЗ от внешних специалистов.
- Приобретение старых моделей и (или) имеющихся данных у других министерств (ведомств).
- Назначение заказчиком технического директора для управления внешней технической поддержкой и для контроля выполнения инструкций консультантом.
- Назначение заказчиком технического руководителя (для стратегических моделей) для наблюдения за будущей поддержкой транспортной модели и ее распространением третьим лицам.
- Рассмотрение возможности по наращиванию потенциала в рамках органа власти (бенефициара).
- Предварительное определение масштаба моделирования до подготовки ТЗ.
- Установление ограничений (времени и бюджета) для сбора данных.
- Четко определенные и достаточные знания и компетенции для команды моделирования.
- Включение требования о передаче модели заказчику после выполнения проекта.
- Включение требования по созданию руководства по модели.

- Включение требований и условий для поддержания модели (для стратегических моделей).
- Подготовка программы технического анализа моделей компетентным специалистом.
- Включение ссылки на настоящее руководство в ТЗ.

Примечание АТИ: важным вопросом для квалифицированной приемки и разработки проектов по транспортному планированию является кадровое обеспечение. В зависимости от решаемых задач транспортного планирования в этой сфере работают инженеры (бакалавры или магистры) по направлениям подготовки:

- градостроительство,
- технология транспортных процессов.

Специалисты в области транспортного планирования должны обладать широким набором компетенций, включая вопросы региональной экономики, градостроительства, основ проектирования объектов транспортной инфраструктуры, теории транспортных систем, транспортного моделирования и др.

Важнейшей составляющей подготовки специалистов по транспортному планированию является получение навыков транспортного моделирования, т. к. в современных условиях именно на основе транспортного моделирования вырабатываются эффективные решения по транспортному планированию.

С целью повышения качества обучения специалистов по транспортному планированию должна быть постоянная государственная поддержка данного направления подготовки, также целесообразно создание нескольких региональных центров подготовки и повышения квалификации специалистов.

2.6. Требования к отчетной документации

Очень важно, чтобы любая транспортная модель не была «черным ящиком» для обоснования проекта. Процесс моделирования, исходные данные, допущения и результаты должны быть обоснованы и задокументированы для внешней оценки и взаимопонимания. Ожидаемый конечный результат транспортного моделирования подробно описан в главе 12 руководства и кратко излагается в следующих документах:

- Отчете (пояснительной записке) о транспортном моделировании.

- Копии транспортной модели, а также версии всех смоделированных сценариев, где используются сетевые модели, в виде share-файлов.
- Руководстве по модели.

Обратите внимание, что вышеупомянутый итоговый результат должен быть подготовлен в дополнение к любым отчетам о технико-экономическом обосновании или анализе рентабельности, которые могут быть представлены в рамках подготовки проекта.

2.7. Нормативная база

Примечание АГИ: крайне остро стоит вопрос нормативного обеспечения сферы транспортного моделирования. Без четкой регламентации в данной сфере сложно обеспечить однородность и сопоставимость результатов транспортного планирования с применением транспортного моделирования. На момент выпуска данного руководства в СНГ имеет место явно недостаточный уровень развития такой нормативной базы. Разработаны и приняты документы, регламентирующие отдельные вопросы, связанные с транспортным моделированием, а именно:

- Стандарт Государственной компании «Автодор» СТО АВТОДОР 2.2–2013: Рекомендации по прогнозированию интенсивности дорожного движения на платных участках автомобильных дорог Государственной компании «Автодор» и доходов от их эксплуатации;
- Правительство Москвы МРР-3.2.61–13: Методика определения стоимости математического моделирования транспортных потоков с применением специализированных программных продуктов, осуществляемого с привлечением средств бюджета города Москвы;
- Постановление РФ от 25 декабря 2015 г. № 1440 «Требования к программам комплексного развития транспортной инфраструктуры поселений, городских округов».

Необходимо скорейшее развитие нормативной базы с участием ведущих специалистов, имеющих соответствующую теоретическую подготовку и практический опыт, а также заинтересованных государственных структур.

В Техническом задании должны быть отражены современные подходы к решению задач транспортного планирования и ссылки на нормативную базу. Пример Технического задания приведен в Приложении I.

3. Основные проблемы и рекомендации

3.1. Обзор

Эффективное управление проектом приведет к хорошо разработанной модели, обеспечивающей высокое качество и соответствующие результаты. Таким образом, важно понять потенциальные проблемы, которые возникают в проектах моделирования. Краткая информация о наиболее известных проблемах и рисках, основанная на опыте JASPERS и членов Ассоциации транспортных инженеров, предоставлена ниже вместе с описанием возможных решений. Взаимосвязь между ними представляется нам очевидной.

3.2. Этап проведения закупки (конкурса)

Проблемы:

- В ТЗ не полностью определен объем работ (перечень задач), что ведет к непониманию требований проекта и к очень высокому разбросу по стоимости выполнения работ в заявках с высоким риском установить заниженную цену.
- Недостаточный (низкий) отклик от претендентов, связанный с нечетким ТЗ, невыполнимым объемом работ или неопределенностью относительно наличия исходных данных.

Решения:

- Строгая оценка задач на предварительной стадии, предшествующей подаче заявок, для конкретизации требований к работе, фиксируемых в ТЗ.

3.3. Этап подготовки проектов

Проблемы:

- Модель используется только в качестве исходных данных для экономической оценки, а не для программы (плана) разработки концепции и анализа проекта. Это может привести к разработке модели, несоответствующей прогнозируемому спросу.
- Результаты модели не являются надежными и выдают данные низкого качества для экологического, экономического и финансового анализа.

Решения:

- Внесение изменений в процессе подготовки проекта, включая организационные требования о необходимости анализа вариантов на основе технико-экономического обоснования в начале проектного цикла.
- Повышение технической точности при разработке модели и ее тестировании с привлечением технического рецензента.

3.4. Право собственности на модель, доступ к данным и документация

Проблемы:

- Сохранение прав собственности на модель исполнителем приводит к непрозрачности и отсутствию постоянного доступа и контролируемой поддержки модели.
- Документация низкого качества по моделированию ведет к трудностям при проведении оценки или проверки, в том числе и для последующих пользователей модели.
- Труднодоступность других моделей (например, официальных моделей города), которые формируют важные исходные данные для проекта.
- Закрытый доступ к данным, принадлежащим третьим лицам, включая государственные транспортные компании.

Решения:

- Обеспечение доступности (условие контракта) файлов модели и полной документации для заказчика и третьих лиц для использования и внесения дополнений.
- Обеспечение разработки модели на широко распространенном коммерческом программном обеспечении.
- Заказчик должен стремиться к общему соглашению в отношении доступа к данным и моделям, принадлежащим третьим лицам, таким как государственные железнодорожные компании (и правилам публикации данных для защиты их коммерческих интересов).
- Заказчик должен отслеживать предоставление данных путем официальных запросов в другие правительственные организации и учреждения.

3.5. Наращивание потенциала, управление проектами и качество. Область применения

Проблемы:

- Отсутствие опытного и квалифицированного персонала или нехватка временных ресурсов при техническом анализе.
- Недостаточное количество времени, отведенное на моделирование задач в ТЗ, ведет к несоответствующим и недостаточным результатам.
- Результат конкурса, основанный на цене, с низким критерием квалификации, часто приводит к работе с недостаточно квалифицированным и опытным исполнителем и к результатам низкого качества.
- Отсутствие соглашения с подробным определением задач после начала выполнения проекта между заказчиком и исполнителем.
- Модель разработана на основе несогласованного перечня задач по причине плохого описания процесса приемки (сдачи проекта).
- Модели с недостаточными исходными данными, в частности без местных обследований, требуемых для создания и калибровки модели, приводят к нереалистичным результатам.
- Слишком простые модели для рассматриваемой схемы (например, не мультимодальные или с ограниченным описанием транспортной сети).
- Слишком сложные модели с очень большим временем выполнения расчета прогноза, являются следствием неэффективного управления во время процесса моделирования или чрезмерно амбициозных функциональных требований.
- Несовместимость с другими связанными моделями по параметрам и результатам прогноза.
- Недостаточное внимание, упрощение и политизация процесса прогнозирования.
- Плохая координация и связь между задачами моделирования и экономического анализа.

Решения:

- Привлечение более сильной команды управления проектами (проектной группы) заказчика и (или) обеспечение внешней поддержки по вопросам моделирования и экономики, предусмотренных в ТЗ, для завершения модели.

- Разработка стандартизированных подходов к моделированию, проведение исследования для моделирования, разработка стандартной национальной (городской) базовой модели и базового прогноза.
- Обучение руководителей роли, важности и необходимости моделирования.

Совокупность основных проблем, обозначенных выше, показывает, что многого можно избежать при точном определении требований проекта в техническом задании и на этапе определения задач модели. Это усиливает потребность в высоком качестве технической поддержки на ранних этапах проекта, что в свою очередь обеспечивает хорошую основу для последующей работы.

Часть В

РУКОВОДСТВО ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТА

4. Определение типов транспортной модели

Существует большое разнообразие типов моделей, которые могут быть предметом оценки, от развития существующей инфраструктуры, новых крупных дорожных или железнодорожных проектов и до более комплексных, по подготовке генерального плана, комплексной транспортной схемы, комплексной схемы организации дорожного движения. Очевидно, что применение единого подхода «на все случаи жизни» неразумно, когда речь идет о разработке транспортных моделей для оценки такого набора задач. Более того, географическое положение и размер объекта моделирования также влияют на решение о применении того или иного типа моделирования.

4.1. Методы моделирования

Транспортное моделирование варьируется от разработки относительно простых моделей в форме электронных таблиц, которые в основном делаются на заказ и создаются пользователями для конкретных расчетов, до моделей транспортных сетей, которые описывают определенную область исследований и рассматривают транспортный спрос как функцию состояния транспортной сети.

Например, количество поездок, возникающих в населенной территории, может быть функцией от качества транспортного предложения (время передвижения до ближайшего пункта назначения). Подобным образом выбранный путь (маршрут) также будет функцией от уровня загрузки движением в сети. Сетевые модели являются более сложными, т. к. они включают в себя «петли обратной связи», в которых полученное состояние сети может влиять на решения пользователей.

В целом для планирования и оценки транспортных проектов необходимо использование сетевых моделей (дополненных моделями в форме электронных таблиц в соответствующих случаях).

4.2. Структура транспортных моделей

Транспортные модели обычно состоят из ряда отдельных модулей (этапов), которые работают в определенной последовательности. «Четырехшаговая модель» описывает стандартный подход к моделированию транспортных потоков. Процесс представлен в таблице 1.

Таблица 1. Структура четырехшаговой модели

Этап	Основной результат	Описание
Генерирование поездок	Суммарный объем транспортного спроса	Транспортный спрос обычно определяется количеством поездок, которые создаются в рамках определенного периода (выбранный период моделирования). На самом высоком уровне это может быть агрегированное значение для целой транспортной системы. Для сетевых моделей транспортный спрос вычисляется по районам
Распределение поездок	Матрица корреспонденций — конкретные объемы спроса между конкретными транспортными районами	Общее количество поездок, генерируемых районом и распределенных по другим районам. Результатом является набор матриц корреспонденций, которые описывают количество поездок между каждым районом пунктов отправления и назначения с различными целями и временными периодами (сутки, час пик и т. п.)
Разделение по видам транспорта (modal split)	Конкретные объемы спроса на каждом используемом виде транспорта	Спрос на поездки между пунктами отправления и назначения распределяется по виду транспорта (автомобильному, железнодорожному) и т. д. Распределение по видам транспорта требует описания условий (состояния) сети, которое определяет требования для моделирования
Перераспределение по сети	Конкретные наиболее вероятные маршруты для каждого пользователя с учетом используемого транспорта	Выбор пути происходит исходя из условий улично-дорожной сети и доступного предложения транспорта общего пользования. Распределение требует описания условий сети, которое определяет требования для моделирования

В моделях общественного и грузового транспорта может быть еще один дополнительный этап, на котором объем (количество) поездок (в тоннах или пассажирах) преобразуется в количество транспортных средств (ТС), которые выполняют задание на основе предположений

о загрузке (заполняемости). Это обеспечивает лучшее понимание потребности в ТС или услугах. Более сложные грузовые транспортные модели также могут иметь дополнительные этапы, связанные с моделированием логистической цепочки.

Для оценки транспортных проектов создается транспортная модель как минимум для двух сценариев (вариантов с реализацией и без реализации проекта). Кроме того, оба варианта создаются для базового и прогнозируемого годов. Последствия проекта определяются как разница между вариантами «с проектом» и «без проекта» для каждого года моделирования.

Примечание АТИ: проработка транспортных проектов может включать разработку и сравнение большого количества (иногда сотен) сценариев, которые необходимо сначала сформировать, затем смоделировать, сопоставить и выбрать лучший. Именно так решаются задачи развития транспортных систем городов. Это касается и проектов массовых мероприятий, например таких как Олимпийские игры, где должны быть смоделированы все возможные комбинации транспортного обслуживания и возможные нештатные ситуации, для подготовки планов действий при их возникновении.

Большие объемы расчетов требуются и при проработке проектов платных дорог, в составе которых необходимо тестировать эластичность спроса на платном участке при разных системах оплаты, расположении пунктов взимания платы, размерах платы, сроках прогнозирования и сценариев экономического развития. Грамотная комбинация изменения всех этих факторов в процессе моделирования позволяет определить оптимальный коридор развития проекта для концессионера для каждого прогнозного года, что крайне важно для построения финансовой модели.

Эффективность решений при транспортном моделировании, особенно крупных проектов, будет во многом определяться умением сформировать наиболее вероятные сценарии развития, учесть различные факторы, влияющие на функционирование объекта в перспективе.

4.3. Функциональные возможности транспортных моделей

Для каждого из четырех этапов моделирования часто существует потребность включения в процесс моделирования обратных связей. Они раскрывают взаимосвязь различных шагов процесса моделирова-

ния и соответственно необходимость применения итерационных методов расчета. Примеры включают следующие случаи.

- Распределение спроса в транспортной сети существенно меняет состояние сети (через появление заторов на дорогах), что в свою очередь влияет на выбор вида транспорта. Поэтому необходима обратная связь на этапе распределения поездок по видам транспорта.
- Распределение спроса на транспортную сеть приводит к заторам в точках этой сети, что влияет на выбор пути (маршрута). Поэтому на этом этапе необходима обратная связь.
- Затор влияет на выбор места назначения. Для этого необходимо, чтобы сетевая информация с этапа распределения передавалась обратно на этап генерации поездок.

Функциональные возможности модели определяются наличием обратных связей, которые увеличивают способность модели прогнозировать реальные результаты. Различные уровни функциональности определяются следующим образом.

Простые модели

Использование простых моделей возможно, если влияние вмешательства в модель полностью осознано, и все результаты являются независимыми друг от друга. Например, результаты расчетов не являются исходными данными для последующего вычисления, и, следовательно, нет потребности в обратной связи. В простых моделях вычисление может быть выполнено при помощи электронных таблиц или существующих на рынке программных продуктов.

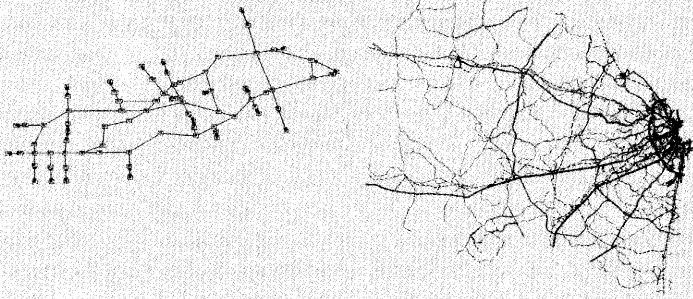
Для анализа транспортных сетей простые модели нужно использовать с осторожностью, их использование должно быть ограничено только теми объектами моделирования, в которых отсутствует взаимосвязь между состоянием сети и полученным транспортным спросом. Использование простых моделей для решения задачи не рекомендуется, кроме как в простейших и незагруженных транспортом сельских сетях.

Примеры простых моделей

- Модели, в которых нет изменения спроса и где требуется определить время в пути (передвижения) и (или) влияние аварийности (ДТП) при помощи простых функций (таких как зависимость скорость-интенсивность). В этом случае схема модели не должна влиять на генерацию поездок, распределение по сети, распределение по видам транспорта или назначению (цели поездки).

- Прогнозирование существующего спроса путем применения коэффициентов прироста для отображения увеличения численности населения, занятости, экономической активности или других демографических и экономических параметров. Пользователь применяет функции к существующему спросу для определения изменения при генерировании поездок.
- Оценка транспортных сетей с несколькими перекрестками, на которых изменение направления (маршрута) не рассматривается в качестве возможной реакции (т. е. оценка учитывает только время в пути, безопасность и другие соответствующие последствия).
- Оценка отдельных перекрестков, на которых определяются очереди и задержки на основе фиксированного спроса и определенных схем организации движения на перекрестках.

Примечание АГИ: в зависимости от поставленной задачи и объекта моделирования могут применяться модели с существенно различающейся степенью детализации, например в количестве матриц корреспонденций, количестве транспортных районов или размере сети, используемых при определении спроса на передвижения. Ниже приведен пример сети одного моделируемого объекта, разработанного двумя разными консультантами:



Модель распределения³

Модели распределения — это сетевые модели, которые оценивают фиксированный транспортный спрос (с установленным суточным профилем спроса) на заданной транспортной сети. В моделях распре-

³ Модели расчета распределения нагрузки по сети без учета других факторов (примеч. ред.).

деления результаты моделирования генерации и распределения поездок, распределения по видам транспорта производятся извне и являются исходными данными для процесса моделирования распределения.

Основной функцией моделей распределения является определение реакции на изменения направления (маршрута) для новых транспортных услуг или новой (улучшенной) инфраструктуры. Это производится исходя из схематичного представления сети при помощи отрезков и узлов, а спроса посредством матрицы корреспонденций. Распределение по альтернативным путям производится при помощи алгоритмов выбора пути, которые описывают поведенческий выбор пользователей, основанный на затратах на передвижение (в целом все затраты, как правило, сводятся ко времени поездки).

Модели распределения обладают внутренними обратными связями — перераспределение спроса по сети изменяет состояние сети (уровень загрузки, а значит и время поездки). Состояние сети пересчитывается после каждого распределения, что повторяется до тех пор, пока не будет достигнуто стабильное состояние.

Из-за сложности расчетов модели распределения обычно разрабатываются при помощи специального программного обеспечения для моделирования. Модели распределения, использующие в своей основе электронные таблицы, считаются приемлемыми только для очень простых и незагруженных транспортом внегородских сетей.

Этот вид моделей применяется в следующих случаях:

- Модели, где ожидается изменение существующего спроса, но нет замены вида транспорта или изменения объема транспортного спроса.
- Повышение качества услуг в системах транспорта общего пользования, где возможно изменение направления (маршрута) в рамках сети транспорта общего пользования, но где общий спрос на общественный транспорт не изменится. В случаях, когда существует конкуренция между железнодорожным, трамвайным и автобусным транспортом, использование модели распределения нецелесообразно, и модели распределения по видам транспорта могут быть необходимы для полного учета всех последствий.
- Предложения в сфере транспортной политики, которые влияют на возможные варианты маршрутов движения по транспортной сети.

Для моделей автомобильного транспорта модели распределения не выполняют расчеты изменений в спросе на транспортные услуги или в виде способа передвижения. В результате они применимы только для оценки схемы дорожной сети. Следует отметить, что спрос или выбранный вид транспорта часто могут определять вид проекта, и отсутствие модели спроса может не позволить учесть все преимущества и результаты инвестиций.

Для моделей автомобильного транспорта распределение может напрямую влиять на состояние дорожной сети, т. е. время поездки (передвижения) является функцией интенсивности движения на любой части сети. По этой причине обратные связи встроены в модели распределения таким образом, чтобы каждое последующее распределение было основано на состоянии сети из предыдущего цикла. Это позволяет более точно учесть при выборе маршрута возникающие заторы. Конечное распределение определяется в качестве итогового, если разница между последующими распределениями находится ниже определенного критического значения (показателя конвергенции, т. е. сходимости алгоритма).

Модели распределения в моделях транспорта общего пользования обычно выполняются на основе «пути с наименьшими затратами» (распределение «все или ничего» или более привычное стохастическое распределение на множество путей на основе относительных обобщенных затрат на путь). Затраты на передвижение рассчитываются как комбинация времени поездки, тарифа (стоимости проезда), времени на посадку-высадку и ожидания, и иногда коэффициента комфортности ТС.

Уровень загрузки обычно используется только в качестве одного из коэффициентов алгоритма распределения моделей транспорта общего пользования в районах, где теснота в салоне является отличительной чертой системы транспорта общего пользования.

Следует отметить, что при моделировании транспорта общего пользования на основе модели распределения транспортные модели, как правило, распределяют спрос между различными видами транспорта общего пользования на основании того, что они полностью взаимозаменяемы с точки зрения пользователя. В некоторых случаях это является необоснованным предположением, особенно в тех случаях, когда виды транспорта общего пользования существенно отличаются друг от друга по качеству и интервалам движения (например, в случаях, когда включены области, обслуживаемые железнодорожным транспортом). В таких случаях должна быть использована модель распределения по видам транспорта.

