

На правах рукописи

Прохоров Андрей Вячеславович

**МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ОБОСНОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ
ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНОГО СПРОСА**

Специальность: 08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Санкт-Петербург – 2013

Работа выполнена на кафедре «Информационные системы в экономике и менеджменте» ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

Научный руководитель: доктор экономических наук, профессор
Ильин Игорь Васильевич

Официальные оппоненты: доктор экономических наук, профессор
Соколицын Александр Сергеевич

кандидат экономических наук
Лемякин Евгений Дмитриевич

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский
государственный университет»

Защита состоится «14» ноября 2013 года, в 14 часов, на заседании диссертационного совета Д.212.229.23 при ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» по адресу 195251, Санкт-Петербург, Политехническая улица, д. 29, 3 учебный корпус, ауд. 506.

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале фундаментальной библиотеки ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет».

Автореферат разослан « » октября 2013 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д.212.229.23
доктор экономических наук, профессор

Сулоева С.Б.

1 Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования. Экономическое развитие города (региона, страны) и развитие транспортной инфраструктуры тесно связаны между собой. Экономический рост требует качественных и эффективных транспортных связей, а повышение качества этих связей увеличивает спрос на них и благотворно влияет на развитие экономики. Любой крупной проект по развитию транспортной инфраструктуры оказывает значительное влияние на все сферы социально-экономического развития.

Оценка экономической эффективности транспортных инвестиционных проектов является важным инструментом для поддержки принятия целесообразных управленческих решений в сфере развития транспортной инфраструктуры, эффективного использования бюджетных и частных инвестиционных средств.

Используемые во многих проектах подходы к оценке экономической эффективности инвестиционных проектов основаны на разработанных более 10 лет назад в России и СССР методиках и рекомендациях. Модели и методы, используемые в них, либо не учитывают специфику транспортных проектов в целом или же учитывают только отдельные сферы транспортного комплекса (например, «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов», утвержденные Министерством экономического развития Российской Федерации, Министерством финансов Российской Федерации и Государственным комитетом по делам строительства Российской Федерации 21.06.1999 №ВК 477), либо не отвечают современным требованиям по оценке инвестиционных проектов и развитию экономики России (например, ВСН 21-83 «Указания по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительство и реконструкцию автомобильных дорог», утверждены Министерством автомобильных дорог РСФСР от 18.05.1986). При обосновании инвестиционных транспортных проектов далеко не всегда используется в полной мере потенциал современных инструментальных средств и заложенных в них алгоритмов и математических моделей.

В связи с этим, существует необходимость в разработке инструментов и совершенствовании моделей, позволяющих проводить оценку и обоснование транспортных инвестиционных проектов на более качественном уровне. Базой для такой разработки служат уже существующие зарубежные и отечественные подходы и нормативы, современные разработки в области оценки инвестиционных проектов и существующие инструментальные средства.

Целью диссертационного исследования является совершенствование моделей, методов и инструментальных средств оценки экономической эффективности инвестиционных проектов по развитию транспортной инфраструктуры.

Основные задачи исследования:

- исследовать существующие отечественные и зарубежные подходы, методы и модели оценки экономической эффективности транспортных инвестиционных проектов и провести анализ их недостатков и преимуществ;

- разработать классификацию эффектов, подлежащих оценке при обосновании транспортных инвестиционных проектов на основе критериев: возможности автоматизации процесса расчета и учета всех наиболее важных факторов;
- исследовать существующие модели транспортных потоков, выявить их преимущества и недостатки по отношению к другим подходам оценки транспортного спроса, исследовать направления развития моделей транспортных потоков и усовершенствовать их;
- разработать методы оценки эффектов от реализации инвестиционных проектов по развитию транспортной инфраструктуры на основе предложенных математических моделей транспортных потоков и существующих нормативных документов;
- разработать алгоритм и инструментальное средство для автоматизированной оценки внешних транспортных потоков относительно области исследования (кордонных районов), расширяющее возможности (являющееся модулем) одного из существующих программных комплексов для транспортного моделирования;
- разработать алгоритм и инструментальное средство для автоматизированной оценки экономической эффективности транспортных инвестиционных проектов, расширяющее возможности (являющееся модулем) одного из существующих программных комплексов для транспортного моделирования;
- провести опытные испытания разработанного программного средства.

Объектом исследования является транспортная инфраструктура городов и регионов.

Предметом исследования являются социально-экономические процессы, возникающие при реализации инвестиционных проектов по развитию транспортной инфраструктуры.

Теоретической и методологической базой исследования являются основные положения теории инвестиционного анализа и моделирования транспортных потоков.

Информационной базой исследования являются нормативные акты и методические рекомендации, как отечественные, так и зарубежные, материалы Госкомстата РФ, а также руководства пользователя для работы с программными комплексами для транспортного моделирования.