Модели распределения с учетом распределения по видам транспорта

В качестве дальнейшего расширения функциональных возможностей транспортной модели, моделирование с распределением по видам транспорта может включаться в качестве дополнения при моделировании распределения поездок по сети. Оно рассматривает обобщенные затраты (включая финансовые и нефинансовые затраты) на поездки (передвижения) по всем доступным видам транспорта и использует его для распределения спроса между видами транспорта. Распределение впоследствии выполняется для каждого вида транспорта.

При моделировании распределения по видам транспорта состояние сети, следующее после распределения, возвращается для расчета распределения поездок по видам транспорта между каждой парой пункт отправления — пункт назначения. Вычисление распределения, таким образом, повторяется до тех пор, пока не будет достигнуто устойчивое распределение.

Применение моделирования распределения по видам транспорта предполагает следующее.

- Восстановление сети на тех участках, где предполагается изменение направлений существующего спроса и способа передвижения.
- Улучшение качества услуг систем транспорта общего пользования, на которых возможно изменение направления движения (маршрута) в рамках сети транспорта общего пользования, а также там, где изменится общий спрос на общественный транспорт.
- Изменения в сетях транспорта общего пользования или предоставляемых услугах, где спрос может изменяться между автомобильным и железнодорожным транспортом общего пользования или между видами городского транспорта общего пользования и железной дорогой.
- Предложения в сфере транспортной политики, которые оказывают влияние на способ передвижения, но не на общий спрос на поездки.

Обратите внимание, что моделирование распределения по видам транспорта не учитывает изменения в общем транспортном спросе. Для междугородних сетей, в которых автомобильная дорога занимает значительную часть существующего транспортного спроса, результирующие переменные спроса (см. переменные модели спроса) иногда могут быть значительно хуже, чем результаты распределения по видам транспорта. Таким образом, учет только последствий распределения

по видам транспорта часто может недооцениваться в итоговом спросе на планируемую инфраструктуру.

Модели распределения по видам транспорта требуют наличия высокого уровня вычислительной мощности, в частности для больших сетей, в которых ожидается конкуренция между различными видами транспорта. Использование модели в форме электронных таблиц во всех вычислениях, за исключением очень простых расчетов распределения по видам транспорта на отдельных путях (маршрутах), не позволяет достичь реалистичных результатов в перегруженных транспортными сетями.

Для незагруженных движением сетей целесообразно объединение результатов двух отдельных моделей распределения для различных видов транспорта в упрощенной модели модального выбора (не итерационной), основанной на итоговых затратах на поездку (временных и стоимостных).

Модели переменного спроса

Модели переменного спроса предоставляют широкие функциональные возможности использования транспортных моделей. Обычно в дополнение к моделированию распределения по сети и распределения по видам транспорта они также включают в себя модули генерирования и распределения поездок из четырехшаговых моделей в качестве части процесса моделирования с обратными связями на всех этапах. Модели переменного спроса, таким образом, могут моделировать следующие результаты:

- Изменение в общем транспортном спросе, включая оценку объема перевозок в проекте с точки зрения более дешевых поездок.
- Изменение в структуре поездки.
- Изменение в продолжительности поездки.

Модели переменного спроса обусловлены структурой землепользования, социально-экономическим развитием и состоянием сети в рамках области моделирования, и поэтому могут обеспечивать понимание реакции на изменения этих параметров.

Типовые сценарии, требующие моделирования переменного спроса, включают крупные города с перегруженными сетями, сценарии с существенным изменением во времени передвижения (поездки) и (или) в структуре землепользования и связанными экономическими мероприятиями, или регионы, которые традиционно страдают от низкой транспортной доступности.

Моделирование переменного спроса — это мощный инструмент оценки влияния транспортной и экологической политики или изменяющихся экономических условий поездок (перемещений). Примеры, не поддающиеся количественной оценке с использованием только модели распределения или выбора вида транспорта, включают следующие:

- Изменение цен на топливо.
- Использование оплаты за пользование автомобильными дорогами.
- Изменение тарифов (платы за проезд) транспорта общего пользования.
- Введение или изменение парковочных сборов.
- Изменение структуры населения и развития территории моделирования.
- Существенные изменения основных схем управления движением.

В таких случаях модель переменного спроса является фундаментальным элементом в оценке проекта. Соответствующие изменения спроса должны фиксироваться для понимания последствия влияния проекта.

Модели переменного спроса потребуют значительных вычислительных мощностей, в частности для больших сетевых моделей с переменным спросом, выбором вида транспорта и транспортным балансом, рассчитываемыми одновременно.

Простые модели могут быть разработаны при исследовании отдельных элементов переменного спроса. Например, эластичность или логит-функции могут быть использованы для определения влияния транспортного спроса для одного района или области моделирования. Тем не менее, эта информация используется вместе с сетевой информацией для запуска итогового распределения по видам транспорта и (или) распределения по сети, и, следовательно, большинство моделей переменного спроса, используемых для планирования или оценки транспортной инфраструктуры, корректно создаются с использованием сетевых моделей.

4.4. Выбор методологии моделирования

В общем случае методология моделирования для ТС и пассажиров подразделяется на три категории.

- Макроимитационные модели. Для распределения рассчитывают стоимость использования различных маршрутов на основе совокупных затрат времени на передвижение на каждом участке сети

в зависимости от транспортного потока. Они обеспечивают хорошее визуальное представление спроса на сети в течение определенного периода. Современные модели также включают генерацию и распределение поездок, распределение по видам транспорта и поездок по сети, охватывая все процессы в рамках четырехшаговой модели.

- Микроимитационные модели, которые, как правило, моделируют только распределение. Модель распределения работает на основе моделирования движения отдельных ТС и пешеходов, отображая их поведение относительно поведения окружающих их других участников. Они обеспечивают хороший визуальный инструмент, чтобы понять работу сети в режиме реального времени, и подходят для точного моделирования задержек для транспортной сети или пешеходного движения, в частности для отдельного или группы перегруженных движением перекрестков.
- Мезоскопические модели рассматривают единичные ТС и пешеходов, но описывают их движение и взаимодействие на основании статистических, агрегированных зависимостей (аналогично макромоделям). На практике модели такого типа используются крайне редко.

Несмотря на то, что макроимитационные модели могут быть время- и ресурсозатратными, они обеспечивают множество сценариев «что если?» для тестирования в процессе подготовки проекта или в целом транспортной стратегии. Кроме того, они обеспечивают получение результатов, которые отвечают требованиям транспортного спроса, допустимому воздействию на окружающую среду, а также экономической и финансовой оценки.

Микроимитационные модели являются наиболее подходящими для оценки дорожной сети на городских территориях, или там, где характер расположения дороги делает сложным моделирование конфликтов (например, слияния, переплетения, сложные перекрестки). Микроимитация может использоваться более широко, например, на автомагистралях в целях моделирования реакции пользователей на управление транспортным движением, способы и системы информирования пользователей при использовании ИТС. Более продвинутые методы позволяют использовать микромоделирование для анализа безопасности дорожного движения. При их использовании метод генерирования результатов для анализа эффективности затрат следует предусматривать заранее. Использование микромоделирования для междугородних дорожных про-

ектов и для больших сложных городских сетей может быть проблематичным и очень затратным с точки зрения вычислительных мощностей.

Микроимитационная модель всего города для крупных городов или сложных сетей автомагистралей — это чрезвычайно сложная задача, и она не рекомендуется для практического применения.

Программное обеспечение, доступное на рынке, фокусируется на только одной из перечисленных категорий моделей, или все больше включает в себя некоторые или все из них, предоставляя подробное микро- или мезоскопическое моделирование небольших областей в рамках более широкой макромоделю. Это позволяет применять трех- или четырехшаговый подход, который допускает использование сильных сторон каждого подхода к моделированию (например, изменение вида транспорта или времени поездки может быть главной реакцией на дорожные заторы и не будет выявлено путем использования только микромоделирования).

Требования настоящего руководства относительно определения задач, калибровки, проверки и прогнозирования будущих периодов, являются применимыми вне зависимости от выбора программного обеспечения модели. Однако для микромоделирования проверка и калибровка времени поездки (передвижения) в основном является более важной задачей.

4.5. Выводы

Выводы по разделу представлены в таблице 2 и определяют, необходимы ли сетевые модели для надежного анализа.

Таблица 2. Функциональные возможности модели

Простые модели	Модели распределения поездок по сети	Модели распределения/расщепления по видам транспорта	Модели переменного спроса
Небольшие временные затраты на моделирование. Отсутствуют выбор пути, сетевые влияния, реакция распределения по видам транспорта	Более длительные затраты времени на моделирование. Включает выбор пути, сетевое влияние. Отсутствие реакций распределения по видам транспорта	Более длительные затраты времени на моделирование. Реакция на выбор пути, на распределение по видам транспорта. Незначительные изменения в сети, при которых	Наиболее затратное по времени. Реакция на выбор пути, на распределение по видам транспорта, на спрос. Основные сетевые улучшения,

Окончание таблицы 2. Функциональные возможности модели

Простые модели	Модели распределения поездов по сети	Модели распределения/расщепления по видам транспорта	Модели переменного спроса
и на изменение спроса. Анализ пропускной способности одного или нескольких перекрестков без изменения маршрутов. Анализ участков дорог или небольших сетей для прогнозирования аварийности на них, где нет изменения спроса, распределения по видам транспорта или изменения маршрутов. Использование темпов прироста для прогнозирования будущего транспортного спроса на отрезке или в транспортном районе. Часто может быть выполнено без сетевого программного обеспечения для моделирования.	порта и реакций спроса. Небольшие сетевые изменения, в которых влияние распределения по видам транспорта не ожидается. Влияние новых и усовершенствованных дорог в районах с ограниченным доступом транспорта общего пользования или с потенциалом изменения спроса. Влияние изменения услуг в модели транспорта общего пользования на пересмотр маршрута, при этом реакция на разделение по видам транспорта не ожидается. Требуется программное обеспечение для сетевого моделирования.	вероятны изменения в распределении по видам транспорта. Распределение по видам транспорта и последствия распределения при изменении услуг в общей транспортной модели, в которой ожидается реакция на изменение баланса между общественным и автомобильным транспортом. Распределение по видам транспорта и последствия распределения при изменении услуг в модели транспорта общего пользования, где комплексная реакция на распределение ожидается между различными видами транспорта общего пользования с качественно различными характеристиками или при изменении распределения, которое необходимо экономически проанализировать. Требуется программное обеспечение для сетевого моделирования	которые приводят к значительным изменениям времени передвижения и (или) доступности. Крупные городские районы, где загоры существуют или будут существовать в рамках исследования. Области, где структура населения и (или) занятости является результатом изменений в транспортной сети. Важные изменения в работе транспорта общего пользования. Анализ влияния политических решений на состояние сети. Модели стратегического планирования. Требуется программное обеспечение для сетевого моделирования.

4.6. Сроки моделирования

Сроки, необходимые для выполнения моделирования, зависят от функциональных возможностей, требуемых от модели (см. таблицу 2), а также от размера области моделирования и сложности транспортной модели.

Модели переменного спроса, разрабатываемые на региональном или национальном уровне с большим объемом данных, для разработки потребуют не менее 12 месяцев. Модели распределения характеризуются меньшей сложностью и занимают от 1 до 6 месяцев в зависимости от размера модели и требуемого уровня районной и сетевой детализации. Простые модели могут быть разработаны в течение нескольких недель, что является отражением ограниченного набора результатов, которые они создадут.

Представление о временных рамках, которые требуются для моделирования, даны на рисунке 1. Обратите внимание, что сроки во многом зависят от каждой конкретной ситуации, и для консультирующего специалиста важно определить время, необходимое для транспортного моделирования в рамках цикла подготовки проекта.

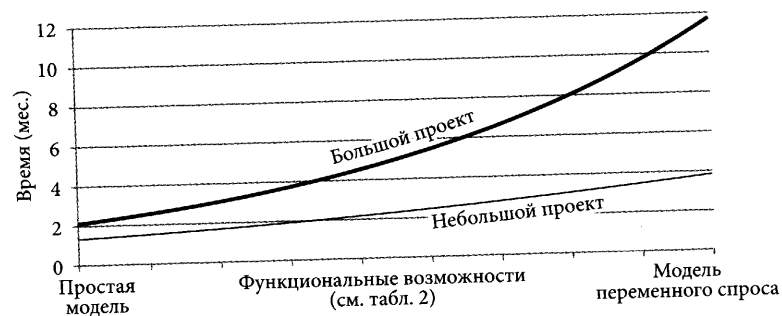


Рисунок 1. Типовое время, необходимое для разработки проектов транспортного моделирования

5. Разработка транспортной модели

Независимо от функциональных возможностей и выбранного метода моделирования, процедура разработки транспортной модели является относительно единообразной. В этом разделе представлены этапы, необходимые для выполнения при разработке модели, и их последовательность для разработки любого инструмента транспортного моделирования.

5.1. Этапы разработки модели

Перед проведением любых действий по транспортному моделированию необходимо в полном объеме понимать требования и функции этой модели. Это послужит гарантией того, что модель будет обеспечивать результат, который важен для проекта и обеспечивает ему качественную оценку. Этап определения задач моделирования рассматривает требуемый тип модели, уровень детализации исходных данных и способ проведения расчетов.

Далее следует этап сбора всех требуемых данных, необходимых также для этапов калибровки и проверки, и разработки модели прогнозного года. Из-за высокой подвижности населения и сложности транспортной сети невозможно определить каждое транспортное передвижение для включения в транспортную модель. Таким образом, целью этапа сбора данных является определение репрезентативной выборки транспортных перемещений. Транспортная модель базового года включает в себя процесс «укрупнения» («развертывания») собранных данных в «полный» массив данных транспортных перемещений (совокупный транспортный спрос) с использованием обобщенных (агрегированных) показателей. Далее полученный спрос будет использоваться для распределения по транспортной сети, включая транспорт общего пользования.

Процесс калибровки и проверки направлен на обеспечение того, чтобы синтезированный набор соответствовал массиву данных наблюдаемого состояния на транспортной сети. Это дает возможность изменить транспортную сеть, услуги, спрос и математические алгоритмы таким образом, чтобы результаты моделирования лучше отражали существующее состояние транспорта в сети (время поездки, транспортные потоки в отдельных районах, наблюдаемое распределение по видам транспорта на выбранных маршрутах и т. д.). Этот этап дает возможность исправить любые ошибки при разработке модели, которые могут быть выявлены.

Далее разрабатываются прогнозные транспортные модели, включающие изменения в сети и факторы, способствующие транспортному спросу (например, занятость населения, уровень автомобилизации, экономическая активность) и дающие представление о транспортных условиях прогнозного года, которые отображают фоновое состояние сети для оценки проекта.

Далее изменения в транспортной инфраструктуре, в сфере социально-экономической политики и (или) землепользовании проверяются в прогнозных вариантах транспортных моделей. Это позволяет оце-

нить неопределенные воздействие и выгоды для прогнозного года и формировать исходные данные для проектирования и последующей оценки проекта. Рассматриваемый процесс представлен на рисунке 2.

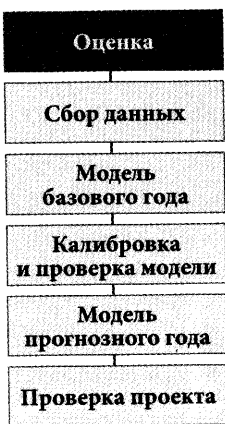


Рисунок 2. Структура разработки модели

6. ШАГ 1. Определение задач для транспортного моделирования

6.1. Тип модели

Структура проекта (схема) дает первое представление о том, какой требуется использовать тип моделирования. Важно также учитывать расположение объекта моделирования и преобладающие условия окружающей среды. В качестве примера можно взять довольно значительное изменение схемы перекрестка в сельской местности с неразвитой дорожной сетью и ограниченной реакцией спроса, что с наибольшей вероятностью указывает на простую модель. Такая же схема в плотной городской среде может вызвать значительный эффект в изменении маршрута передвижения, росте транспортного спроса и воздействии на другие виды транспорта. Как следствие, требуется модель распределения по сети, распределения по видам транспорта или модель переменного спроса.



В итоге выбор модели определяется информацией, необходимой для включения в оценку. Если оценка требуется только для изменения маршрута, тогда модели распределения будет достаточно. Если оценка требуется для распределения по видам транспорта, транспортного спроса и последствия изменения спроса, то необходима модель с переменным спросом. Еще более актуально, когда транспортная модель используется в контексте планирования мероприятий, таких как подготовка генерального плана, т. е. будет иметься потенциальное влияние изменений в сфере политики и изменений, вызванных проектом на уровне более обширной области моделирования.

6.2. Элементы определения задач

Действия по определению задач должны учитывать основные факторы, которые формируют конечную модель, ее функциональные возможности и сложность. Хотя определение задач — это ответственность команды моделирования, в обсуждение должны быть вовлечены и те, кто участвует в экономической, финансовой и экологической оценке, а также команда проекта. Это будет гарантировать, что модель будет

создана для обеспечения потребностей других специалистов, которые зависят от ее результатов. Ниже рассматриваются наиболее актуальные действия по определению задач.

Размер транспортной сети

Транспортная сеть должна включать как минимум область моделирования и район влияния, в рамках которых ожидается значительное воздействие на исследуемый объект (объекты). Одной из главных целей сетевой модели является изучение масштабов и воздействия изменения маршрута или вида передвижения как следствия нового проекта (схемы). Поэтому область моделирования сети должна иметь достаточный размер, чтобы обеспечивать возможность учета всех разумных и значительных влияний на результат исследований.

Если уже существует сетевая модель области, даже если она устарела или является неточной, она должна быть по возможности перекодирована в представление проекта (схемы) для определения размеров любых реакций и тем самым районов влияния. Масштаб изменений (влияния) в старой модели может быть не совсем верен, но картина, скорее всего, будет рациональной. Если модели нет, то область воздействия должна быть определена по усмотрению экспертов с учетом местных особенностей.

Уровень детализации транспортной сети

Уровень детализации, требуемый для транспортной сети, варьируется для различных участков сети. Для новой транспортной инфраструктуры высокий уровень детализации требуется в непосредственной близости к месту реализации проекта (схемы). Он должен включать в себя все возможные альтернативные маршруты, где транспортный спрос вероятно будет изменен для базового или прогнозного годов.

Сетевые модели должны включать детальное моделирование перекрестков в тех зонах, где задержки оказывают существенное влияние на спрос. Включение моделирования перекрестков в сетевую модель в перегруженных районах обеспечивает более точное представление задержки и является предпочтительным для использования основанных на отрезках кривых скорость — интенсивность. Там, где оценка использует существующую модель (национальную или региональную), необходимо гарантировать «заполнение» уровня детализации в непосредственной близости от предложенного места изменений, чтобы все последствия от реализации проекта были полностью отражены в сетевой модели.

Стратегические модели для значительной территории могут разрабатываться на более низком уровне сетевой детализации, хотя в таких случаях могут потребоваться более локальные модели для определения влияния отдельных проектов на рассматриваемую территорию.

Определение системы транспортного районирования

Размер и количество районов модели являются важным фактором в определении реалистичности и точности сетевой модели, а также длительности ее выполнения. Если районы слишком велики, модель будет не в состоянии отразить изменения в транспортном спросе на требуемом уровне точности вне зависимости от высокого качества данных. С другой стороны, если районы слишком малы, это повышает трудозатраты, необходимые для разработки модели, что значительно увеличивает время расчета модели и может стать проблемой при тестировании большого количества сценариев и вариантов.

Следует отметить, что внутрирайонные поездки (т. е. те, которые совершаются только в пределах одного района) не присваиваются сетевой модели. Если районы слишком велики, это может привести к значительному занижению транспортных потоков, как на отрезках (перегонах), так и на перекрестках, что в свою очередь может серьезно исказить структуру потоков и задержек в модели. Похожие искажения, особенно при моделировании поворотов на перекрестках и при прогнозировании посадки — высадки (пассажираооборота) на остановочных пунктах транспорта общего пользования, также могут возникнуть, если размеры районов не совместимы с уровнем сетевой детализации в модели. В этом смысле особое внимание требуется к моделям с более обширной областью моделирования с основными узлами, которые часто являются источниками основных узких мест, которые не будут отражены в модели, если районирование является слишком большим.

Для сетей транспорта общего пользования следует рассмотреть ситуацию, когда один район охватывает несколько остановочных пунктов транспорта общего пользования, т. к. модель может распределить весь спрос на один остановочный пункт или одинаковый спрос для всех без учета относительной доступности. В таких ситуациях желательно производить дополнительное разделение районов таким образом, чтобы каждый район был связан с одним остановочным пунктом на каждом маршруте транспорта общего пользования.

Аналогичным образом для сети размеры районов должны уменьшаться по мере приближения к центру или фокусу области моделиро-

вания и увеличиваться по мере приближения к границам модели. Они также должны стремиться соответствовать (или быть пригодными к объединению) в административных границах, т. к. это может быть полезно при использовании других данных, таких как численность населения или данные о домохозяйствах.

Классификация ТС

Для модели распределения должна быть возможность проводить различие между типами ТС. Для автомобильного транспорта распределение должно различать легковые автомобили и грузовые ТС, 5-осные грузовые ТС могут быть определены в качестве дополнительного подмножества. Для транспорта общего пользования ТС должны определяться в той мере, в которой это необходимо, с классификацией, включающей рельсовый городской транспорт, метрополитен, автобусный, легкорельсовый и троллейбусный транспорт, и такси. Каждая из этих категорий должна дополнительно подразделяться, например, по классам вместимости или длины, если считается, что тип ТС оказывает значительное влияние на предпочтения пользователя — например, существенно изменяется комфортность поездки и т. п.

Способ передвижения

Для моделей распределения по видам транспорта (и часто для модели переменного спроса) необходимо задать транспортный спрос индивидуально для каждого способа передвижения. В связи с этим важно понимать, что эти способы передвижения должны быть предусмотрены в модели. Возможные виды транспорта для передвижения:

Для пассажирского транспорта:

- Личный автомобиль (водитель).
- Личный автомобиль (пассажир).
- Железная дорога (при необходимости подразделяется на рельсовый городской транспорт, метрополитен, легкорельсовый транспорт).
- Автобус (при необходимости с подкатегориями).
- Воздушный транспорт.
- Водный транспорт.
- Велосипед.
- Пешеход.

Для грузового транспорта:

- Автомобильный.
- Железнодорожный.

- Воздушный.
- Водный.

Предполагается, что любой вид транспорта (режим), в котором ожидаются изменения в результате предложений проекта (схемы), должен анализироваться в качестве вида транспорта. Таким образом, влияние на этот вид транспорта может быть точно измерено и включено в оценку преимуществ проекта (схемы).

Особое внимание должно уделяться городским системам транспорта общего пользования, включая железнодорожный, чтобы решить, стоит ли рассматривать виды транспорта отдельно в моделях с распределением по видам транспорта. Если все виды транспорта общего пользования считаются эквивалентными в модели распределения, тогда внутренние различия в качестве вида могут быть не отражены в процессе распределения.

Группы пользователей

При моделировании поведения пользователя существуют значительные различия между поведенческими реакциями на различные виды спроса. Для того, чтобы эти различия были отражены в анализе, общепринятым является разделение спроса по различным группам пользователей, в которых применяются различные значения параметров. Следующие группы пользователей рекомендуются в качестве минимального перечня.

Для пассажирского транспорта:

- Маятниковые трудовые и (или) учебные поездки (поездки на работу (учебу) и обратно).
- Поездки с деловыми целями (поездки в рабочее время по рабочим вопросам).
- Культурно-бытовые поездки (покупки, посещение друзей и т. д.).

Примечание АГИ: Так, мультимодальная транспортная модель Московской агломерации г. Москвы включает 19 видов матриц пассажирских корреспонденций, которые еще подразделяются на группы с доступом к автомобилю или без: Дача-Дом; Работа-Вуз; Дом-Вуз; Вуз-Дом; Прочее-Вуз; Прочее-Дом; Учеба-Прочее; Работа-Работа; Дом-Дача; Вуз-Работа; Работа-Дом; Прочее-Работа; Дом-Работа; Учеба-Дом; Дом-Прочее; Дом-Учеба; Вуз-Прочее; Работа-Прочее; Прочее-Прочее.

Грузовой транспорт:

- Объем перевозимых грузов.

На практике при рассмотрении вопроса о распределении перевозок по видам транспорта следует проводить различие между пользователями, которые имеют доступ к автомобилю, и теми, которые его не имеют (очевидно, они не могут рассматривать его как вид транспорта). Это является важным для точного моделирования с распределением по видам транспорта для проектов транспорта общего пользования.

Различие между поездками с трудовыми, деловыми и культурно-бытовыми целями особенно актуально, т. к. существуют большие различия в восприятии времени перемещения и стоимости времени для анализа эффективности затрат, и в требованиях к качеству между этими группами пользователей. Там, где проекты предполагают взимание платы за проезд, также может быть оправдано распределение спроса по сегментам доходов.

Моделирование грузовых перевозок

При рассмотрении грузоперевозок их следует учитывать с самого начала как важную часть оценки. Если изменения для грузового транспорта предусмотрены в результате проекта, требуется моделирование грузоперевозок в качестве отдельной группы пользователей. Это позволит рассматривать грузоперевозки отдельно в отношении используемого вида транспорта. Спрос на грузовые перевозки может быть дополнительно разделен по видам товаров, для отображения ограничения и предпочтения относительно различных категорий товаров.

Если влияние грузоперевозок не ожидается, их можно выразить просто как категорию ТС в распределении. Это существенно более простой способ, который предполагает, что влияние на грузоперевозки будут оказывать только изменения времени, маршрута или стоимости поездки.

Демографические группы

Дальнейшее разделение спроса может быть достигнуто путем определения наличия или отсутствия доступа к легковому автомобилю. Это может быть полезным для дальнейшей классификации значительной доли людей, которые не будут рассматривать распределение по видам транспорта между личным и общественным транспортом. Важно, что это различие определяется в проектах, где ожидается большое влияние распределения по видам транспорта.

Временные периоды оценки

По мере того, как процесс моделирования создает структуру схемы, а также вносит свой вклад в оценку, периоды моделирования должны охватывать то время, когда влияние изменений вероятнее всего приведет к выгоде для пользователей. Для сельской местности для описания транспортного спроса может быть приемлемым рассмотрение полного рабочего дня (следует отметить, что некоторое программное обеспечение обладает встроенным типовым стандартным распределением дорожного движения в течение дня, на основании которого выполняется фактическое распределение).

В городских районах или в перегруженных узких местах сети периоды времени должны включать в себя отдельные утренние и вечерние пиковые периоды, дневные периоды (межпиковые) и, при определенных обстоятельствах, пиковые периоды в выходные дни.

В каждом конкретном случае выбор часа(ов) для использования должен обеспечиваться посредством анализа транспортных данных в этой области. Этот анализ должен также показывать, как спрос в течение каждого периода должен объединяться, в целях обеспечения точных или годовых оценок интенсивностей. Для районов, где сезонное транспортное движение является существенным фактором при выборе мероприятий, должны моделироваться сезонные потоки.

Доступность (наличие) данных

На этапе определения перечня задач выявляется, какие группы данных доступны для поддержки процесса моделирования. Они могут включать в себя данные опросов из других исследований, существующие транспортные модели или данные из национальных баз данных. Сбор данных представляет собой значительные финансовые затраты в разработке многих транспортных моделей. Таким образом, важно, чтобы существующие данные эффективно использовались, новые данные были корректно собраны, и план разработки модели согласовывался с имеющимися данными. Исходные данные от квалифицированного технического консультанта являются обязательными при разработке плана сбора данных.

Выбор временного периода моделирования

Транспортное моделирование должно начинаться с определения базового года, по отношению к которому определяются результаты. Прогнозные годы нужно включать в дополнение к базовому году, проекту (схеме) года реализации мероприятия и определенного периода

прогноза. Дополнительные периоды прогноза могут требоваться, если наблюдаются значительные изменения в сети или типах поездок в промежуточный период.

Значения параметров

Все функции, которые описывают целый набор поведенческих реакций, начиная от реакции пользователей на новый подвижной состав до воздействия экономического роста на владение автомобилем, требуют определения значений параметров. Они, как правило, определяются национальными документами и руководствами или берутся из опубликованных международных исследований. Если они определены в национальных регламентирующих документах, они должны использоваться. Если ссылаются на международные исследования, то там, где это возможно, следует использовать результаты нескольких исследований, которые описывают диапазон значений этих параметров, и обоснованный выбор таких значений производится для рассматриваемого проекта (региона).

Математические функции

Многие общепринятые математические функции могут быть использованы в транспортном моделировании, в том числе в моделях эластичности, логит-функциях и теории транспортного потока. Для программных пакетов (в случае, например, анализа перекрестка, пешеходного моделирования, во время выполнения имитации движения железнодорожного транспорта) используются специальные функции, записанные в программном обеспечении. Для сделанного на заказ анализа может быть необходимо получение группы математических функций с помощью особого исследования. Для модифицированных функций (формул) необходимо подтвердить, что они применимы для использования.

6.3. Отчет об определении задач

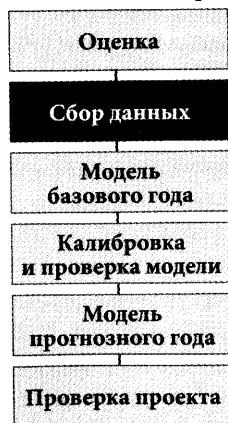
Важность определения перечня задач не может быть недооценена. Затраты, необходимые для проведения моделирования поставленной задачи, могут быть значительными, и четко обозначенные задачи будут гарантировать, что последующие затраченные усилия могут быть сведены к минимуму. Таким образом, анализ поставленных задач должен учитывать все потенциальные применения итоговой модели, чтобы гарантировать, что структура и функциональные возможности модели могут учесть их.

Этап постановки задач должен представляться в виде отчета об определении задач, в котором излагается результат рассмотрения вышеуказанных пунктов. Хороший отчет содержит обоснование для каждого решения, показывая, почему команда моделирования считает предлагаемый подход наилучшим для отображения текущих задач. Обзорный отчет содержит структуру модели и ее функциональные возможности. Для простых моделей метод анализа описывается как для моделей переменного спроса, когда в отчете указывается, какие результаты и действия должны быть смоделированы для достижения цели. Блок-схемы в отчете должны максимально обеспечивать понимание процесса моделирования, подготовки и анализа данных. В отчете описывается ожидаемое применение модели и соответствующие исходные данные и результаты.

Отчет об определении задач создает основную форму для общения между различными сторонами, участвующими в проекте или оценке стратегии. Он представляет собой план для дальнейшего развития модели и должен быть согласован с заказчиком до начала разработки модели.

7. ШАГ 2. Сбор данных

Сбор данных является важным этапом любой деятельности, связанной с моделированием, и выполняет следующие функции.



- Обеспечение необходимыми исходными данными для создания модели базового года (Шаг 3).
- Обеспечение исходных данных для калибровки и проверки модели базового года (Шаг 4).
- Обеспечение исходных параметров, необходимых для разработки транспортной модели на прогнозный период (Шаг 5).

Таким образом, этап сбора данных предоставляет информацию, которая будет использована на последующем этапе. Поэтому очень важно полное понимание требований для ликвидации необходимости дополнительного сбора данных на более поздних этапах проекта, что приводит к задержкам выполнения работы.

Сбор данных — это специализированная область, которая рассмотрена в данном руководстве на довольно высоком уровне. В частности, подготовка и проведение обследований требуют четкого понимания

различных доступных технологий и их применения в той или иной ситуации. За более подробной информацией рекомендуется обратиться к документам национального руководства или к техническому консультанту.

7.1. Источники транспортных данных

Для разработки транспортной модели важно в полной мере понимать, в какой степени данные могут быть доступны для использования, т. к. это может существенно снизить объем требуемых к выполнению работ по разработке модели. Поэтому разработка модели начинается с проверки имеющихся данных, которые могут включать:

- Данные любых существующих транспортных моделей.
- Информацию о хозяйственной (экономической) деятельности, распределении ВВП на душу населения, переписи населения, занятости и поездках на работу.
- Данные подсчетов интенсивности транспортного движения от национальных, региональных или местных органов власти.
- Данные о работе транспорта общего пользования от перевозчиков.
- Данные грузоперевозок Евростата или национальных баз данных.
- Национальные статистические данные о численности и видах собственности на ТС, пробеге, расходе топлива, пассажироплотности и грузоподъемности для каждого вида транспорта.

Рассматривая данные существующих транспортных моделей, важно понимать, являются ли они подходящими для разрабатываемой модели. В таких случаях необходимо провести необходимую калибровку и проверку в рамках процесса разработки модели.

7.2. Методы сбора данных

Различные методы сбора данных, описанные ниже, представляют собой наиболее типовые подходы, используемые для обобщения данных, необходимых для выполнения моделирования. В итоге, график проведения обследований должен быть тщательно продуман, чтобы обеспечить выполнения следующих требований:

- Объем данных достаточен для создания модели.
- Данные актуальны для дальнейшего использования модели, например, модель, которая необходима для оценки незначительных различий во времени передвижения, должна иметь хорошие исходные данные по времени передвижения.

Важно, чтобы сбор данных выполнялся должным образом, учитывался и был хорошо определен. Невозможность сбора требуемых данных приведет к значительным трудностям на этапе калибровки модели или во время последующего тестирования проекта.

Транспортная сеть

Транспортная сеть описывает дорожную сеть и сеть транспорта общего пользования, на основе которой работают перевозчики.

Дорожная сеть не должна включать все дороги в области моделирования, а только те, по которым проходит значительный объем транспортного движения и (или) имеется отношение к уровню проводимого анализа. Для отображения выбора маршрута в пределах области моделирования она должна включать достаточно подробные данные и, при необходимости, второстепенные дороги. Если существующая модель не доступна, то сеть строится на основе комбинации имеющихся данных и информации, собранной из аэрофотоснимков или по результатам полевых исследований. Для этой цели используется информация от систем навигации и поставщиков Google Earth карт. Данные должны собираться так, как диктуется требованиями программного обеспечения модели, и, как правило, они включают следующее.

- Длина каждого отрезка дороги в сети.
- Ограничение скорости и скорость движения свободного потока.
- Количество полос движения и пропускная способность.
- Класс (категория) дороги.
- Действующие тарифы на оплату проезда.
- Ограничения для любых типов ТС.
- Иные сведения, диктуемые выбранной методологией анализа.

Для сетей транспорта общего пользования необходимо собрать информацию обо всех отрезках (участках движения) транспорта общего пользования в области исследования в дополнение к местам размещения станций и остановочных пунктов. Информация об отрезке должны включать в себя следующее.

- Тип отрезка (автобус, метрополитен, железная дорога, легкорельсовый транспорт, водный транспорт и т. д.).
- Длина каждого отрезка.
- Скорость сообщения.
- Другая информация, например, расписание, диктуемое выбранной методологией анализа.

Базы данных органов управления транспортом и перевозчиков могут предоставить важные источники информации. Кроме того, на не-

которых участках Google Maps теперь имеются встроенные алгоритмы для идентификации маршрутов транспорта общего пользования, что обеспечивает непосредственную информацию в тех областях, где перевозчики и власти не имеют современной системы баз данных.

Определение интенсивностей движения на перекрестке

Подсчет интенсивностей предназначен для возможности обеспечения поворотов на перекрестке в модели. Их сложность отражает природу перекрестка, на котором в настоящее время проводится исследование. Интенсивности движения на простых перекрестках можно подсчитывать при помощи небольшого количества учетчиков на месте, которые будут непосредственно записывать каждое проезжающее ТС с учетом направления движения в данный период времени (обычно это 15-минутные интервалы) и в соответствии с заданной классификацией ТС, или же при помощи видеосъемки с последующим анализом.

Более сложные или большие по площади перекрестки могут потребовать автоматизированного анализа регистрационных номеров или технологии обнаружения и сопоставления Bluetooth устройств для получения точного результата. В каждом случае наблюдения производятся на всех подходах перекрестка, в случае необходимости расширенного до общих потоков на основе контроля общих итогов. Все результаты должны быть разделены на периоды с максимальным интервалом в 15 минут и позволять приводить ТС к приведенным единицам. Это обычная практика для предоставления анализа результатов подсчета интенсивностей по типу ТС. Типовая классификация может выглядеть следующим образом.

- Мотоциклы.
- Легковые автомобили.
- Легкие грузовые ТС (коммерческие ТС с двумя осями).
- Средние грузовые ТС (коммерческие ТС с тремя или четырьмя осями).
- Тяжелые грузовые ТС (коммерческие ТС с пятью осями и более).
- ТС общего пользования (желательно разделение на автобус, трамвай и т. д.).

Методология, выбранная для анализа подсчета интенсивностей на перекрестке, должна отражать требуемую классификацию по типу ТС.

Анализ замеров интенсивностей может включать в себя ТС общего пользования (автобусы, трамваи, троллейбусы) и, следовательно, в равной степени является важным при проверке информации от перевозчиков, которая используется в модели. Для улучшения проверки

транспортной модели может подсчитываться количество пассажиров, находящихся внутри ТС транспорта общего пользования, ручным подсчетом в салоне, визуальной оценкой или с помощью более продвинутых методов, таких как устройства измерения веса ТС⁴. Кроме того, может использоваться методика обнаружения Bluetooth устройств, хотя в таких случаях необходим подтвержденный метод сбора данных.

Анализ длины очереди

Обычно замеры длины очереди проводятся для калибровки модели перекрестка или для микроимитационной модели. А также для обеспечения надлежащей оценки условий транспортного движения на перекрестке, который работает сверх своей пропускной способности. В этом случае стандартный подсчет интенсивности будет эффективно измерять пассажиропоток или пропускную способность (например, сколько ТС могут проехать по полосе, на которой нужно уступить дорогу, или перейти стоп-линию), а не спрос. Таким образом, добавление в очередь ТС в каждом периоде времени обеспечивает более точное представление.

Хотя эти исследования достаточно просты, их может быть трудно провести с достаточной степенью согласованности. Для счетчика на месте может быть сложно отличить медленное движение от образования очереди транспортного потока. Часто бывает, что очередь растет быстро, как только пропускная способность превышена, и счетчику сложно определить, где заканчивается очередь. Эта ситуация усугубляется, когда очередь тянется еще и через соседние перекрестки. Тем не менее, информация об очередях должна быть собрана, чтобы обеспечить проверку моделей перекрестков.

Исследования генерирования поездок

Исследование генерирования поездок подсчитывает количество поездок людей или ТС, которые создаются в определенной области в течение определенного периода времени. Анализ генерирования поездок проводится для измерения величины генерирования поездок для отдельных районов в транспортной модели, или для разработки общих «коэффициентов на генерирование поездок» для применения к будущим прогнозам при разработке. Анализ генерирования поездок, который учитывает все виды транспорта, возможен в определенных обстоя-

⁴ Наиболее точные результаты могут быть получены при использовании инфракрасных датчиков прохода пассажиров, установленных над проемами дверей (*примеч. ред.*).

тельствах и может быть полезен при рассмотрении мультимодальных моделей. Обследования домохозяйств — это хороший источник данных генерирования поездок.

Подсчет интенсивностей на отрезках

Подсчет интенсивностей на отрезках (перегонах) или проездах является простейшей формой сбора данных и может быть проведен вручную или автоматически. При ручном подсчете счетчик записывает каждое ТС или пассажира, проезжающих мимо, в соответствии с направлением и согласованной классификацией.

Автоматический подсчет транспортного движения (АПТД) определяет количество ТС, проезжающих через определенный участок дорожной сети, и может быть временным или постоянным. Если необходимо собрать данные за несколько недель, поперек дороги укладывают пневматические трубки, отдельно или в парах. Специальное устройство (располагается на обочине дороги) учитывает по изменению давления в трубках, когда и какой тип ТС проезжает по дороге. При использовании пары трубок на известном расстоянии друг от друга этот тип анализа также может определять скорость движения ТС⁵.

Постоянный АПТД включает в себя индукционные петли в дорожном покрытии, которые подключаются к шкафу на обочине, содержащему оборудование для подсчета транспортного движения. В зависимости от характера расположения петли и возможностей счетчика транспортного движения эти установки могут записывать регистрационный номер ТС⁶, тип (простая классификация по длине или по более сложному профилю) и скорость. Этот вид сбора данных используется для оказания помощи при долгосрочном мониторинге транспортного движения. Любой тип АПТД может предоставить полезную дополнительную информацию для подсчета интенсивностей или придорожных опросов (которые, как правило, проводятся только один день), т. к. они могут выявить, был ли исследуемый день типичным или нет.

Обследование транспорта общего пользования позволяет определить количество пассажиров, проезжающих через точку на сети. Это

⁵ В современной практике наиболее часто используются радиолокационные датчики или индуктивные датчики при их наличии в дорожном полотне (*примеч. ред.*).

⁶ Требуется наличие специального оборудования для распознавания регистрационного знака ТС (*примеч. ред.*).

может быть достигнуто путем размещения учетчиков в ключевых точках на сети дорог (для автобусов, троллейбусов, легкорельсового транспорта) или на железнодорожных станциях (для метрополитена или рельсового городского транспорта). Необходимо следить, чтобы учетчики фиксировали количество пассажиров, проходящих через конкретное место, и не путали его с посадкой — высадкой пассажиров.

Исследование затрат времени на передвижение и скорости

Большая часть экономических выгод от проектов по улучшению транспортной инфраструктуры, как правило, получается вследствие экономии времени. Поэтому важно, чтобы модели точно отражали скорость, наблюдаемую в действительности. Знание о преобладающих скоростях передвижения по отрезкам также является важным при кодировке сети модели таким образом, чтобы последующие распределения точно отражали выбор маршрута.