Основные методы исследования. В работе использованы математические методы и модели оценки транспортного спроса, методы оценки экономической эффективности инвестиционных проектов, инструментальные методы: объектно-ориентированное программирование, методы транспортного моделирования с использованием специализированного программного комплекса.

Основные результаты и их научная новизна:

1. Исследованы существующие отечественные и зарубежные подходы, методы и модели оценки экономической эффективности транспортных инвестиционных проектов, выявлены их недостатки и преимущества и предложены основные условия и критерии, необходимые для качественного обоснования таких проектов: гибкость и универсальность классификации и методов оценки эффектов; учет различных видов эффектов – как непосредственных результатов проекта, так и

- внешних эффектов; формирование исходных данных с использованием современных транспортных моделей; обеспечение максимальной автоматизации расчета для оценки большого количества сценариев и ее последующего уточнения.
2. Предложена классификация эффектов, подлежащих оценке при обосновании транспортных инвестиционных проектов, на основе результатов анализа существующих отечественных и зарубежных подходов с учетом следующих критериев: возможность автоматизации процесса расчета; учет наиболее важных видов эффектов; гибкость и универсальность классификации; формирование исходных данных с использованием современных транспортных моделей.
 3. Исследованы существующие модели транспортных потоков и выявлены их преимущества и недостатки по отношению к другим подходам оценки транспортного спроса. Исследованы направления развития моделей транспортных потоков: предложен подход к выбору вида функции оценки затрат на перемещения и оценки их параметров на основе эмпирических данных из социологических опросов; развита модель расчета внешних корреспонденций относительно области моделирования.
 4. Разработаны методы оценки эффектов (по предложенной классификации) от реализации инвестиционных проектов по развитию транспортной инфраструктуры на основе предложенных математических моделей транспортных потоков и существующих нормативных документов, отличающиеся от существующих более детальным расчетом: на основе матриц корреспонденций и отдельных ребер графа.
 5. Разработан алгоритм и инструментальное средство для автоматизированной оценки внешних корреспонденций относительно области исследования (кордонных районов), расширяющее возможности (являющееся модулем) программного комплекса для транспортного моделирования PTV Visum.
 6. Разработан алгоритм и инструментальное средство для автоматизированной оценки экономической эффективности транспортных инвестиционных проектов, расширяющее возможности (являющееся модулем) программного комплекса для транспортного моделирования PTV Visum.
 7. Проведены опытные испытания разработанного программного средства для автоматизированной оценки экономической эффективности транспортных инвестиционных проектов, показавшие возможность более детальной, наглядной и оперативной (с точки зрения времени расчета) оценки эффективности.

Теоретическая и практическая значимость. Основными теоретическими результатами являются совершенствование моделей расчета транспортного спроса, а также классификация эффектов от реализации транспортных инвестиционных проектов и вывод методов их расчета. Практическая значимость работы выражается в разработанных алгоритмах и возможности применения разработанных инструментальных средств при обосновании транспортных инвестиционных проектов, а также в предлагаемом подходе к выбору вида функции оценки затрат на перемещения и оценки её параметров на основе эмпирических данных из социологических опросов.

Апробация и внедрение результатов работы. Основные результаты диссертации докладывались и были одобрены на различных научно-практических конференциях: Одиннадцатый Всероссийский Симпозиум «Стратегическое планирование и развитие предприятий» в ЦЭМИ РАН, Четвертая международная конференция «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2010)» в ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова, Второй семинар PMUni Workshop 2011 в Санкт-Петербурге, Девятая международная научно-практическая конференция «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах», XIV международная научно-практическая конференция «Системный анализ в проектировании и управлении», XXXVIII международная научно-практическая конференция «Неделя Науки СПбГПУ». По материалам диссертационного исследования был выигран конкурс грантов 2011 года для студентов, аспирантов вузов и академических институтов, расположенных на территории Санкт-Петербурга. Материалы диссертационного исследования были использованы при оценке различных проектов в рамках работы диссертанта.

Публикации. По материалам диссертационного исследования опубликовано 8 научных трудов, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации материалов диссертаций, представляемых на соискание ученой степени.

Область исследования соответствует п. 1.2 «Теория и методология экономико-математического моделирования, исследование его возможностей и диапазонов применения: теоретические и методологические вопросы отображения социально-экономических процессов и систем в виде математических, информационных и компьютерных моделей» и п. 1.4 «Разработка и исследование моделей и математических методов анализа микроэкономических процессов и систем: отраслей народного хозяйства, фирм и предприятий, домашних хозяйств, рынков, механизмов формирования спроса и потребления, способов количественной оценки предпринимательских рисков и обоснования инвестиционных решений» Паспорта специальности 08.00.13 – «Математические и инструментальные методы экономики».