Информация о затратах времени на передвижение может быть получена с помощью регистрационных знаков, отслеживания по мобильному телефону, методами обнаружения Bluetooth устройств, как было описано выше (каждый регистрационный знак имеет временную отметку), или методом подвижного наблюдателя («плавающего автомобиля»). Он является наиболее распространенным и предполагает проезд по маршруту ТС со скоростью движения транспортного потока. Набор точек синхронизации, которыми, как правило, являются важные перекрестки в сети, выбирается заранее, и записывается время от начала движения до каждой точки. В сетях, где существуют значительные различия во времени передвижения между различными типами ТС (например, в горных районах со значительными уклонами), время поездки измеряется для различных категорий (типов) ТС.

Для транспорта общего пользования такая информация, как правило, берется из расписания, но требуется хотя бы минимальная проверка того, что она соответствует факту и продолжительности поездки.

Исследование корреспонденций и транспортного поведения пассажиров

Определение корреспонденций и поведения пассажиров включает получение подробной информации об отдельных поездках для настройки и калибровки таких параметров модели, как генерирование поездок и распределение параметров, а также корреспонденций между

пунктом отправления и назначения. Такое обследование может принимать несколько форм или быть частью следующих процессов.

- Отслеживание регистрационного знака ТС, Bluetooth устройства, мобильного телефона.
- Проведение придорожных опросов.
- Обследование транспорта общего пользования.
- Обследование домохозяйств, в т. ч. выявление предпочтений.
- Опросы сформулированных предпочтений (анкетирование).

Отслеживание регистрационного знака ТС и Bluetooth устройства включает в себя сбор подробных данных о регистрационных знаках или сигналах мобильных телефонов, которые передаются из ТС в заранее определенных точках в заданные периоды времени. Это позволяет генерировать матрицу корреспонденций с транзитными поездками.

Придорожные опросы предполагают остановку водителей на обочине и опрос их о поездке. Они обеспечивают наилучшие данные для создания моделей распределения, включая транзитные поездки, но являются затратными и сложными по причине обеспечения безопасности в некоторых ситуациях, например, на дорогах со скоростным движением. Местоположение и тип места опроса являются особенно важными, также требуется получение разрешения и помощи от органов власти.

Обследование транспорта общего пользования для определения мест отправления и назначения пассажиров (корреспонденций) может проводиться при помощи интервью и (или) подсчетов в салоне ТС и на остановочных пунктах и станциях. Опрос может предполагать самостоятельное заполнение анкет пассажирами.

Обследование домохозяйств похоже на придорожные опросы, но опрашиваемого просят дать информацию о его поездках, включая подробности о последовательности действий, совершаемых при поездке, и ее причинах. Такой анализ регулярно требуется на региональном и национальном уровнях, однако причины поездок в целом не используются для оценки отдельного проекта. Обследование домохозяйств может устанавливаться в качестве способа выявления предпочтений, которые используются не только для определения корреспонденций, но также для настройки и калибровки таких параметров модели, как коэффициенты генерации, гравитационные коэффициенты, обобщенный вес затрат или модальные изменения величины параметров. Национальные данные переписи содержат значительную информацию о корреспонденциях регулярных поездок, которые могут стать прочной базой данных для модели. Такой анализ не предоставляет инфор-

мацию о транзитных поездках, которые являются внешними по отношению к выборке населения⁷.

Анализ результатов опросов устанавливает типовой образ населения в области изучения и дает подробную информацию о характере его поездок. В опросные листы, как правило, включают следующие вопросы.

- Пункт отправления.
- Пункт назначения.
- Цели поездки.
- Время в пути (время отправления, время прибытия), т. е. затраты времени на передвижение.
- Виды транспорта и весь маршрут поездки.
- Количество людей в ТС (для легкового автомобиля).

Кроме того, было установлено, что полезно оставлять вопросы с открытыми ответами и свободные строки для сбора мнений и предложений. В случае самостоятельного заполнения анкет это увеличивает долю ответивших.

Одним из основных преимуществ интервьюирования является возможность сбора данных о цели поездки. Точная информация о цели поездки необходима там, где предполагаются значительные затраты времени на передвижение для поездок с трудовыми целями. Полезный эффект для таких пользователей может представлять важный элемент экономической составляющей проекта. Количество и объем вопросов анкеты будут зависеть от информационных потребностей, вида опроса и способа проведения. Большее количество подробностей будет означать более низкий уровень возврата анкет для самостоятельного заполнения.

Проведение опросов с использованием методов интервью должно гарантировать, что структура анкеты позволяет установленным пунктам отправления и назначения относиться к транспортным районам модели. Величина выборки определяется в соответствии со стандартными статистическими методами и желаемым (ожидаемым) уровнем репрезентативности.

Указанные исследования предпочтений предоставляют информацию о гипотетических намерениях людей, совершающих поездки, когда представлен ряд вариантов на выбор. Анализ указанных предпочтений обычно осуществляется для установления таких параметров модели, как относительные значения времени поездки или чувствительность

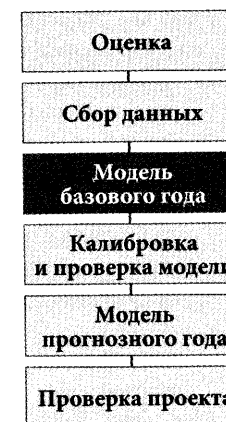
⁷ Данные национальной переписи в РФ не включают транспортную информацию (примеч. ред.).

к изменению выбора вида транспорта, чтобы сформировать такие поведенческие модели, как готовность платить, являющуюся наиболее важным фактором при планировании проектов с платой за проезд. Эти исследования проводятся с контролируемой группой предварительно отобранных респондентов и требуют тщательного и квалифицированного выполнения с целью выявления наиболее возможного фактического поведения. В целом итоги анализа указанных предпочтений могут быть необъективно оптимистичными, а иногда и ненадежными, когда опрос неправильно спланирован и (или) проведен.

Для всех методов обследования корреспонденций необходимо экстраполировать выборку до полного набора данных, т. к. она используется при разработке модели. Например, опрос пассажиров, входящих в поезд на железнодорожной станции, может охватить 300 пользователей в течение одного дня, и он будет представлять только часть общего значения за этот день. Подсчет всех пассажиров в этот день необходим для расширения набора данных из 300 ответов для представления всего населения.

8. ШАГ 3. Построение транспортной модели базового года

Построение модели базового года является необходимым условием для оценки изменений, происходящих при реализации определенных мероприятий в транспортном секторе. Оно предполагает разработку представлений о существующем спросе, на основе опросов или обследований, и создание основы для проверки результатов предполагаемых мер. В данном разделе представлен обзор основных действий для разработки транспортной модели базового года.



8.1. Построение сети (для сетевых моделей)

Описание сети для моделей распределения или моделей с переменным спросом часто требует включения сетей общественного и личного транспорта. Отрезки сети обычно описываются со следующей информацией.

Для улично-дорожной сети:

- Узлы на каждом конце отрезка (т. е. перекрестки).
- Геометрическая информация отрезка по результатам обследований сети.
- Соотношение скорости и интенсивности (если имеются) для отрезка.
- Пропускная способность отрезка (если не определено соотношением скорости и интенсивности или нет подробной информации о перекрестке).
- Любые ограничения для типов (категорий) ТС, использующих отрезок.

Для сети транспорта общего пользования:

- Узлы на каждом конце отрезка.
- Геометрическая информация отрезка по результатам обследований сети.
- Системы (виды) транспорта общего пользования, использующие отрезок.
- Скорость сообщения.
- Местоположение остановочных пунктов.

Требования для внесения атрибутов перекрестков могут возникнуть в городских областях или в загруженных движением сетях, поэтому должны включать следующие данные:

- Тип перекрестка (светофорное регулирование, круговое движение, приоритет движения).
- Число подходов и их порядок.
- Количество и ширина полос движения на каждом подходе к перекрестку и направления движения по полосам (в т. ч. запрещенные повороты).
- Любые дополнительные данные, необходимые для описания эксплуатационных характеристик перекрестка (например, потоки насыщения, режим и пофазное регулирование светофоров, радиус поворотов и характеристики допустимых дистанций).

Внесение атрибутов сети может быть объемной задачей, особенно для больших моделей. Поэтому рекомендуется рассматривать любые существующие модели для использования в качестве отправной точки при внесении атрибутов транспортной сети — обычно существует возможность импортировать сеть из другого программного обеспечения.

В качестве альтернативы можно приобрести данные сети в виде векторных карт из коммерческих источников.

8.2. Услуги транспорта общего пользования (для сетевых моделей)

Услуги транспорта общего пользования кодируются в сетевых моделях на основе маршрутов (в т. ч. остановочных пунктов), расписаний или интервалов. По данным расписания устанавливается время передвижения и график через запрос скоростей на отрезке и определенного времени продолжительности остановок на станциях и остановочных пунктах.

Следует соблюдать осторожность при принятии решений о предпочтительном подходе — использование расписаний может потребовать их значительного перекодирования для оценки влияния увеличения скорости на одном из участков отрезка. С другой стороны, кодирование интервалов не может отразить нерегулярные расписания, которые могут существовать на маршрутах транспорта общего пользования (как на длинные, так и на короткие расстояния).

8.3. Система транспортных районов (для сетевых моделей)

Там, где используются сетевые модели, обычно требуется наложить транспортные районы модели на транспортную сеть, а также определить места их привязки (примыкания), которые определяются местами появления спроса транспортного района на транспортной сети. В простом примере, где район обеспечивает только одно место доступа к дорожной сети, определение места примыкания является относительно простой задачей. Когда район представляет собой территорию смешанного развития с несколькими дорогами и видами транспорта общего пользования, может потребоваться несколько связей (примыканий), чтобы распределить спрос по сети в непосредственной близости от района. Связи (примыкания) не должны соединяться непосредственно с моделируемыми узлами.

8.4. Построение матрицы корреспонденций (спроса)

Транспортные модели, как правило, представляют транспортную деятельность в виде матриц спроса. Построение матрицы спроса на основе общих правил является более сложной задачей, чем построение матрицы спроса, где предусмотрен некий существующий или частич-

ный набор данных. В целом существует три подхода, доступные для построения матрицы спроса.

- Построение матрицы спроса непосредственно из данных обследований с качественной информацией о корреспонденциях (например, для железнодорожных или улично-дорожных сетей с достоверным охватом аналитической информации).
- Построение матрицы спроса на основе уже существующей (например, на старой матрице или матрице из другой модели) и манипулирование этой матрицей, пока она не будет отражать текущие условия. Оно осуществляется с помощью инструмента, доступного в рамках макроимитационных моделей и использования данных обследований для достижения конечного результата (см. шаг 3 — Калибровка и проверка).
- Разработка матрицы спроса по общим правилам с использованием данных обследований для разработки функций генерации поездок, распределения и функции распределения по видам транспорта. Этот вариант особенно актуален в случае с моделями переменного спроса.

Построение матрицы по общим правилам включает в себя ряд этапов, описанных ниже. Несмотря на то, что они представлены отдельно, их можно объединять или пропускать различные этапы в зависимости от имеющихся данных. В этом случае необходимо показать, что каждое из конкретных требований уже выполнено.

Генерирование поездок

Генерирование поездок включает в себя расчет общего количества поездок, начинающихся из каждого транспортного района и заканчивающихся в каждом другом транспортном районе (цель поездки). Отдельные расчеты целей поездки могут проводиться для каждой цели поездки и (или) демографически сгруппированной пары. Генерирование поездок устанавливается с помощью демографических и экономических параметров и состояния сети, с применением прямых функций спроса для преобразования в цели поездки на районном уровне. Эта форма представления спроса является приемлемым методом моделирования спроса там, где существует потребность в моделировании переменного спроса (где состояние сети является также исходными данными при расчете генерирования поездок).

Альтернативно, для небольших или локально более ограниченных сетей генерирование поездок может разрабатываться через оценку ко-

личества различных типов развития территории (жилой, коммерческой, рекреационной) и применения частоты поездок. Это дает статическое представление спроса и, следовательно, не подходит для моделей с переменным спросом.

Какой бы подход не применялся для получения целей поездки, используемые значения параметров должны быть проверены с учетом научной литературы, предыдущих исследований аналогичного характера или данных исследований. В результате генерирования поездки, по крайней мере, следующие цели поездки должны быть приняты при оценке транспортных проектов.

- Маятниковые трудовые и (или) учебные поездки (ежедневные поездки на работу (в школу) и обратно).
- Поездки с деловыми целями (поездки в рабочее время по рабочим вопросам).
- Культурно-бытовые поездки (включая покупки, посещение друзей и т. д.).
- Грузоперевозки (в тоннах).

В случае моделирования переменного спроса приведенный список целей поездки и (или) социально-демографических групп может быть увеличен в соответствии с требованиями итоговой транспортной модели.

Кроме того, там, где определяются демографические группы (например, автомобиль доступен и (или) не доступен), цели поездки для пассажирского транспорта должны определяться демографической группой.

Возможны случаи, когда большие группы данных по генерации поездок предоставляются непосредственно из имеющихся данных (например, данных переписи). В таких случаях проверка данных не требуется, хотя необходимо показать, что группа данных является полной. Например, данные переписи могут предоставить информацию только о маятниковых поездках, а национальный туристический опрос домохозяйств — данные обо всех поездках, но они включают в себя только выборочную совокупность населения. В обоих случаях требуется дальнейшая работа для получения группы данных, которая представляет поездки по всем видам деятельности.

Обратите внимание, что цели поездок учитываются дважды. Например, поездка между районами А и В будет записана как цель поездки для района А и для района В. Этот двойной учет, как правило, удаляется на этапе распределения поездок при разработке матрицы.

Распределение поездок

Распределение поездок описывает процесс распределения целей поездок определенного района для всех остальных районов.

Несмотря на существование ряда методик, общим является подход «гравитационного моделирования», который определяет вероятность поездки в альтернативные районы на основе относительной привлекательности каждого района (все цели поездок) и сопротивление поездки между этими районами (расстояние или стоимость поездки). Однако следует подчеркнуть, что в то время как гравитационное моделирование теоретически обосновано, разработка точной зависимости гравитационного моделирования является чрезвычайно трудной задачей. Разработка синтезированного распределения поездок требует данных обследований для включения различных параметров для калибровки и исходных данных для разработки надежной матрицы спроса.

В итоге, для построения матрицы спроса необходимы данные обследований (которые обеспечивают частичный набор данных и могут использоваться для выявления основных параметров) и обработка матрицы, которая позволяет расширить частичный набор данных до представления полного набора и может использоваться в следующих подходах.

- Факторный анализ данных, в результате которого неполные матрицы масштабируются в суммы целей поездок для каждого района.
- Заполнение матрицы, относящееся к оценке ненаблюдаемых перемещений, с помощью части другой матрицы или с использованием синтезированной модели (например, гравитационной).
- Другие действия с матрицами, необходимые для определения матриц корреспонденций, такие как методы оценки матрицы.

Фактический метод, используемый для построения матрицы, зависит от качества и полноты имеющихся данных и основывается на изучении того, как они лучше всего могут быть объединены для получения полной матрицы спроса.

В идеальном случае цели поездки, определенные на этапе генерирования поездки, должны осуществляться через распределение поездки и последующие процессы построения матриц.

На этапе распределения поездок для разработки матрицы необходимо исключить двойной учет. Этот процесс приводит к переводу матрицы спроса из матрицы «генерация — притяжение» в «матрицу поездок». Далее она привязывается к транспортной сети и результатам

для сравнения с наблюдаемым состоянием сети (см. модели калибровки и проверки).

Распределение по видам транспорта (для моделей распределения по видам транспорта)

Если моделирование распределения по видам транспорта входит в функциональные возможности модели, существует требование по созданию транспортного спроса базового года для каждого вида транспорта. Моделирование распределения по видам транспорта может использовать один из двух подходов.

- Абсолютное моделирование распределения по видам транспорта, где функция распределения разделяет спрос между каждой парой корреспонденций на отдельные виды транспорта на основе обобщенной стоимости поездок для каждого варианта вида транспорта и чувствительности распределения к различиям в обобщенной стоимости.
- Пошаговое моделирование распределения по видам транспорта, в котором базовый год рассчитывается сразу. Модель стремится к перераспределению спроса между различными видами транспорта на основе относительного изменения в обобщенной стоимости поездок для каждого вида транспорта и чувствительности к различиям в обобщенной стоимости. Эта форма моделирования является более подходящей, когда изменения в расходах на поездки сравнительно малы.

Какой бы подход ни был выбран, пользователь должен установить существующий транспортный спрос по каждому соответствующему виду транспорта между всеми парами корреспонденций. В результате анализа формируется матрица спроса для каждого из видов транспорта, которая может использоваться для информирования разработки их функций.

Функции переменного спроса (для моделей переменного спроса)

В случае моделирования переменного спроса функции, которые влияют на спрос, важны в процессе разработки матрицы. Как правило, функции переменного спроса описывают информацию о состоянии сети в соответствии с распределением и используют его для изменения генерирования и распределения поездки, распределения по видам транспорта, а иногда и продолжительности поездки. Моделирование переменного спроса представляет собой сложный процесс и, как пра-

вило, используется доступная литература или сопоставимые модели при разработке соответствующих функций. Набор переменных спроса должен включать в себя все результаты, в которых количественно выражаются последствия для оценки проекта. При разработке функций при выборе значений параметров дается ссылка на научную литературу или национальное руководство.

Моделирование грузоперевозок

Основные этапы моделирования, изложенные в руководстве (сбор данных, построение сети, калибровка и проверка, тестирование) распространяются и на грузоперевозки.

Если требуется моделирование результатов грузоперевозок, могут создаваться грузовые матрицы. При создании генерирования и распределения поездов для грузоперевозок обычной практикой является разделение грузов по товарам и типам транспорта (например, в контейнере или навалом), с различиями, установленными на основе конкретной цели модели и доступности данных. Это разделение позволяет задать конкретные предпочтения, связанные с различными видами грузов, которые отображаются в выборе вида транспорта, этапах распределения и функции переменного спроса (если таковая имеется).

Средства разделения и распределения спроса будут отличаться в зависимости от проекта. JASPERS предлагает поддержку по проекту на индивидуальной основе или ссылкой на более комплексные методические рекомендации.

8.5. Распределение

После того, как матрица была создана, следующим этапом идет «распределение» или «загрузка» матриц поездов в сеть. Оно может включать в себя распределение по видам транспорта и методам переменного спроса, если они соответствуют модели.

В модуле распределения для каждой поездки выбирается оптимальный маршрут на сети для соответствующего вида транспорта, основанного на комбинации затрат времени и стоимости, что в целом сводится к обобщенной функции затрат, использующей время как общую меру. Результаты этого распределения затем определяют состояние сети.

Чем больше поездов загружается в улично-дорожную сеть, тем больше уменьшается скорость, и выбор вида транспорта и маршрута может быть изменен (как генерирование и распределение поездов).

По этой причине результаты распределения возвращаются обратно для генерирования и распределения поездов и для этапов моделей распределения по видам транспорта, затем процесс повторяется снова.

Результаты модели этого этапа дают первое представление о сетевых условиях (состояниях) транспортной модели базового года, но не обязательно отражают реальность. Именно по этой причине требуется дальнейшая калибровка и проверка, которая обеспечивает соответствие результатов модели базового года с фактическими наблюдениями базового года.

9. ШАГ 4.

Калибровка и проверка модели базового года

9.1. Обзор

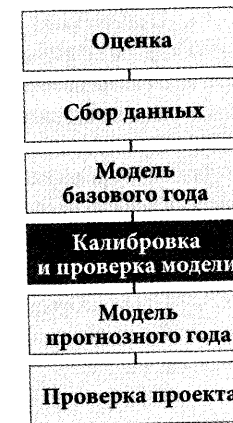
Проверка и калибровка — это разные понятия, хотя их часто путают.

Калибровка — это оценка параметров выбранной модели при помощи приведения в соответствие с данными наблюдений.

Проверка — оценка достоверности откалиброванной модели путем сравнения результатов, полученных с помощью модели, с независимыми данными или путем непосредственной оценки точности модельных оценок⁸.

Необходимо, чтобы информация, используемая при калибровке модели, в т. ч. данные обследований для оценки матрицы, которая должна быть независимой для модели, хранилась отдельно от информации, используемой для проверки.

В действительности эти два этапа являются частью повторяющегося процесса. Если результаты проверки не являются удовлетворительными, то разработчик модели должен пересмотреть результаты и коди-



⁸ В теории моделирования обычно используется термин «валидация», также перед калибровкой и валидацией рекомендуется использовать этап верификации модели — проверку правильности ввода исходных данных, функций и т. п. (примеч. ред.).

рование модели и провести повторную калибровку для того, чтобы добиться лучшего отображения реальности. Число итераций пропорционально сложности модели.

9.2. Калибровка модели

Обзор

Для модели перекрестка калибровка может включать изменение теоретических потоков насыщения и (или) геометрию перекрестка, чтобы убедиться, что наблюдаемые очереди и задержки отражены в модели. В случае более сложной задачи, модели распределения по видам транспорта или с переменным спросом, увеличивают число параметров и групп данных. Ниже представлены некоторые из наиболее распространенных элементов, которые могут потребовать настройки в рамках калибровки модели.

Улично-дорожная сеть:

- Пропускная способность дорог.
- Детализация улично-дорожной сети.
- Режим светофорного регулирования.
- Соотношение скорости и интенсивности.
- Пропускная способность перекрестка.
- Местоположение примыканий.
- Оплата проезда по дорогам (дорожные сборы).
- Качественные показатели пути (маршрута).

Сеть транспорта общего пользования:

- Постоянные (константы) видов транспорта общего пользования.
- Коэффициент веса ожидания, пересадки и времени поездки в ТС.
- Тарифы (плата за проезд).
- Местоположение примыканий.

Матрицы спроса:

- Матрицы спроса для каждого вида транспорта.

Другие элементы:

- Обобщенная функция затрат.
- Значения экономических показателей.
- Размеры районов.

В хорошей практике избегаются манипуляции с матрицами спроса, пока не будут испробованы все другие возможные изменения. Таким

образом разработчик модели может быть уверен, что описание (кодирование) сети и соответствующие математические функции работают правильно. Это позволит избежать ситуаций, при которых управление матрицей сводится к стремлению найти матрицу, которая скрывает ошибки в функциях кодирования сети или распределения.

Корректировка матрицы спроса часто проводится при помощи матричных методов оценки, имеющихся в рамках большинства программных пакетов распределения. Эти методы используют предварительную оценку матрицы, а затем корректируют значения до соответствия группе «целевых» (натурных) подсчетов, полученных из данных обследований. Необходимо внимательно принимать решения, если на них повлиял такой подход, как оценка матрицы. Она почти неизбежно приводит к результату, редко являющемуся уникальным. Поэтому необходимо обеспечить достаточное количество данных наблюдений для сдерживания этого процесса при проведении независимого анализа в рамках процесса проверки.

Стандарты калибровки

После калибровки в рамках сетевых моделей необходимо сравнить, как модель отражает исходные данные калибровки (интенсивность на отрезках, время передвижения и т. д.). При проведении сравнения величина наблюдаемой интенсивности важна при принятии решения о разумной ошибке. Таким образом, в дополнение к рассмотрению относительных или абсолютных различий, статистика GEN (разновидность статистики хи-квадрат) также используется по мере того, как она включает в себя относительные и абсолютные ошибки. GEN статистика определяется по формуле

$$GEN = \sqrt{\frac{(M - C)^2}{0,5(M + C)}}$$

где M — моделируемая интенсивность движения транспортного потока;
 C — интенсивность по результатам обследования сети.

Критерии и связанные принципы приемлемости для использования при калибровке моделей приведены в таблице 3. Единицы измерения моделируемых и наблюдаемых интенсивностей могут выражаться в ТС, пассажирах или тоннах грузов на отрезках.

Таблица 3. Критерии калибровки и меры соответствия требованиям

Критерии и меры		Соответствие требованиям
Сравнение распределенного спроса		
1	Индивидуальное ТС, пассажирский или грузовой спрос на перевозки в пределах 15% наблюдаемых подсчетов	Более 85% случаев
2	Общая интенсивность движения по полосам должна быть в пределах 5% наблюдаемых подсчетов	
3	Статистика GEH: (ii) отдельные интенсивности: $GEH < 5$ (ii) итоговая сумма на границах рассмотрения	Более 85% случаев
Сравнение времени в пути (поездки)		
4	Время в рамках 15% или более 1 мин	Более 85% случаев

В очень сложных или более стратегических моделях считается, что достижение вышеуказанных результатов не всегда возможно. Вероятно, в таких случаях данные имеют недостаточное или плохое качество, или есть унаследованные недостатки в модели. Тем не менее, несоответствие этим требованиям не всегда предполагает, что модель не подходит для поставленной цели.

9.3. Проверка модели

Обзор

Процесс проверки модели определяет, насколько хорошо оценки модели соответствуют реальности, о чем свидетельствуют результаты полевых исследований.

При представлении доказательств проверки предполагаемая точность наблюдений (обследований) должна быть указана как оценка модели (если имеется). Предоставление информации о предполагаемой точности позволит сделать содержательные выводы (например, сред-

нее значение оценки модели лежит в пределах 95% доверительного интервала независимого наблюдения).

Результаты запуска модели распределения могут быть использованы для оценки эффективности всего процесса моделирования, хотя следует помнить, что низкие показатели могут быть связаны с рядом факторов.

- Ошибки в матрице поездок.
- Ошибки в кодировании сети.
- Выбор некорректных параметров маршрута.

Типы проверки достоверности, которые могут быть реализованы в модели, зависят от вида модели, но типовые примеры включают сравнение результатов моделирования и данных наблюдений.

- Средняя продолжительность поездки и распределение длины поездки (для проверки гравитационной модели распределения).
- Общий спрос по видам транспорта.
- Интенсивность на отдельных дорогах и отрезках транспорта общего пользования.
- Пассажирские, транспортные или грузовые интенсивности через границы заданной территории или кордонные районы.
- Пассажирооборот на основных остановочных пунктах и станциях.
- Продолжительности поездки по важнейшим маршрутам.
- Прокладка маршрутов по сети.

Следует подчеркнуть, что если модель используется для оценки экономики времени на передвижение (поездку), то необходима ее надежная проверка. Точно так же модель, которая будет оценивать результаты распределения по видам транспорта, потребует надежной проверки результатов распределения по видам транспорта для модели базового года. Любая предполагаемая функция модели требует, чтобы она подтверждалась во время этого этапа разработки модели.

Стандарты проверки

Двумя элементами проверки распределения являются сравнения с подсчетами транспортного движения и временем поездки. Сравнение производится на уровне отдельных отрезков или при рассмотрении группы отрезков в качестве границы рассмотрения. Единицами измерения для сравнения моделируемых и наблюдаемых интенсивностей могут быть ТС, пассажиры или тонны грузов на отрезках. Критерии приведены ниже.

Таблица 4. Критерий проверки

Критерии и меры		Соответствие требованиям
Сравнение распределенного спроса		
1	Индивидуальное ТС, пассажирский или грузовой спрос на перевозки в пределах 15% наблюдаемых подсчетов	Более 85% случаев
2	Общая интенсивность движения по полосам должна быть в пределах 5% наблюдаемых подсчетов	
3	Статистика GEN: (i) отдельные потоки: GEN<5 (ii) итоговая сумма границы рассмотрения: GEN<4	Более 85% случаев
Сравнение времени в пути (поездки)		
4	Время в пределах 15% или более 1 мин	Более 85% случаев

Важно отметить, что это всего лишь руководство. Модель, которая не соответствует этим критериям, может по-прежнему считаться приемлемой, если расхождения в пределах точности исследования и более значительные расхождения могут быть доказаны как не особо важные. Аналогичным образом модель, которая отвечает критериям, но имеет значительные расхождения по основным отрезкам, может быть сочтена неприемлемой. Ответственность лежит на разработчике модели, который отвечает за раздел о результатах работы в отчете о транспортном моделировании, которые являются надежными и пригодными для достижения поставленных целей.

В дополнение к указанным выше критериям, вспомогательный анализ представления закономерностей поездок, маршрутизации, реакции на изменения в кодировании сети и чувствительности модели может показывать, что модель имеет соответствующее качество. В связи с этим необходимо обеспечить отображение этих результатов в отчетности (см. Отчетность).

Пригодность модели для достижения целей зависит от нахождения исследования на конкретном этапе проекта. В качестве примера на этапе предварительного технико-экономического анализа модель

должна быть способна обеспечить платформу, которая позволяет оценивать альтернативные схемы на постоянной основе. На этапе технико-экономического обоснования, когда модель используется для определения предварительного проекта и требований для отвода земель, ставится важной способностью выявлять детальные последствия схемы проекта.

Во всех случаях данные, используемые для проверки модели, необходимо брать из группы данных, охватывающих всю сеть, с увеличением интенсивности в тех областях, которые особо чувствительны или значимы.

Тестирование правдоподобия

Тестирование правдоподобия описывает процесс, посредством которого определенный сценарий апробируется на транспортной модели для получения результатов, используемых в качестве части проверки. Использование тестирования правдоподобия позволяет осуществлять действия по распределению по сети, распределению по видам транспорта и другим результатам переменного спроса, а также тестировать их в ситуациях, когда наблюдаются существенные изменения в транспортном спросе или предложении. Проверка тестирования правдоподобия достигается путем ее сравнения с результатами предыдущих наблюдений, ссылками на опубликованную литературу, или при помощи сопоставительного анализа с другими исследованиями. Тестирование правдоподобия включает в себя следующее.

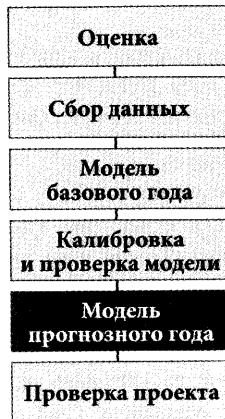
- Строительство новых крупных автомобильных и железных дорог.
- Введение дорожных сборов или взимания платы за проезд по основным транспортным коридорам.
- Изменение тарифов на общественном транспорте.
- Изменение цен на топливо.
- Существенные изменения в услугах транспорта общего пользования.

Если данные доступны, полезно проводить проверку в соответствии с рекомендациями, описанными выше. Если данные предыдущих исследований не доступны, результаты могут быть сопоставлены с другими исследованиями или с ожидаемыми результатами на основе международных исследований. Очевидно, что проверка реализованных проектов в рамках тестирования правдоподобия обеспечивает хорошие условия для демонстрации надежности модели.

10. ШАГ 5.

Разработка транспортной модели прогнозного года

Несмотря на то, что модель базового года обеспечивает отражение текущих условий, обычно необходимо понять влияние инвестиций или политических решений на определенный период в будущем.



При разработке сценариев модели прогнозного года пользователь в первую очередь обычно стремится разработать модель «программы-минимум» или «без проекта». «Программа-минимум» описывает наиболее вероятный сценарий, который будет существовать в прогнозируемом году, без предполагаемых политических вмешательств или инвестиций. Сравнивая сценарии с минимальными изменениями («сделать что-либо») и с предполагаемыми вариантами изменений, получаем картину результатов проекта в транспортной системе. Существуют различные

элементы, которые необходимо учитывать при разработке транспортной модели прогнозного года.

- Изменения в транспортном спросе.
- Изменения в транспортной сети и транспортных услугах.
- Изменения в области моделирования политических, экономических параметров и условий землепользования, которые влияют на поведение пользователя.

10.1. Рост транспортного спроса

Прогнозирование спроса на транспортные услуги должно быть основано на логически объясняющей модели, а не на простой экстраполяции прошлого. В связи с этим существует группа факторов, которая управляет ростом спроса на поездки, таких как рост населения, общий экономический рост и увеличение автомобильного парка.

Структура транспортной модели будет определять, как такой рост используется в модели. Для моделей, основанных на матрице поездок, прирост в результате этих изменений рассчитывается вне модели и вводится в модель в виде изменений в матрице поездок. Более сложные модели переменного спроса используют уравнение прямой, в которое рост включен с учетом увеличения численности населения, за-

нятости, уровня автомобилизации, экономической деятельности, ВВП и т. д. В обоих случаях применяемые коэффициенты должны определяться в достаточно сходных условиях на основе прошлого опыта (например, с помощью многомерного регрессионного анализа) или с помощью теоретических моделей, которые должны подкрепляться достаточными доказательствами или консенсусом мнений.

Оценка роста спроса на поездки требует от разработчика модели знаний о вероятном росте демографических и экономических исходных данных. В связи с этим, информацию о факторах, увеличивающих спрос на транспорт (население, занятость, владение автомобилем, ВВП и т. д.), необходимо брать из официальных источников. Для региональных (местных) моделей уровень роста населения и экономики иногда завышается, что приводит к нереалистичным представлениям прогнозного сценария. Разработчик модели должен стремиться применять прогнозы роста, которые были получены по результатам национальных оценок. Это позволит избежать ситуаций, когда отдельные регионы делают чрезмерно оптимистичные предположения относительно роста их доли в населении страны или росте занятости.

Учет роста спроса, как правило, делается на уровне районов. Таким образом, прогнозная матрица поездок получается путем повторного запуска модели распределения поездок, или манипулирования матрицей поездок базового года (где матрицы привлечения производства не используются).

В районах с прогнозируемым неравномерным ростом по транспортной сети при разработке матрицы прогнозных поездок использование факторов роста для всей матрицы обычно не обеспечивает точного представления, как произойдет рост и что не должно лежать в основе оценки проекта. Пример — проекты в районах, где рост ожидается в конкретных рамках развития.

Прогнозирование — это не четко определенная деятельность. Она распространена в более передовой деятельности по моделированию, проектированию и оценке для создания сценариев прогнозирования спроса или максимального (минимального) прогноза, выражающего наиболее вероятные верхние и нижние границы прогнозирования как основы для анализа экономических рисков инвестиций.

10.2. Изменения в транспортном предложении

В дополнение к оцениваемому проекту представляются неизменные планируемые мероприятия в транспортной сети и (или) услугах

транспорта общего пользования, возникновение которых прогнозировали независимо от реализации проекта. Важно, чтобы эти изменения отражались в любом сетевом кодировании и чтобы «программа-минимум» отображалась должным образом.

10.3. Изменения параметров

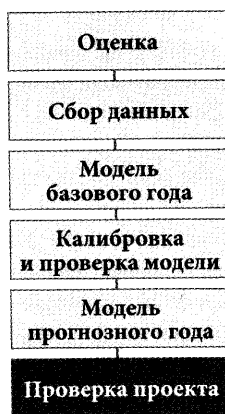
Большинство параметров, которые изменяются с течением времени, например цены на топливо, как правило, имеют более непосредственное значение для экономической оценки, а не для моделирования. Тем не менее, если они использовались при разработке базовой модели, например для определения баланса времени и расстояния для параметров выбора маршрута в моделях распределения или генерирования поездок на основе обобщенных затрат, то изменения в них должны быть отражены в распределениях прогнозных лет.

11. ШАГ 6.

Тестирование и результаты

11.1. Процедура тестирования предлагаемого проекта

Тестирование транспортных инвестиций и политических решений обычно начинается после создания прогнозных моделей. Хорошо раз-



работанная модель будет способствовать более эффективному тестированию и более вероятно даст разумные и надежные результаты. Там, где схема тестируемого проекта отображает необычное поведение транспортных моделей, его необходимо изучить, т. к. оно может указывать на некоторые недостатки в матрице спроса, транспортной сети или в методах расчета.

11.2. Результаты модели

Этап тестирования проекта формирует результаты, которые используются при оценке воздействия и анализе эффективности.

Оценка результатов реализации проекта

Оценка воздействия описывает процесс, при котором вычисляются положительные и отрицательные последствия предложения. Воздей-

ствие может быть глобальным (по всей сети) или локальным. Хотя глобальные последствия, как правило, рассчитываются в рамках анализа эффективности, чтобы оценить экономическую выгоду. Результаты реализации проекта также необходимы для понимания, во-первых, как будет функционировать система, а, во-вторых, возникнут ли какие-либо существенные последствия, которые требуют смягчения. Последствия реализации проекта могут включать следующее:

- Новые грузопотоки по предлагаемой дороге, или пассажирские и грузовые объемы перевозок по предложенному транспортному коридору.
- Изменения транспортных, пассажирских и грузовых потоков по всей сети.
- Появление или ликвидация любых узких мест в любом месте на транспортной сети.
- Существенные изменения в структуре поездок, распределении по видам транспорта и (или) обобщенных затратах и времени передвижения (поездки).
- Появление маршрутов предпочтительных поездок вдоль коридоров или между конкретными транспортными районами. Они представляют собой основные исходные данные для анализа новых возможных коридоров, которые будут обслуживаться, или пропускная способность которых будет увеличена.
- Любые значительные повышения или снижения уровня шума и (или) выбросов.

Оценка результатов реализации проекта в целом поддерживает подготовку к обсуждению последствий предлагаемого мероприятия в рамках технико-экономического обоснования и может служить основой для экологической оценки для крупного проекта или для стратегической экологической оценки в случае транспортного плана или программы.

Оценка экономической эффективности

Результаты транспортного моделирования, используемые для оценки экономической эффективности, будут зависеть от рассматриваемой схемы и от диапазона входных данных, которые должны быть обработаны. Кроме того, формат информации зависит от выбранного подхода к анализу эффективности затрат. Например, инструменты экономического моделирования, которые дают хорошую совместимость с транс-

портными моделями, требуют вывода матриц затрат и спроса из транспортных моделей. В целом, чем качественнее информация (например, корреспонденции, матрицы затрат времени на передвижение, обобщенные затраты и т. д.), которая может быть передана автоматически из хорошо откалиброванной транспортной модели в экономическую модель, тем лучше, т. к. это позволяет избежать необходимости в менее точных оценках команды экономического моделирования. Как правило, стандартные результаты будут включать в себя следующие данные для каждого периода времени.

- Транспортный спрос по видам транспорта и по категориям пользователей.
- Обобщенные издержки или информация о времени поездки (передвижения), выражается в виде матрицы затрат или глобальной сети для обобщенной продолжительности поездки через группу пользователя и вид транспорта.
- Для моделирования транспорта общего пользования обобщенная стоимость или информация о времени поездки должны быть представлены отдельно по времени доступности станций (остановочных пунктов), времени ожидания, интервалу комфортного времени, времени нахождения в ТС, времени выхода по видам транспорта и группы пользователей.
- Общая сумма в километрах сети на человека или ТС, выраженная в виде матрицы затрат, или глобальной сети на преодоление расстояния, выраженного видом ТС.
- Общее количество выбросов (если они рассчитываются).
- Общее количество ДТП (если они рассчитываются).

Важно, что форма выходных данных модели анализа эффективности затрат определяется в обзорном докладе по транспортной модели и согласовывается с командой, принимающей на себя ответственность за анализ эффективности. Дальнейшие указания по подготовке оценки экономической эффективности приводятся в «Руководстве для оценки экономической эффективности инвестиционного проекта: Европейская комиссия: Июль 2008»⁹.

⁹ В РФ действуют «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. 2-я ред. М.: Экономика, 2000, утвержденные Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ и Госкомитетом по строительной, архитектурной и жилищной политике РФ, № ВК-477 от 21.06.1999 (примеч. ред.).

12. Требования к отчетности

12.1. Необходимая документация

Важно, чтобы любая транспортная модель не была «черным ящиком» для обоснования проекта. Процесс моделирования, исходные данные, допущения и результаты должны быть полностью и четко обоснованы и отражены в документации для внешней оценки и понимания. Следующие ожидаемые результаты должны быть получены по результатам транспортного моделирования.

- Отчет о транспортном моделировании.
- Копии транспортных моделей, также в версии share-файла со всеми смоделированными сценариями, где используются сетевые модели, а также модели, которые передаются по договору заказчику.
- Руководство по модели, где модели передаются по договору заказчику.

Обратите внимание, что приведенные выше ожидаемые результаты являются дополнением к любому технико-экономическому обоснованию или оценке экономической эффективности, которые могут быть получены в рамках подготовки проекта.

Отчетность должна содержать как можно больше графических представлений результатов модели, например транспортное районирование, сеть, подсчеты (обследования) и опросы, транспортные потоки, основные корреспонденции, результаты проверки.

Желательно, чтобы интеллектуальная собственность, связанная с любым проектом моделирования (т. е. с транспортной моделью), передавалась заказчику после завершения проекта. Это следствие значительных расходов заказчика по сбору данных и разработке модели, особенно там, где техническое задание включает в себя бюджетные расходы на разработку модели.

12.2. Отчет по транспортному моделированию

Отчет по транспортному моделированию является основным результатом, описывающим работу, связанную с разработкой транспортной модели. Отчет по транспортному моделированию должен быть структурирован следующим образом.

Введение — обзор содержания проекта (предложения) и цель разработки транспортной модели. Оно может включать в себя обсуждение

выбранного исследования или финансовых затрат и текущий этап проекта (предварительный технико-экономический этап, этап технико-экономического обоснования или этап внедрения). Раздел должен содержать описание программного обеспечения, предложенного для разработки модели, и предполагаемые функциональные возможности модели.

Сбор данных — определение области исследования, проведенные исследования (опросы) и их результаты. Также ссылки на другие данные, используемые в разработке прогнозирования спроса. Информация обследований предоставляется в приложении к отчету или на сопроводительном электронном носителе.

Транспортная сеть — описание транспортной сети, которая рассматривается в настоящее время в рамках анализа спроса, т. к. она определяет, что область в рамках предполагаемых изменений зафиксирована в анализе эффективности затрат.

Транспортный спрос — отчет, устанавливающий, как был получен транспортный спрос базового года, в т. ч. сведения обо всех расчетах, процессах и информация обо всех ключевых входных и выходных данных. Также должны быть описаны соглашения о наименованиях, используемых при определении матричных файлов.

Калибровка и проверка — процесс, используемый для проверки качества моделей базового года, включая таблицы, показывающие сравнение наблюдаемой и смоделированной информации, и отчет о проверке достоверности.

Прогнозирование транспортного движения — процесс, используемый для создания спроса прогнозного года для применения при тестировании проектов путем изменения землепользования, роста численности населения, последствий других проектов. Должны быть рассмотрены сетевые графики или схематические диаграммы (принципиальные схемы), транспортные и пассажирские потоки на отрезках в границах соответствующей области исследования.

Заключение — краткое описание основных данных моделей, итоговых матриц, загрузка сети в тоннокилометрах и пассажирокилометрах, время передвижения по сети. Эта информация должна отображаться для каждого моделируемого года и представляться для каждого периода времени, группы пользователей, типа и вида ТС в зависимости от обстоятельств.

12.3. Транспортная модель и Shape-файлы

Транспортная модель должна быть представлена в цифровом формате вместе с соответствующими инструкциями для открытия и запуска модели. Для сетевых моделей должно быть разработано специализированное программное обеспечение, Shape-файлы должны быть подготовлены для каждого сценария модели и поставляться вместе с моделью. Shape-файлы для транспортных районов должны включать в себя всю демографическую и экономическую информацию в пределах каждого района, который был использован при анализе.

12.4. Руководство по модели

Для более сложных моделей может потребоваться руководство по модели. Оно должно описывать процедуру открытия и запуска модели, а также настройку ее параметров. Оно является необходимым в тех случаях, когда модели сочетают в себе разные программные средства и когда разработчику требуется вручную проводить каждый этап моделирования. Когда для управления моделью требуется написание сценариев (например, на языке программирования Python), это также должно быть отражено в руководстве по модели наряду с комментариями для каждого участка кода.

Рекомендуемая литература

1. MOTOS Handbook containing guidelines for constructing national and regional transport models: Transport Modelling — Towards Operational Standards in Europe, May 2007 (Справочник MOTOS. Принципы построения национальных и региональных транспортных моделей: Транспортное моделирование — На пути к действующим в Европе стандартам, май 2007 года). Ссылка на документ: http://www.transport-research.info/Upload/Documents/200909/20090928_091637_67695_MOTOS%20-%20Handbook.pdf
2. Transport Appraisal Guidance Unit 3.1: Modelling: Department for Transport (UK): June 2003 to June 2005 (Руководство транспортных проектов. Раздел 3.1: Моделирование: Департамент транспорта (Великобритания): июнь 2003 — июнь 2005). Ссылка на документ: <http://www.dft.gov.uk/webtag/documents/expert/unit3.1.php>
3. Methodological support to the Preparation of National and Regional Transport Plans and the related Ex-Ante-Conditionality to the 2014–2020 Programming Period: JASPERS, June 2014 (Методическая поддержка подготовки национальных и региональных транспортных планов и предполагаемые условия продолжительности программы 2014–2020: JASPERS, июнь 2014). Ссылка на документ: <http://www.jaspersnetwork.org/plugins/servlet/documentRepository/displayDocumentDetails?documentId=221>
4. Ortuzar J. D., Willumsen L. G. Modeling Transport. Third Edition. Wiley, 2001.
5. Quick Response Freight Manual, Final Report. Cambridge Systematics, 1997.
6. Lohse D. Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung, Band 2: Verkehrsplanung, 3. Vollständig überarbeitete Aufgabe Berlin, Verlag für Bauwesen GmbH, 2011.
7. Department for Transport: Guidance: Transport analysis guidance: WebTAG, 2013–2016.
8. Горев А. Э., Беттгер К., Прохоров А. В., Гизатуллин Р. Р. Основы транспортного моделирования: Практическое пособие. СПб.: ИПК «КОСТА», 2015.

Глоссарий

Рекомендуется применять следующие термины¹⁰ с соответствующими определениями.

Валидация (Validation, Validierung) — сравнение данных, полученных из натуральных наблюдений, с данными из модели. С помощью стандартных статистических показателей, например коэффициент корреляции, коэффициент детерминации, среднеквадратическое отклонение, средняя относительная ошибка и т. д., определяется качество результатов расчетов транспортной модели.

Верификация (Verification, Verifizierung) — проверка соответствия формы модели условиям исследуемого объекта, другими словами, это процесс проверки правильности структуры (логики) модели.

Группы однородного поведения (Homogeneous behavior groups, homogene Verhaltensgruppen) — однородные по поведению классы участников движения, на которые делится население моделируемой территории. Транспортное поведение представителей разных групп должно различаться, а поведение представителей одной группы должно быть, по возможности, максимально похожим. Примерами групп однородного поведения могут быть «Пенсионеры», «Школьники» и т. д.

Группы «источник-цель» (Origin-destination group, Quellzielgruppe) — дезагрегированные классы перемещений, выделяемые в целях детализации модели создания транспортного движения по признаку общности причины поездки. Примерами групп «источник-цель» являются: группа «Дом-Работа» (множество всех совершаемых на моделируемой территории в единицу времени поездок из дома на работу), группа «Работа-Покупки» (множество всех поездок с работы за покупками) и т. д.

Данные статистики (Land use statistics, Strukturdaten) — социально-экономические характеристики транспортных районов, которые используются в качестве исходных данных на этапе создания транспортного движения. Такими данными могут быть: численность населения транспортного района, численность рабочих мест в транспортном районе, численность занятого населения транспортного района, численность проживающих в транспортном районе учащихся, численность учебных мест на территории данного транспортного района, численность рабочих мест в сфере услуг.

¹⁰ В скобках после каждого термина через запятую приводятся английский и немецкий эквиваленты определяемых терминов.

Данные структуры транспортной сети (Network data, Verkehrsnetzstrukturdaten) — данные сети, которые оказывают влияние на перемещения. В состав данных структуры транспортной сети входят такие данные, как максимальная допустимая скорость для каждого отрезка, количество полос, данные о фазах светофорных циклов, пропускная способность, расписание и маршруты общественного транспорта и др.

Движение в цель (Attraction, Zielverkehrsaufkommen) — количество перемещений в единицу времени, целью (конечным пунктом) которых является один и тот же транспортный район.

Движение из источника (Production, Quellverkehrsaufkommen) — количество перемещений в единицу времени, источником (отправным пунктом) которых является один и тот же транспортный район.

Диаграмма пауков (Flow bundle, Spinne) — это картограмма, показывающая формирование транспортного и/или пассажирского потока через выбранный (один или несколько) объект сети (отрезок, транспортный район). Данная картограмма показывает источники и цели транспортного потока, а также прохождение по графу транспортной сети (пути) перемещений. Она позволяет оценить возможность перехвата таких потоков.

Калибровка (Kalibration, Kalibrierung) — если результаты валидации показывают недопустимые отклонения между натурными наблюдениями и результатами расчетов по транспортной модели, проводятся изменения в параметрах модели (параметрах процедур расчета транспортного спроса и/или настройках транспортного предложения), например, показатели подвижности, характеристика сети, и т. д.

Кордонный транспортный район (Cordon traffic zone, Kordonverkehrsbezirk) — фиктивный транспортный район, расположенный на границе моделируемой пространственной области. Кордонные районы аккумулируют все перемещения между моделируемой пространственной областью и «внешним миром».

Коэффициент загрузки (Volume capacity ratio, Auslastungskoeffizient) — показатель напряженности движения на отрезке транспортной сети, определяемый как отношение интенсивности движения к пропускной способности. Служит, в частности, для определения времени движения при заданной интенсивности с помощью CR-функции.

Матрица корреспонденций (Origin-destination matrix, Verkehrsstrommatrix) — матрица, элементами которой являются значения количества перемещений между каждой парой транспортных районов. Ма-

трицы корреспонденций можно детализировать по видам транспорта, длительности анализируемого интервала времени и причинам поездки.

Матрица затрат (Skim matrix, Aufwandsgrößenmatrix/Kenngrößenmatrix) — матрица, элементами которой являются данные о затратах времени, расстояниях, стоимости или других показателях затрат на перемещение между каждой парой транспортных районов.

Модель выбора транспорта (Mode choice model, Verkehrsaufteilungsmodell) — третий этап вычислительного алгоритма стандартной четырехшаговой модели расчета транспортного спроса. Основан на вероятностных моделях дискретного выбора (это может быть модель линейной вероятности, Probit- или Logit-модель, модель бинарного, множественного или ранжированного выбора, «гнездовая» модель и т. д., конкретная спецификация модели выбора транспорта и численные значения ее параметров определяются в ходе калибровки модели). Предназначена для моделирования распределения пассажирских корреспонденций между общественным и индивидуальным транспортом, а также по конкретным системам транспорта.

Модель распределения по сети (выбор пути) (Assignment model, Verkehrslegungmodell) — четвертый, завершающий этап вычислительного алгоритма стандартной четырехшаговой модели расчета транспортного спроса. Модель основана на поиске устойчивого равновесного распределения потоков по сети. Результатом является набор значений расчетной нагрузки, детализированной по системам транспорта, для каждого отрезка сети, а также для каждого маршрута общественного транспорта.

Модель распределения транспортного движения (Trip distribution model, Verkehrsverteilungsmodell) — второй этап вычислительного алгоритма стандартной четырехшаговой модели расчета транспортного спроса. Результатом расчета являются матрицы корреспонденций, детализированные по слоям спроса, но без разделения на корреспонденции посредством различных видов транспорта. Модель распределения транспортного движения предназначена для определения расчетных модельных значений транспортных потоков между транспортными районами в зависимости от выбора цели поездки.

Модель создания транспортного движения (Trip generation model, Verkehrserzeugungsmodell) — начальный этап вычислительного алгоритма стандартной четырехшаговой модели расчета транспортного спроса. В качестве исходных данных моделирования используются данные социальной статистики по районам. Модель основана на том,

что для каждого слоя спроса выбирается пара типов референтных групп, одна из которых связана с потенциалом района как источником поездок, относящихся к конкретному слою спроса, а другая — с потенциалом района как цели, или центра притяжения поездок, относящихся к данному слою спроса. Затем на основе выборочных данных о распределении поездок по слоям спроса для каждого слоя спроса рассчитывается степень создания потока и степень притяжения потока. Значения степеней создания и степеней притяжения предполагаются одинаковыми для всех транспортных районов. Результатом расчета являются входящие и выходящие транспортные потоки по каждому району, детализированные по слоям спроса. Они являются исходными данными для модели распределения транспортного движения.

Модификация (Modification, Modifikation) — определенное изменение характеристики сети, графа сети и/или структуры спроса на транспорт.

Обобщенные затраты (Generalised Cost, Generalisierte Kosten) — способ представления «затрат» на поездки между двумя точками, который включает величину времени на передвижение (в т. ч. время, проведенное внутри и вне ТС и время ожидания), а также тариф (плата за проезд), переведенные в единые сравнимые затраты на поездку. Обобщенные затраты используются в качестве основы для распределения поездок до пунктов назначения, маршрутов и видов транспорта. В простых случаях значение затрат сводится ко времени поездки или расстоянию.

Отрезок (Link, Strecke) — объект модели транспортного предложения, являющийся модельным образом элементарного участка автомобильной дороги, железной дороги, водного пути и т. д. Каждый отрезок характеризуется рядом геометрических параметров (длина, кривизна и др.) и динамических параметров (максимальная разрешенная скорость, пропускная способность), а также списком систем транспорта, для движения которых открыт данный отрезок.

Оценочная функция/функция полезности (Utility function, Bewertungsfunktion) — математическая функция, описывающая зависимость вероятности поездки от затрат на эту поездку. Параметры функции оценки характеризуют уровень мобильности населения, а также предпочтения участников движения относительно различных видов транспортных средств. Оценочная матрица, составленная из значений функции оценки для каждого элемента матрицы затрат, используется на этапе распределения транспортного движения по районам и этапе выбора транспорта.

Переменный спрос (Variable Demand, variierende Verkehrsnachfrage) — модели, которые определяют изменение в размере транспортного спроса как результата изменений в транспортной инфраструктуре или политике.

Предварительная матрица (Prior Matrix, vorläufige Matrix) — матрица корреспонденции, разработанная при помощи данных обследований (опросов) и других данных, но непрошедшая стадию калибровки.

Примыкание (Connector, Anbindung) — вспомогательный объект сети, представляющий собой специальный отрезок, одной из вершин которого является центроид некоторого транспортного района, а другой — узел сети. Примыкания выполняют функцию соединения сети и районов в единую конструкцию.

Референтная группа (Referent person, Bezugsperson) — элемент данных социальной статистики определенного типа, формирующий исходящий транспортный поток или являющийся фактором притяжения входящего транспортного потока, порождаемого конкретной причиной поездки. Референтная группа — не обязательно группа людей. Например, рабочие места являются референтной группой для движения в цель, связанного с причиной поездки «Дом-Работа». Референтной группой для движения из источника, связанного с этой же причиной поездки, являются трудящиеся, т. е. имеющие работу жители района. Количество представителей референтных групп каждого типа на всей территории, транспортная инфраструктура которой подлежит моделированию, используется для расчета степеней создания и степеней притяжения транспортных потоков.

Сегмент спроса (Demand segment, Nachfragesegment) — используется для моделирования перемещений с использованием одной или нескольких систем транспорта различных групп людей, так как, например, предпочтения у пенсионеров и студентов могут быть разными. Сегменты спроса связаны с матрицами корреспонденций. Участники движения одного сегмента спроса общественного транспорта имеют возможность сменить систему транспорта в рамках одной поездки. Каждому сегменту спроса соответствует ровно одна матрица корреспонденций.

Синтетические матрицы (Synthetic Matrices, synthetische Matrix) — матрицы корреспонденции, построенные при помощи теоретических отношений с ограниченным использованием данных обследований (опросов).

Система транспорта (Transport system, Verkehrssystem) — объект модели транспортного предложения, определяемый посредством пары, состоящей из типа транспорта (индивидуальный или общественный) и транспортного средства (автобус, троллейбус, автомобиль и т. д.).

Слой спроса (Demand stratum, Nachfrageschicht) — класс перемещений, имеющих общую причину и совершаемых участниками движения, которые характеризуются однородностью транспортного поведения. В модели транспортного спроса каждый слой спроса формально описывается посредством пары, состоящей из одной группы «источник-цель» и одной группы однородного поведения. В модели создания транспортного движения расчетный транспортный поток детализируется по слоям спроса в целях большей точности модели. В модели распределения транспортного движения по каждому слою спроса рассчитывается ровно одна матрица корреспонденций.

Статистический спрос (Static Demand, statische Verkehrsnachfrage) — модели, которые не подразумевают какие-либо изменения в величине транспортного спроса как результат изменений в транспортной инфраструктуре или политике.

Степень притяжения (Attraction rate, Anziehungsrage) — среднее количество перемещений в данный район-цель в единицу времени, совершаемых по конкретной причине (например, «Дом-Работа», «Учеба-Прочее» и т. д.) и соотносимых с представителем конкретной референтной группы.

Степень создания (Production rate, Erzeugungsrate) — среднее количество перемещений из данного транспортного района в единицу времени, совершаемых по конкретной причине (например, «Дом-Работа», «Учеба-Прочее» и т. д.) и соотносимых с представителем конкретной референтной группы.

Стоимость времени (Value of Time, Zeitwert des Geldes) — денежный эквивалент, который определяет стоимость в деньгах одного затраченного часа. В модели распределения по сети (выбора пути) используется стоимость времени для определения готовности платить за использование платного участка сети при условии экономии времени на проезд.

Сценарий (Scenario, Szenario) — набор модификаций модели базового года для расчета различных вариантов прогноза интенсивности движения по транспортной модели.

Транспортное предложение (Traffic supply, Verkehrsangebot) — совокупность данных о транспортной сети моделируемой области. Включает

информацию о взаимном расположении и протяженности автомобильных дорог и железнодорожных путей, информацию о подвижном составе, расписании движения общественного транспорта, расположении остановок общественного транспорта и режимах регулирования движения в узловых пунктах сети. В транспортной модели описывается посредством системы узлов, соединенных отрезками, а также списком систем транспорта.

Транспортные районы (Traffic zones, Verkehrsbezirke) — элементарные единицы пространственной структуры области планирования. Оптимальным является районирование по функциональному признаку (например, на основе функционального зонирования согласно Генеральному плану развития города). В случае невозможности получения статистической информации при районировании по функциональному признаку допустимым является районирование на основе административно-территориального деления. Транспортные районы играют роль центров генерации и центров тяготения транспортного движения. В модели описываются с помощью центров тяжести, или центроидов.

Транспортный спрос (Traffic demand, Verkehrsnachfrage) — совокупность данных о последовательности решений, принимаемых участниками транспортного движения по поводу осуществления поездок, выбора времени поездки, цели поездки, вида транспорта и конкретного маршрута, а также возникающих в результате реализации этих решений распределений межрайонных корреспонденций и транспортных потоков по маршрутам в сети.

Транспортное поведение населения (Mobility behavior, Mobilitätsverhalten) — данные о совокупности решений, принимаемых участниками движения в части выбора места назначения поездки с конкретной целью, выбора транспортного средства, выбора маршрута и т. д.

Узел (Node, Knoten) — объект модели транспортного предложения, являющийся модельным образом перекрестка, развязки, примыкания автомобильной дороги, стыковки железной дороги, водного пути и т. д. Отрезки в транспортной модели всегда начинаются и заканчиваются в узлах.

Функция ограничения пропускной способности/CR-функция (Capacity restraint function, Kapazitätbeschränkungsfunktion) — математическая функция, характеризующая зависимость времени прохождения отрезка транспортной сети от коэффициента загрузки отрезка. Один из наиболее популярных в практике транспортного моделирования ва-

риантов CR-функции — так называемая BPR-1 функция, рекомендованная Бюро дорог общего пользования США (Bureau of Public Roads).

Центр тяжести/центроид (Centroid, Schwerpunkt) — объект модели транспортной сети, представляющий собой узел специального вида, являющийся модельным образом транспортного района. Центроиды соединяются с сетью через примыкания и выполняют функцию генерации и накопления (притяжения), имеющего место в сети транспортного движения.

Пример технического задания на разработку мультимодальной транспортной модели для прогнозирования интенсивности движения и пассажиропотоков в области моделирования

Техническое задание должно быть адаптировано под конкретные задачи и области исследования. Ниже приведен пример технического задания, который предлагается использовать как базовый.

№	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
1	Наименование титула	Разработка мультимодальной транспортной модели для прогнозирования интенсивности движения и пассажиропотоков в области моделирования
2	Область моделирования	...
3	Заказчик	...
4	Подрядчик	...
5	Цель работы	<p>Целью выполнения работ является разработка мультимодальной компьютерной транспортной модели для определения интенсивности движения и пассажиропотоков в области моделирования как инструмента для разработки оптимального решения развития транспортной инфраструктуры на основе единой транспортной модели, позволяющей проводить:</p> <ul style="list-style-type: none"> • сбор, обработку, хранение и визуализацию исходных транспортных и социально-экономических данных; • расчет интенсивности движения и пассажиропотоков для оптимизации развития транспортной инфраструктуры; • оценку последствий изменения транспортной инфраструктуры; • моделирование транспортной системы существующей ситуации с целью расчета интенсивности движения и пассажиропотоков для оценки существующего и прогнозного спроса на перевозки, расчета сценариев «что будет, если...», проработки вариантов оптимизации работы транспорта, оценки работы транспортной сети и проектов по развитию транспортной инфраструктуры.

№	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
6	Решаемые задачи	<p>Результатом работ должны являться поставка Заказчику транспортной модели и необходимого программного обеспечения для транспортного моделирования транспортных и пассажирских потоков в Области моделирования и выполненная в данном программном обеспечении рабочая компьютерная транспортная модель всех видов транспорта, наполненная фактически данными (объектами и атрибутами), достаточными для:</p> <ul style="list-style-type: none"> • подготовки транспортных прогнозов на основе сценариев «что будет, если...»; • хранения данных транспортных и социально-экономических показателей; • расчета существующей интенсивности движения и пассажирских потоков; • оценки различных транспортных ситуаций и вариантов развития транспортной инфраструктуры по заданной системе показателей, выбранных или рассчитанных на основе атрибутов системы; • оценки работы транспортной сети в целом по заданной системе показателей качества. Такими показателями могут быть, например, транспортная обеспеченность территории, оценка транспортной доступности территорий для различных групп населения; • систематизации и наглядного представления данных по транспортной системе Области моделирования (например, для визуальной оценки и разработки предложений); • оптимизации работы индивидуального и пассажирского транспорта: анализа движения и геометрии сети и оценки ее доступности; • разработки комплексных программ — транспортной стратегии — развития транспортной сети, включающей все виды транспорта.
7	Расчетные сроки	<p>Базовый год: ... Прогнозные годы: ...</p>

№	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
8	Состав работы	<p><i>1 этап</i> — поставка программного обеспечения (при необходимости):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Поставка программного обеспечения для создания транспортной модели; 2. Установка программного комплекса для транспортного моделирования; 3. Обучение специалистов Заказчика в течение X рабочих дней на переданном программном обеспечении для транспортного моделирования у Заказчика. <p><i>2 этап</i> — определение целевых показателей для оптимизации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка методики и ее согласование с Заказчиком для определения целевых показателей, которые будут использованы для количественной оценки преимуществ и недостатков предлагаемого мероприятия; 2. Подготовка отчетного шаблона для представления мероприятий и их сравнения для выбора оптимального мероприятия. <p><i>3 этап</i> — сбор и обработка исходных данных:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Консультации Заказчика по типам, источникам, форматам и способам получения исходных данных; 2. Разработка и согласование с Заказчиком методики проведения телефонного социологического опроса населения с целью выявления транспортного поведения (предпочтений и склонностей), а также оценки качества транспортного обслуживания в Области моделирования различными видами транспорта, с учетом различных типов корреспонденций с объемом выборки не менее 3000 респондентов; 3. Проведение телефонного социологического опроса населения с целью выявления транспортного поведения (предпочтений и склонностей), а также оценки качества транспортного обслуживания в Области моделирования различными видами транспорта, с учетом различных типов корреспонденций с объемом выборки не менее 3000 респондентов; 4. Анализ и обработка данных опроса в виде компьютерного банка данных;

№	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
		<p>5. Разработка и согласование с Заказчиком методики обработки исходных данных и проведения выборочного натурного количественного обследования интенсивности движения и пассажирских потоков;</p> <p>6. Проведение выборочного натурного количественного обследования интенсивности движения и пассажирских потоков в соответствии с разработанной и утвержденной методикой. Представление, анализ и приведение результатов наблюдений к среднегодовым суточным значениям.</p> <p>4 этап — создание мультимодальной транспортной модели:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Уточнить и согласовать с Заказчиком транспортное районирование, выполненное на базе полученных исходных данных; 2. Ввод социально-экономической статистики транспортных районов; 3. Ввод железнодорожной, улично-дорожной, авиационной и судоходной сети и атрибутов отрезков и узлов для всех видов пассажирского транспорта; 4. Ввод маршрутной сети, остановок и расписания движения всех видов пассажирского транспорта; 5. Привязка характеристики подвижных составов (вместимость) к маршрутам пассажирского транспорта; 6. Ввод упрощенной тарифной модели всех видов пассажирского транспорта; 7. Логический свод остановок в пересадочные узлы; 8. Согласование методики и создание модели расчета спроса на транспорт для пассажирских перемещений на основе результатов опроса; 9. Согласование методики и создание модели расчета спроса на кордонных районах для пассажирских, легковых и грузовых перемещений на базе замеров; 10. Расчет перераспределения пассажирских потоков на общественном и легковом транспорте; 11. Ввод результатов замеров интенсивности и пассажиропотоков в полную мультимодальную транспортную модель.

№	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
		<p>5 этап — калибровка полной мультимодальной модели:</p> <p>Калибровка модели по результатам замеров интенсивности движения, пассажиропотока и полученных соответствующих расчетных значений в полной мультимодальной транспортной модели, а именно:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Калибровка функции сопротивления (CR-функции) по типам отрезка; 2. Калибровка функции оценки по слоям спроса; 3. Калибровка функции оценки по слоям спроса и системам транспорта; 4. Калибровка выбора маршрута ОТ; 5. Калибровка оценки отдельных затрат при расчете сопротивления путей; 6. Калибровка учета тарифной модели. <p>6 этап — оптимизация развития транспортной инфраструктуры:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Уточнение разработанной методики и ее согласование с Заказчиком для определения целевых показателей оптимизации, которые будут использованы для количественной оценки преимуществ и недостатков предлагаемого сценария; 2. Уточнение отчетного шаблона для представления вариантов и их сравнения для выбора оптимального мероприятия. 3. Разработка набора сценариев с вариантами развития транспортной инфраструктуры; 4. Оценка эффективности сценариев; 5. Выбор и согласование оптимального варианта развития транспортной инфраструктуры; 6. Обучение специалистов Заказчика на базе созданной транспортной модели в течение X рабочих дней у Заказчика; 7. Визуализация результатов расчета; 8. Передача разработанной мультимодальной транспортной модели; 9. Выдача отчетных материалов.

№	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
9	Ожидаемые результаты	<p>Разработанная транспортная модель должна предоставлять возможность:</p> <ul style="list-style-type: none"> • расчета матриц затрат на перемещения по различным видам затрат для различных видов транспорта (время в пути при свободном потоке, время в пути с учетом загруженности улично-дорожной сети, скорость при свободном потоке, скорость с учетом загруженности улично-дорожной сети, длина поездки и другие); • расчета матриц корреспонденций с детализацией по видам транспорта и целям поездки; • расчета интенсивности движения транспортных средств и пассажиропотоков по различным видам общественного транспорта с детализацией по маршрутам на всех участках графа улично-дорожной сети на основе информации о характеристиках сети и матриц корреспонденций; • автоматизированного статистического анализа сравнения данных замеров интенсивности движения (пассажиропотоков) и модельных значений с последующим отображением результатов в табличном и графическом виде; • расчета себестоимости маршрута, отправления, участка, станции, подвижного состава, области, перевозчика, средств расчета затрат (амортизационные, текущие и эксплуатационные затраты) и расчета дохода из продажи билетов; • автоматизированной проверки на ошибки в построении графа улично-дорожной сети (целостность графа сети). <p>Разработанная транспортная модель также должна обеспечивать возможность проведения анализа и визуализации:</p> <ul style="list-style-type: none"> • интенсивности движения по различным видам транспорта и пассажиропотоков по различным видам общественного транспорта и маршрутам; • источников и целей транспортного и пассажиропотока, проходящего через отдельные участки графа;

№	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
		<ul style="list-style-type: none"> • транспортных и пассажирских потоков в узлах графа с отображением всех разрешенных направлений движения и значениями объемов потоков на них; • результатов алгоритма поиска кратчайшего пути для ИТ по сети между двумя узлами или районами с учетом различных критериев (время в пути при свободном потоке, время в пути с учетом загрузки участков сети, расстояние и т. д.); • результатов алгоритма поиска кратчайшего пути для ОТ по сети между двумя узлами, районами или зонами остановок с учетом различных критериев (время в пути, расстояние, вид общественного транспорта); • различия в значениях атрибутов двух состояний сети, для сравнения, например, нагрузки транспортного движения в двух сценариях одной модели транспортного движения; • диаграмм «Паук», в которых для выбранных сегментов спроса отфильтрованы те пути, которые используют объекты сети, выделенные пользователем (узлы, отрезки, районы, пункты остановок, зоны остановки и остановки); • диаграмм «Паук» для анализа нагрузок в сети по типам движения (внутреннее движение, движение из источника, движение в цель, сквозное движение, внешнее движение или объездное движение); • изохрон для классификации достижимости объектов сети и для сравнения времени поездки в ИТ и ОТ, а также отображения временной доступности различных участков графа путей на индивидуальном или общественном транспорте; • списков всех типов объектов сети, которые обеспечивают изображение значений всех атрибутов какого-либо объекта сети в табличной форме; • изображения диаграмм и таблиц со значениями заданных атрибутов на карте; • статистики анализа качества перераспределения, например коэффициент корреляции между объемами потоков, рассчитанными в перераспределении, и наблюдаемыми значениями;

№	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
		<ul style="list-style-type: none"> • диаграмм в виде столбцов для отображения различных свойств в различных временных промежутках (например, интенсивность движения на отрезке в течение суток по часам); • характеристик условий движения (скорость, время поездки, уровни загрузки) для различных видов транспорта по дугам графа и по выбранным маршрутам движения; • интегральных (агрегированных) характеристик функционирования транспортного комплекса для отдельных зон и всего города (средняя скорость, затраты времени на передвижения и т. д.); • условного графа сети расписания для отображения маршрутной сети в форме наглядной диаграммы по всей сети одновременно, чтобы обеспечить четкий обобщенный обзор всех поездок в местах пересадки и позволять оператору вручную редактировать и оптимизировать время ожидания при пересадке в комплексных сетях; • графического расписания, чтобы обеспечить графическое отображение данных расписания для интерактивной работы в виде диаграммы время-остановка и позволять пользователю проверить результаты изменения данных расписания. <p>Поэтапные результаты разработанной транспортной модели должны удовлетворять следующим требованиям:</p> <p><i>1 этап</i> — поставка программного обеспечения:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Поставленная и установленная лицензия программного обеспечения для создания транспортной модели и оптимизации транспортной инфраструктуры, удовлетворяющая всем требованиям к программному обеспечению, перечисленным в п. 14 данного Технического задания; • Проведенное обучение специалистов Заказчика работе с переданным программным обеспечением для транспортного моделирования в течение X рабочих дней на территории Заказчика.

№	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
		<p><i>2 этап</i> — определение целевых показателей для оптимизации:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Согласованная с Заказчиком методика определения целевых показателей, которые будут использованы для количественной оценки преимуществ и недостатков предлагаемого варианта расписания движения и маршрутной сети поездов Заказчика; • Отчетный шаблон для представления вариантов и их сравнения для выбора оптимального варианта расписания движения и маршрутной сети поездов Заказчика. <p><i>3 этап</i> — сбор и обработка исходных данных:</p> <ul style="list-style-type: none"> • База данных с результатами опроса подвижности населения в формате MS Access; • Распределение между видами транспорта по типам перемещения; • Распределение между видами транспорта общественного транспорта; • Распределение времени отправления по типам перемещения; • Распределение дальности перемещения и времени в пути по типам перемещения; • Согласованная с Заказчиком методика на обработку исходных данных и проведение выборочного натурного количественного обследования пассажирских и автомобильных потоков; • Замеры выборочного натурного количественного обследования пассажирских и автомобильных потоков. Представление, анализ и приведение результатов наблюдений к среднегодовым суточным значениям в формате программного обеспечения для оценки ошибки модели. <p><i>4 этап</i> — создание мультимодальной модели:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Созданная полная мультимодальная транспортная модель, удовлетворяющая следующим минимальным показателям: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Количество транспортных районов не менее XXX; ▶ Количество отрезков в сети не менее XXX;

№	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Количество узлов в сети не менее XXX; ▶ Количество примыканий не менее XXX; ▶ Количество учтенных матриц корреспонденции не менее XXX; ▶ Количество видов транспорта не менее XXX; • Транспортное районирование области моделирования в полной мультимодальной транспортной модели; • Матрица корреспонденции из данных о проданных билетах Заказчика в полной мультимодальной транспортной модели; • Железнодорожная, улично-дорожная, авиационная и судоходная сеть и атрибуты отрезков и узлов для всех видов пассажирского транспорта в полной мультимодальной транспортной модели; • Маршрутная сеть, остановки и расписание движения всех видов пассажирского транспорта; в полной мультимодальной транспортной модели; • Привязанные характеристики подвижных составов (вместимость) к маршрутам в полной мультимодальной транспортной модели; • Упрощенная тарифная модель в полной мультимодальной транспортной модели; • Логические сведенные остановки в пересадочные узлы; • Согласованная с Заказчиком методика и создание модели расчета спроса на транспорт для пассажирских перемещений на основе результатов опроса; • Согласованная с Заказчиком методика и создание модели расчета спроса в кордонных районах для пассажирских перемещений на базе замеров; • Результаты расчета перераспределения пассажирских потоков на общественном и легковом транспорте в полной мультимодальной транспортной модели; • Результаты замеров интенсивности и пассажиропотоков в полной мультимодальной транспортной модели.

№	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
		<p>5 этап — калибровка полной мультимодальной модели:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Откалиброванная полная мультимодальная модель с интенсивностью движения и пассажиропотоком базового года со средним относительным отклонением не больше XX% от среднегодовой интенсивности движения и пассажиропотоков на не менее чем XX сечениях и с коэффициентом корреляции не меньше 0, XX; • Откалиброванная функция сопротивления (CR-функции) по типам отрезка в полной мультимодальной транспортной модели; • Откалиброванный расчет спроса по данным проданных билетов Заказчика в полной мультимодальной транспортной модели; • Откалиброванная функция оценки по слоям спроса в полной мультимодальной транспортной модели; • Откалиброванная функция оценки по слоям спроса и системам транспорта в полной мультимодальной транспортной модели; • Откалиброванная функция выбора маршрута ОТ в полной мультимодальной транспортной модели; • Откалиброванная оценка отдельных затрат при расчете сопротивления путей в полной мультимодальной транспортной модели; • Откалиброванный учет тарифной модели в полной мультимодальной транспортной модели. <p>6 этап — оптимизация развития транспортной инфраструктуры:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Согласованная с Заказчиком уточненная методика определения целевых показателей, которые будут использованы для количественной оценки преимуществ и недостатков предлагаемого варианта развития инфраструктуры; • Уточненный отчетный шаблон для представления вариантов и их сравнения для выбора оптимального мероприятия; • Разработанный набор сценариев с вариантами в полной мультимодальной транспортной модели;

№	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
		<ul style="list-style-type: none"> • Согласованное с Заказчиком сравнение и оценка оптимального варианта развития транспортной инфраструктуры; • Проведенное обучение специалистов Заказчика на базе созданной полной мультимодальной транспортной модели у Заказчика в течение X дней; • Отчетные материалы с визуализацией результатов расчета; • Переданная полная мультимодальная транспортная модель.
10	Состав и количество выдаваемых экземпляров документации	<ul style="list-style-type: none"> • Отчет с картограммами результатов расчета в 2 бумажных экземплярах и в 1 экземпляре на электронном носителе; • Презентационные материалы по итогам работы в 2 бумажных экземплярах и в 1 экземпляре на электронном носителе; • Транспортная модель в виде файла выбранного программного обеспечения для транспортного моделирования; • Электронные базы данных обследований в формате mdb — 2 эл. экз.
11	Исходные данные, собираемые для Проекта	...
12	Срок выполнения работ	<p>1 этап — поставка программного обеспечения — срок XX календарных дней</p> <p>2 этап — определение целевых показателей для оптимизации — срок XX календарных дней</p> <p>3 этап — сбор и обработка исходных данных — срок XX календарных дней</p> <p>4 этап — создание мультимодальной модели — срок XX календарных дней</p> <p>5 этап — калибровка мультимодальной модели — срок XX календарных дней</p> <p>6 этап — оптимизация варианта развития транспортной инфраструктуры — срок XX календарных дней</p>

№	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
13	Требуемый опыт Исполнителя	<p>Исполнитель должен иметь обширный опыт в разработке транспортных моделей городов с не менее чем XXX транспортными районами и опыт выполнения проектов в области транспортного макро моделирования в поставляемом программном обеспечении. Наличие опыта подтверждается проектным листом и актом о выполненных работах.</p> <p>Исполнитель должен иметь в наличии не менее X актуальных коммерческих лицензий программного обеспечения, которое будет поставлено Заказчику для транспортного моделирования. Наличие лицензии должно быть подтверждено сертификатом от поставщика.</p>
14	Характеристика программного обеспечения	<p>Заказчику предоставляется лицензия на программное обеспечение для транспортного моделирования, на котором была разработана транспортная модель. Программное обеспечение для транспортного моделирования должно иметь следующие минимальные характеристики:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Количество транспортных районов не менее XXX; • Количество отрезков в сети не менее XXX; • Количество узлов в сети не менее XXX; • Количество примыканий не менее XXX; • Количество учтенных матриц корреспонденции не менее XXX; • Количество видов транспорта не менее XXX. <p>Программное обеспечение должно представлять собой обширную, гибкую систему для транспортного планирования, расчета спроса на транспорт (матрицы корреспонденций для общественного и индивидуального транспорта), анализа транспортной сети, расчета себестоимости общественного транспорта и прогноза запланированных мероприятий и их последствий.</p> <p>1. Общие функциональные возможности:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Хранение обширной базы данных транспортных и социально-экономических показателей;

№	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
		<ul style="list-style-type: none"> • Расчет объемов существующих транспортных потоков; • Расчет транспортной потребности городов и регионов; • Расчет матриц межрайонных пассажирских корреспонденций с детализацией по причинам поездки и системам транспорта; • Расчет транспортного спроса должен быть проведен на основе 4-ступенчатой модели транспортного спроса Trip-Interchange; • Оценка различных транспортных ситуаций и вариантов развития транспортной инфраструктуры по заданной системе показателей. Такая оценка дает возможность управлять транспортными потоками на основе сравнимых количественных значений, повышая тем самым качество принимаемых управленческих решений; • Оценка работы транспортной сети в целом по разработанной системе показателей качества. Такими показателями могут быть, например, транспортная обеспеченность территории, оценки транспортной доступности территорий для различных групп населения и проч; • Систематизация и наглядное представление данных по транспортной системе города, региона, страны (например, для визуальной оценки и разработки предложений); • Прогнозирование: <ul style="list-style-type: none"> ➢ транспортной потребности; ➢ пассажиропотоков; ➢ интенсивностей движения на участках сети. • Технико-экономическое обоснование различных инвестиционных проектов развития транспортной инфраструктуры моделируемого города и региона: <ul style="list-style-type: none"> ➢ строительство/реконструкция автомобильных дорог; ➢ реорганизация работы общественного транспорта;

№	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
		<ul style="list-style-type: none"> ➢ строительство крупных промышленных, торговых, развлекательных объектов на территории моделируемого региона с точки зрения транспортных проблем. • Оптимизация потоков индивидуального транспорта: <ul style="list-style-type: none"> ➢ легковой транспорт; ➢ грузовой транспорт. • Оптимизация работы общественного транспорта: <ul style="list-style-type: none"> ➢ расчет объема перевозок по видам транспорта с целью, например, государственного заказа на перевозки общественным транспортом; ➢ разработка предложений по совершенствованию тарифной системы и ее обоснование; ➢ анализ геометрии сети общественного транспорта и оценка ее доступности; ➢ оптимизация интервалов и расписания движения; ➢ обоснование ввода новых маршрутов и удаление существующих. • Отображение основных динамических характеристик работы систем индивидуального и общественного транспорта в табличном и графическом виде; • Ввод данных о параметрах узлов, в т. ч. о полноте движения, островках безопасности, пешеходных переходах, разметке, разрешенных направлениях поворотов по видам транспорта, светофорных фазах; • Прогнозирование последствий принятия решений в сфере управления общественным и индивидуальным транспортом (например, о пуске дополнительной выделенной автобусной линии, строительстве новой дороги); • Сравнение эффективности различных вариантов планировочных решений с точки зрения различных критериев в табличном и графическом виде: минимум среднего времени поездки, минимум средней дальности поездки, стоимостные критерии и т. д.; • Прогнозирование количественного влияния последствий различных сценариев социально-экономического развития города на транспортные потоки и транспортную инфраструктуру на основе системы математических моделей;

№	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
		<ul style="list-style-type: none"> • Возможность отобразить схематичные и спутниковые карты в фоне как данные, зачисляемые из интернета в режиме реального времени (используя Web Map Service — сервис веб-карт) в любом масштабе с возможностью сохранить скаченные файлы в локальном хранилище. 2. В программном обеспечении должны быть реализованы следующие процедуры работы: <ul style="list-style-type: none"> • Редактирование улично-дорожной сети (для учета планируемых изменений сети индивидуального транспорта и уличного общественного транспорта); • Редактирование маршрутной сети и расписания маршрутов общественного транспорта (для учета планируемых изменений сети общественного транспорта); • Изменение данных структуры пространственного развития (на основе социально-экономических прогнозов развития Области моделирования для учета изменения перспективных матриц корреспонденций); • Расчет прогнозных значений объема пассажирских перевозок с детализацией по системам транспорта; • Формирование картограмм работы общественного и индивидуального транспорта; • Формирование картограмм потоков на узлах и вычисление уровней загрузки узлов; • Возможность двустороннего обмена данными с системами имитационного моделирования транспортных потоков; • Определение показателей качества транспортного обслуживания населения; • Формирование диаграмм транспортной доступности важнейших центров транспортного тяготения в виде картограмм изохрон; • Графический анализ источников перегрузки в узких местах улично-дорожной сети с помощью диаграммы «паук» и ее альтернативных путей;

№	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
		<ul style="list-style-type: none"> • Расчет матриц межрайонных пассажирских корреспонденций с детализацией по причинам поездки и системам транспорта; • Визуализация результатов расчета матриц корреспонденций с помощью «паук»-матриц. 3. База данных программного обеспечения для транспортной модели должна быть выполнена в табличном формате и содержать: <ul style="list-style-type: none"> • Сеть в формате «узел-отрезок-узел» со следующими атрибутами направленных отрезков (программное обеспечение должно иметь возможность работать не менее XXX отрезков): <ul style="list-style-type: none"> ▶ Номер отрезка, Тип отрезка, Разрешенные системы транспорта, Кратчайшее расстояние между узлами, Длина полигона, Название отрезка, Разрешенная скорость, Количество полос, Пропускная способность, Время прохождения по системам транспорта с учетом и без учета нагрузки, Скорость по системам транспорта с учетом нагрузки, Общая вместимость проходящего общественного транспорта по системам транспорта, Общая вместимость сидячих мест проходящего общественного транспорта по системам транспорта, Пассажиропоток по системам транспорта, Количество маршрутов по системам транспорта, Количество обслуживающих поездов по системам транспорта. • Атрибуты узлов (программное обеспечение должно иметь возможность работать не менее чем с XXX узлами): <ul style="list-style-type: none"> ▶ Номер узла, Название узла, Тип регулирования, Координата X, Координата Y, Количество подходов, Разрешаемые повороты по системам транспорта, Скорость поворота по системам транспорта с учетом и без учета нагрузки, Время прохождения по системам транспорта с учетом и без учета нагрузки, Общая вместимость проходящего общественного транспорта по системам транспорта, Общая вместимость сидячих мест проходящего общественного транспорта по сис-

№	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
		<p>темам транспорта, Пассажиропоток по системам транспорта, Количество маршрутов по системам транспорта, Количество обслуживающих поездов по системам транспорта.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Районирование по транспортным районам и административным районам. Атрибуты районов (программное обеспечение должно иметь возможность оперировать не менее чем XXX районов): <ul style="list-style-type: none"> ▸ Номер района, Название района, Тип района, Координата центроида X, Координата центроида Y, Пассажиропоток из района-источника, Пассажиропоток в район-цель, Пассажиропоток внутри района, Номер административного района (для транспортных районов), Площадь района в км², Количество маршрутов по системам транспорта, Количество обслуживающих поездов по системам транспорта. • Остановки общественного транспорта. Атрибуты остановок: <ul style="list-style-type: none"> ▸ Номер остановки, Название остановки, Тип остановки, Номер привязанного узла, Общая вместимость проходящего общественного транспорта по системам транспорта, Общая вместимость сидячих мест проходящего общественного транспорта по системам транспорта, Пассажиропоток по системам транспорта, Количество маршрутов по системам транспорта, Количество обслуживающих поездов по системам транспорта, Количество входящего потока по системам транспорта, Количество выходящего потока по системам транспорта, Количество транзитного потока с остановкой по системам транспорта, Количество транзитного потока без остановки по системам транспорта, Количество пересеживающихся пассажиров. • Маршруты общественного транспорта (программное обеспечение должно иметь возможность оперировать не менее чем с XXX вариантами маршрутов общественного транспорта). Атрибуты маршрутов:

№	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
		<ul style="list-style-type: none"> ▸ Номер маршрута, Название маршрута, Название системы транспорта, Состав маршрута, Перевозчик, Длина маршрута, Количество вариантов движения, Количество обслуживающих поездов, Количество обслуживающих остановок, Средняя скорость движения, Общая вместимость, Общая вместимость сидячих мест, Общее количество перевезенных пассажиров, Количество перевезенных пассажиров с 0 пересадок, Количество перевезенных пассажиров с 1 пересадкой, Количество перевезенных пассажиров с 2 пересадками, Количество перевезенных пассажиров с более чем 2 пересадками. • Матрицы корреспонденций общественного и индивидуального транспорта. Атрибут таблицы, содержащей матрицу корреспонденций: <ul style="list-style-type: none"> ▸ Количество перемещений по каждому отношению и причине поездки, Номер района источника, Номер района цели, Сумма перемещений из района-источника, Сумма перемещений в район-цель. <p><i>4. Программное обеспечение должно обеспечивать поддержку принятия решений специалистами в следующих областях:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Разработка комплексных программ — транспортной стратегии — развития транспортной сети, включающей все виды транспорта. • Формирование картограмм работы общественного и индивидуального транспорта. • Формирование диаграмм транспортной доступности важнейших центров транспортного тяготения в виде изохрон. • Графический анализ источников перегрузки в узких местах улично-дорожной сети с помощью диаграммы «паук» и ее альтернативных путей. • Возможность двустороннего обмена данными с системами имитационного моделирования транспортных потоков. • Расширения возможностей модели за счет использования внутренних языков программирования.

№	Перечень основных данных и требований	Основные данные и требования
		<p>5. <i>Особые требования к программному обеспечению:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Наличие сертификата соответствия российским ГОСТам и СНИПам в области транспортного проектирования. • Наличие русского интерфейса. • Наличие русскоязычного руководства пользователя. • Наличие русскоязычной техподдержки в России.
15	Особые условия	Анализ результатов моделирования выполняется совместно с Заказчиком

Пример структуры отчета по моделированию

Введение

- 1. Описание разработанной транспортной модели**
 - 1.1. Используемые программные средства
 - 1.2. Методика создания транспортной модели
- 2. Модель транспортного предложения**
 - 2.1. Определение границ зоны моделирования
 - 2.2. Создание границ транспортных районов
 - 2.3. Оцифровка сети
- 3. Моделирование транспортных потоков на базовый 2013 год, калибровка модели, оценка точности**
 - 3.1. Четырехшаговая модель расчета транспортного спроса
 - 3.2. Социально-экономические данные по транспортным районам зоны тяготения
 - 3.3. Калибровка модели
 - 3.4. Замеры интенсивностей транспортных потоков
 - 3.5. Оценка точности модели и расчетная интенсивность движения
 - 3.6. Существующая пропускная способность дорожной сети зоны моделирования
 - 3.6.1. Уровни загрузки автомобильной дороги М4 «Дон» км 715 — км 1319
 - 3.6.2. Уровни загрузки альтернативных маршрутов
- 4. Определение перспективной интенсивности движения при бесплатной эксплуатации объекта**
 - 4.1. Подход к прогнозированию с использованием транспортных моделей
 - 4.2. Определение параметров перспективного спроса на передвижение
 - 4.3. Прогноз перспективной интенсивности движения при бесплатной эксплуатации объекта
- 5. Определение перспективной интенсивности движения при платной эксплуатации объекта**
 - 5.1. Основные исходные данные
 - 5.1.1. Расположение пунктов взимания платы на участке трассы М4 «Дон» км 715 — км 1319 при открытой системе взимания платы
 - 5.1.2. Расположение пунктов взимания платы на участке трассы М4 «Дон» км 715 — км 1319 при закрытой системе взимания платы
 - 5.1.3. Определение размеров платы за проезд на основе опроса участников движения
 - 5.2. Определение оптимального тарифа
 - 5.2.1. Эластичность спроса применительно к различным уровням тарифов

- 5.2.2. Доходы от сбора платы за проезд при различных уровнях тарифа при открытой системе взимания платы
- 5.2.3. Доходы от сбора платы за проезд при различных уровнях тарифа при закрытой системе взимания платы
- 5.3. Определение перспективной интенсивности движения на расчетный срок с учетом платного режима эксплуатации
- 5.3.1. Прогноз интенсивности движения по проектируемому участку при открытой системе взимания платы
- 5.3.2. Прогноз интенсивности движения по проектируемому участку при закрытой системе взимания платы
- 5.4. Анализ альтернативных маршрутов
- 6. Оценка распределения транспортного потока по частоте пользования**
- 6.1. Обоснование варианта организации сбора платы с пользователей участка км 715 — км 1319
- 6.1.1. Выбор тарифа и системы взимания платы
- 6.1.2. Оценка возможности дифференциации размера платы

Пример оглавления Руководства по работе с моделью

- 1. Введение**
- 1.1. Назначение документа
- 1.2. Краткое описание возможностей
- 1.3. Краткое изложение основной части документа
- 2. Условия выполнения программы**
- 2.1. Системные требования
- 2.1.1. Минимальные системные требования
- 2.1.2. Рекомендуемые системные требования
- 2.2. Исходные данные
- 2.2.1. Общие
- 2.2.2. Данные статистики
- 2.2.3. Данные транспортных структур
- 3. Подготовка к работе**
- 3.1. Состав дистрибутива
- 3.2. Запуск системы
- 4. Описание операций**
- 4.1. Общая структура интерфейса
- 4.2. Подготовка программного продукта к работе
- 4.2.1. Структура проекта
- 4.2.2. Ввод/изменение характеристик отрезков сети
- 4.2.3. Определение транспортных систем
- 4.3. Оцифровка сети путей сообщения
- 4.3.1. Вставка и редактирование узлов
- 4.3.2. Вставка и редактирование отрезков
- 4.3.3. Редактирование длины отрезка
- 4.3.4. Разделение отрезка
- 4.3.5. Вставка и редактирование зоны платного проезда
- 4.3.6. Привязка зоны платного проезда к УДС
- 4.3.7. Вставка и редактирование районов
- 4.3.8. Вставка и редактирование примыканий
- 4.3.9. Вставка и редактирование поворотов
- 4.3.10. Вставка и редактирование остановок
- 4.3.11. Вставка и редактирование маршрутов
- 4.3.12. Вставка и редактирование расписаний
- 4.3.13. Проверка сети
- 4.3.14. Вычисление матриц затрат
- 4.4. Расчет спроса на транспорт
- 4.4.1. Варианты расчета

- 4.4.2. Метод расчета транспортного спроса и распределения
- 4.4.3. Термины транспортного спроса Visum
- 4.4.4. Ручной расчет с помощью MS Excel
- 4.4.5. Ручной расчет модели характеристики
- 4.4.6. Копирование матрицы затрат в Excel
- 4.4.7. Одновременная модель Eva
- 4.5. Распределение потока
- 4.5.1. Устройство матриц корреспонденций
- 4.5.2. Распределение транспортных потоков
- 4.5.3. Визуализация нагрузок на отрезках
- 4.6. Калибровка
- 4.6.1. Обратная связь транспортного спроса
- 4.6.2. Изменение параметров при калибровке
- 5. Менеджер сценариев**
- 5.1. Основные положения
- 5.2. Базовая версия
- 5.3. Модификации
- 5.4. Наборы параметров процедур
- 5.5. Сценарии
- 5.6. Сравнительные шаблоны
- 6. Работа с макромоделью объекта моделирования**
- 6.1. Создание новой модификации
- 6.1.1. Общий порядок действий
- 6.1.2. Ввод нового объекта дорожной сети
- 6.1.3. Расчет по новому тарифу
- 6.1.4. Добавление района
- 6.2. Расчет для определенного времени суток
- 6.3. Расчет с использованием статистических данных детекторов
- 6.4. Создание нового сценария макромодели
- 6.5. Анализ результатов нового сценария макромодели
- 6.6. Настройки графического представления
- 6.6.1. Отображение балок отрезков
- 6.6.2. Отображение легенды
- 6.6.3. Отображение графической подосновы
- 6.7. Сравнение платного и альтернативного маршрутов
- 7. Аварийные ситуации**
- 8. Справочник переменных**

Объекты калибровки транспортной модели

Место	Параметр	Действие	Местное	Глобальное
Кордонные транспортные районы	Вид моделирования	Насколько сложно интегрированы потоки из/в кордонных районов (отдельные матрицы, отдельный расчет спроса на транспорт, количество слоев). С учетом кордонных районов/окрестности/расширенной окрестности	x	x
Процедуры	Количество итераций	Бывают две стабильные точки, между которыми колеблется результат расчета. Может быть слишком мало итераций, т. к. спрос и предложение еще не согласованы		x
Примыкания	Затраты по видам транспорта	Затраты на примыканиях (например, время в пути) представляют собой средние затраты доступа из любого дома в сеть. Можно регулировать общее значение затрат или локально улучшить/ухудшить привлекательность отдельных транспортных районов	x	x
	Распределения потоков по нескольким примыканиям одного транспортного района	Для более точного распределения потоков, выходящих/входящих через несколько примыканий в один транспортный район, возможно определить доли потоков через примыкания по видам транспорта	x	
	Количество примыканий	Чем больше примыканий одного транспортного района, тем более равномерно распределяются потоки в сети	x	

Место	Параметр	Действие	Местное	Глобальное
Примыкания	Выбор примыкающего узла	Узел, из которого начинается примыкание, будет обязательно иметь потоки (если транспортный район генерирует или притягивает потоки). Но потоки внутри узла не будут реальными, т. к. они, например, входят на отрезок/узел, а потом выходят из него через виртуальный отрезок (примыкание)	x	
	Формула сопротивления	Для учета затрат на примыкании возможно использовать комбинацию нескольких затрат (например, сумма постоянного значения и времени в пути) или затраты на примыканиях не учитывать		x
	CR-функция	Возможно, использовать CR-функции для учета уровня загрузки на примыканиях		x
	Закрытие видов транспорта	Возможно, для отдельных видов транспорта закрыть примыкание	x	
Отрезки	Затраты по видам транспорта	На отрезках определяется скорость свободного движения, из которой рассчитывается время в пути (при свободном движении) на основе длины отрезка. Время в пути необходимо для расчета кратчайшего пути при расчете матриц затрат и перераспределения. Возможна калибровка по скорости движения определенных видов транспорта, чтобы улучшить/ухудшить привлекательность отрезка	x	
	Формула сопротивления	Для учета затрат на отрезках возможно использовать комбинацию нескольких затрат (например, время в пути) или затраты на отрезках не учитывать		x

Место	Параметр	Действие	Местное	Глобальное
Отрезки	CR-функция	Возможно, использовать CR-функции для учета уровней загрузки на отрезках. Множество разновидностей для разных условий, например городских без застройки, вне города и т. д.		x
	Количество полос/Учет запаркованных автомобилей на отрезках	Пропускная способность отрезка может быть меньше, чем определяется через количество полос, т. к. одна или несколько полос возможно частично заняты припаркованными транспортными средствами	x	
	Закрытие видов транспорта	Возможно, для отдельных видов транспорта закрыть отрезок	x	
	Пропускная способность	Величина пропускной способности представляет собой пропускную способность отрезка (сумма из всех полос) в определенный временной интервал (обычно сутки или час). Величина пропускной способности должна быть согласована с параметрами CR-функции	x	
	Типы отрезков (ранг)	В случае равных затрат по нескольким путям одной корреспонденции модель требует дополнительной информации о значимости отрезка, в том числе для определения главной дороги. Это моделируется с помощью типа отрезков/ранг	x	
Узлы	Закрытие видов транспорта для поворота	Возможно, для отдельных видов транспорта закрыть отдельные повороты	x	

Место	Параметр	Действие	Местное	Глобальное
Узлы	Пропускная способность поворота	Возможно, использовать узел более подробно с учетом времени проезда. Тогда необходимо определить пропускную способность, которая представляет собой пропускную способность поворота в промежуток времени (обычно сутки или час). Величина пропускной способности должна быть согласована с параметрами CR-функции	x	(x)
	Затраты на поворот по видам транспорта	На поворотах определяется время в пути свободного движения. Время в пути необходимо для расчета кратчайшего пути при расчете матриц затрат и перераспределения. Возможно, калибровать это время в пути по видам транспорта свободного движения, чтобы улучшить/ухудшить привлекательность поворота	x	
	CR-функция	Возможно, использование CR-функции для учета уровней загрузки на поворотах. Множество вариантов для различных условий, например с сигнальной светофорной установкой, пересечение с круговым движением и т. д.		x
Транспортные районы	Площадь/Размер	Площадь транспортного района напрямую не влияет на расчет спроса, но ее определение и размеры должны быть выполнены однородно		x
	Однородность	Внутри одного транспортного района не должно быть разных структур (одновременно жилой район и промышленный район)		x

Место	Параметр	Действие	Местное	Глобальное
Транспортные районы	Правильность данных статистики	Данные статистики по транспортным районам внутри одной модели должны соответствовать друг другу. Даже если абсолютное значение неверное, но источник данных статистики однороден, существует возможность прогнозировать тенденции		x
	Местоположение центра тяжести	К центру тяжести привязываются примыкания (и определяются затраты на примыкание). Он должен быть расположен приблизительно в области нахождения настоящего центра тяжести всех данных статистики		x
Создание транспортного движения	Количество слоев спроса	Чем больше слоев спроса, тем более подробная модель, но требует больше исходных данных и внимания при калибровке. Если исходных данных немного, лучше использовать меньше слоев спроса, чтобы избежать неопределенности		x
	Привязка данных статистики к слоям спроса	Каждый слой спроса обязательно привязан к одним или нескольким данным статистики. При определении слоев спроса необходимо это учитывать		x
	Степени создания и притяжения	Степени создания и притяжения по слоям спроса определяются опросом и четко привязаны к определенным данным статистики. Изменение их значения уменьшает/увеличивает общее количество генерированного потока по слоям спроса		x

Место	Параметр	Действие	Местное	Глобальное
Создание транспортного движения	Нормирование граничных сумм потока внутри одного транспортного района	Сгенерированный поток, который выходит из одного транспортного района, должен быть приблизительно равным входящим потокам этого транспортного района, т. к. предполагается, что все люди возвращаются домой вечером. Неравновесие можно регулировать с помощью степени создания и притяжения таких слоев спроса, как «Прочее-Прочее», т. к. они являются самыми неизвестными слоями		x
	Нормирование сумм потока внутри одного слоя спроса	Величина потока одного слоя спроса создается независимо со стороны создания (источник) и притяжения (цель). Их необходимо нормировать. Существуют разные условия их нормирования (жесткие, мягкие, эластичные и открытие условия со стороны источника или цели)		x
Оценка	Выбор затрат	Существует множество затрат (временные, расстояния, денежные, скорости и производные), которые можно вычислить по видам транспорта. Выбор затрат должен представлять те затраты, которые в основном определяют выбор путей		x
	Комбинация затрат	Выбор производится обычно не только на основе одного вида затрат, например, для ОТ (время в пути и денежные затраты). Количественное отношение между ними необходимо калибровать		x
	Функция оценки	Существует множество разных видов функций оценки (BoxCox, Kirchoff, EVA и т. д.). Каждая из них имеет свои области применения и ограничения, которые необходимо соблюдать		x

Место	Параметр	Действие	Местное	Глобальное
Оценка	Параметры функции оценки	Параметры функции оценки определяют поведение людей при выборе цели и вида транспорта. Соответственно можно калибровать распределение дальности/времени пути поездки по видам транспорта и распределения потоков между видами транспорта		x
	Параметры поиска путей	Рассчитываются кратчайшие пути и затраты на них. С помощью параметров поиска путей можно регулировать эти пути, учитывая в расчетах затраты		x
	Нормирование между направлениями	Для более быстрого нахождения равновесия рекомендуется затраты, которые используются для оценки, нормировать между направлениями		x
Распределение транспортного движения	Расчетная модель	Существует ряд моделей для распределения транспортного движения. Расчетная модель должна быть согласована с исходными данными		x
	Нормирование	Более продвинутые модели распределения транспортного движения требуют для алгоритма решения определения условий нормирования контрольных сумм		x
	Оценка	Оценка в расчете распределения транспортного движения прямо влияет на дальность/время пути поездки		x
Выбор вида транспорта	Расчетная модель	Существует ряд моделей для выбора вида транспорта. Расчетная модель должна быть согласована с исходными данными		x
	Оценка	Оценка в расчете выбора вида транспорта по дальности/времени в пути прямо влияет на распределение между видами транспорта		x

Место	Параметр	Действие	Местное	Глобальное
Перераспределение ИТ	Основная нагрузка от ТС ОТ	В моделях городов влияние общественного транспорта на общую загрузку сети играет значительную роль. В таких случаях необходимо их учитывать как основную нагрузку		x
	Коэффициенты приведения для грузовых автомобилей	Каждый тип транспортного средства загружает сеть по-разному. Для сравнения необходимо привести все к единой единице измерения. Обычно переводится все к легковым единицам		x
	Модель обратного затора	На загруженной сети необходимо учитывать заторы, которые образуются на предыдущих элементах сети, например, затор у сигнальной светофорной установки влияет не только на узел, но и на предыдущий отрезок		x
	Учет пешеходов как нагрузка ИТ	В случае моделирования пешеходных потоков необходимо иметь в виду, что пешеходные потоки не влияют как системы транспорта ИТ на уровень загрузки ИТ		x
	Учет единицы матриц	Необходимо перевести матрицы корреспонденций из расчета спроса с единицы пользователя (человека) на единицу транспортного средства (автомобиль) соответственно среднему уровню наполнения		x
	Модель перераспределения	Существует множество различных моделей перераспределения: постепенное перераспределение, равновесное перераспределение, обучающая процедура, стохастическое перераспределение, динамическое равновесное перераспределение, динамическое стохастическое перераспределение и т. д. Каждое перераспределение имеет свои особенности, которые необходимо изучать и правильно применять		x

Место	Параметр	Действие	Местное	Глобальное
Перераспределение ИТ	Критерии конвергенции	Перераспределение является итерационным процессом. Для нахождения точки равновесия используются критерии конвергенции, которые необходимо правильно определить		x
	Мульти-перераспределение	Продвинутое перераспределение может одновременно загрузить сеть несколькими видами транспорта, так же как это происходит в реальности		x
Перераспределение ГПТ	Затраты для выбора пути	Существует множество затрат (временные, расстояния, денежные, скорости и производные), которые можно вычислить. Выбор затрат должен включать те затраты, которые в основном определяют выбор путей		x
	Критерии конвергенции	Перераспределение является итерационным процессом. Для нахождения точки равновесия используются критерии конвергенции, которые необходимо правильно определить		x
	Модель перераспределения (гипотеза о знании расписания)	Продвинутые модели перераспределения для ГПТ располагают возможностью учитывать разные уровни знания расписания, например 100%, только расписание и прохождение на остановочном пункте отправления, знание интервала и т. д.		x
	Учет дискомфорта из-за наполненности	При большой наполняемости подвижного состава ГПТ необходимо использовать функцию, которая учитывает дискомфорт пассажира при большой наполняемости		x

Ассоциация транспортных инженеров
www.traffic-ing.org

При содействии А+S
www.apluss.ru

Библиотека транспортного инженера

**Руководство
по применению транспортных моделей
в транспортном планировании и оценке проектов**

Оригинал-макет подготовлен
ООО «Издательско-полиграфическая компания «КОСТА»

Корректор *Л. Н. Николаева*

Подписано в печать 24.10.2016. Формат 60 × 88 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Minion Pro.
Усл. печ. л. 7,76. Тираж 300 экз. Заказ № 116.

Отпечатано в ООО «ИПК «БИОНТ»
199026, Санкт-Петербург, В. О., Средний пр., 86

ISBN 978-5-591258-362-9