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 3 (трех) глав, заключения, списка литературы, включающего 81 наименование, 6 (шести) приложений. Работа изложена на 180 страницах машинописного текста, включает 23 рисунка и 16 таблиц.

2 Основные результаты исследования

2.1 Исследованы существующие отечественные и зарубежные подходы, методы и модели оценки экономической эффективности транспортных инвестиционных проектов, выявлены их недостатки и преимущества и предложены основные условия и критерии, необходимые для качественного обоснования таких проектов.

Под транспортным инвестиционным проектом в данной работе понимаются проекты строительства и реконструкции линейных объектов транспортной инфраструктуры (дороги, улицы), мероприятия по изменению организации дорожного движения, проекты реорганизации маршрутной сети общественного пассажирского транспорта, а также другие проекты по развитию транспортной инфраструктуры на исследуемой территории, влияющие на перераспределение транспортных или пассажирских потоков.

В диссертационной работе проводится анализ существующих отечественных и зарубежных подходов, в том числе:

- ВСН 21-83 «Указания по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительство и реконструкцию автомобильных дорог», Минавтодор РСФСР, Москва, 1985;
- Подход Всемирного Банка – Notes on the Economic Evaluation of Transport Projects, The World Bank, Washington, DC, 2005;
- Рекомендации по анализу транспортных проектов Великобритании – Transport Analysis Guidance - WebTAG, Department for Transport, UK, 2003-2011;
- Рекомендации по анализу инвестиционных проектов Европейского Союза – Guide to cost-benefit analysis of investment projects, European Commission, Directorate General Regional Policy, 2008.

Каждый из перечисленных подходов имеет свои преимущества и недостатки. В некоторых подходах предлагаются для использования показатели, привязанные к определенной географической территории и ее специфике. В других подходах используются узкоспециализированные эффекты, например, затраты по организации и содержанию паромных переправ. Конечно, в определенных проектах учет, в том числе и таких эффектов, будет оправданным, но, по мнению автора, не является обязательным для учета в любом проекте, тем более что учет таких эффектов далеко не всегда просто формализуется и может быть выражен корректными количественными показателями. Другой особенностью подходов является степень их адаптации к современным инструментам транспортного планирования и моделирования, в частности – к транспортным моделям.

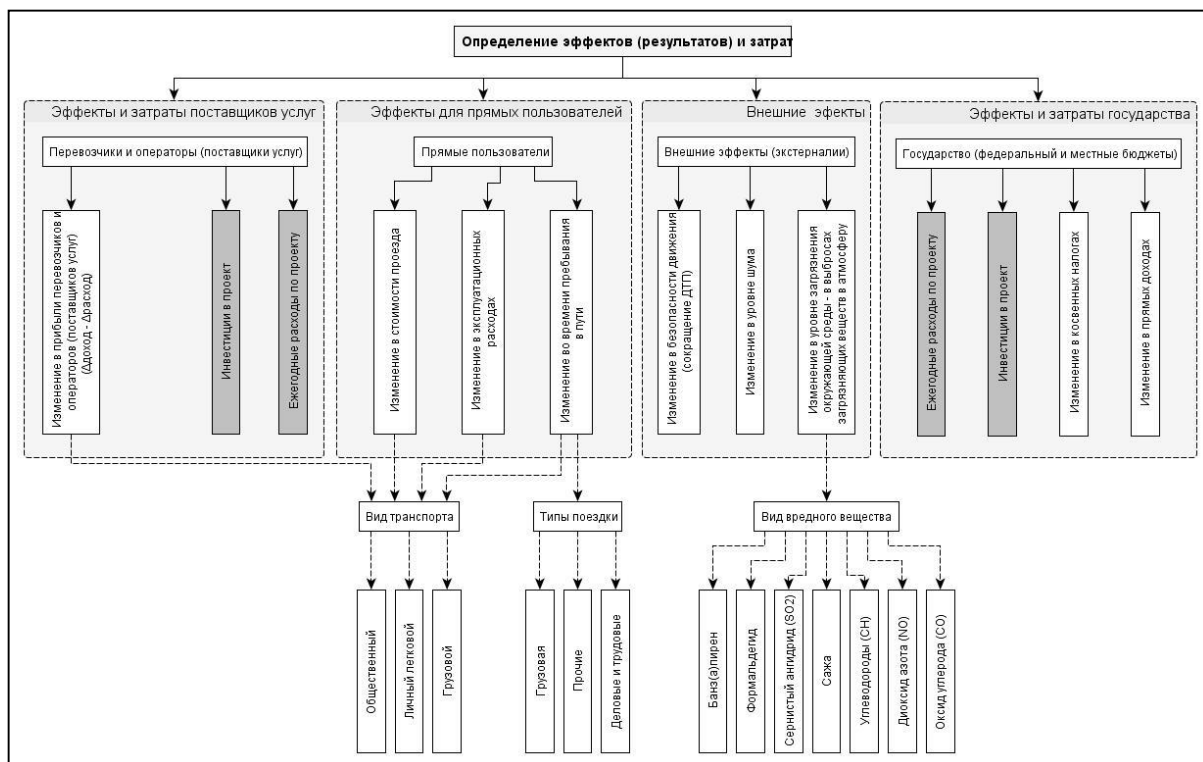
На основе проведенного анализа были сделаны следующие выводы:

- методы и инструменты должны быть достаточно гибкими и универсальными с точки зрения различных видов проектов и эффектов;
- классификация эффектов должна являться базой для расчетов, явно показывать раздельное влияние проекта в различных сферах и позволять легко расширять набор анализируемых эффектов с точки зрения специфики каждого конкретного проекта;

- должна быть обеспечена возможность максимальной автоматизации базового расчета для предварительной оценки большого количества сценариев и ее последующего уточнения;
- обязателен учет различных видов эффектов – как непосредственных результатов проекта, так и внешних эффектов;
- исходные данные для расчета эффектов должны формироваться с использованием современных транспортных моделей.

2.2 Предложена классификация эффектов, подлежащих оценке при обосновании транспортных инвестиционных проектов, на основе результатов анализа существующих отечественных и зарубежных подходов.

В работе предложена следующая классификация эффектов от реализации транспортных инвестиционных проектов (см. рис. ниже). Общепринятым в отечественной практике оценки проектов дорожного строительства и реконструкции является разделение эффектов на две группы: транспортные и внетранспортные, однако автором предложено несколько другое разделение на основе анализа отечественных и зарубежных подходов с учетом «групп влияния эффекта»: прямые пользователи транспортной инфраструктуры, поставщики транспортных услуг, государство, внешние эффекты.

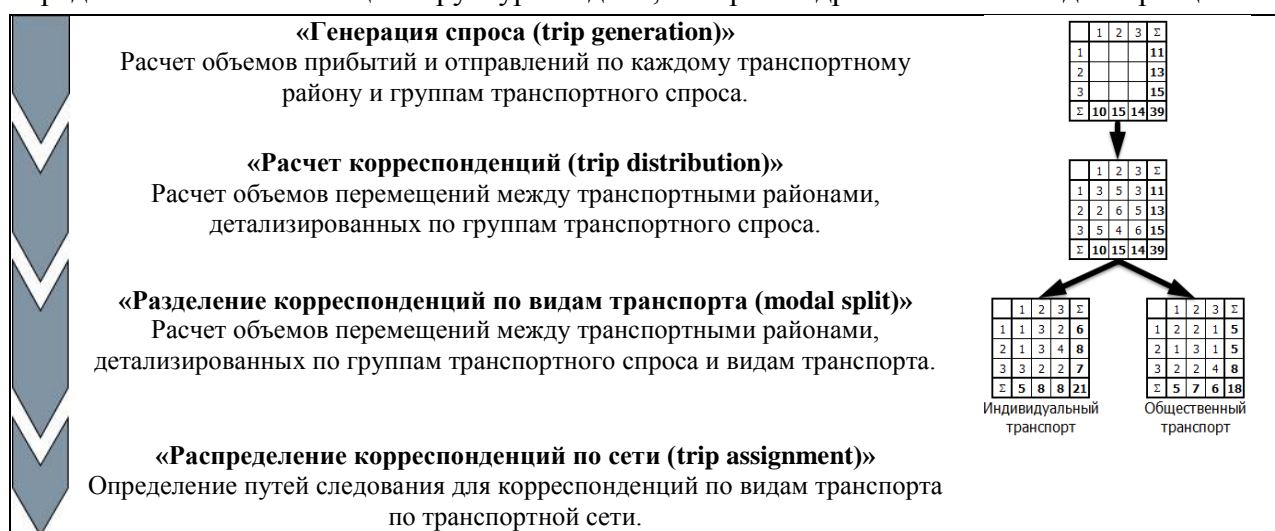


Такая классификация позволяет при необходимости перейти к более стандартному варианту с разделением на транспортный и внетранспортный эффект. В качестве транспортного эффекта предлагается рассматривать прямые последствия для участников транспортного процесса, пользующихся объектами транспортной инфраструктуры или предоставляющих транспортные услуги: изменение во времени пребывания в пути, изменение в эксплуатационных затратах и т.д. В качестве внетранспортных эффектов предлагается рассматривать влияние транспортного проекта в социальной сфере и на экологическую обстановку, а также другие виды эффектов (косвенных).

2.3 Исследованы существующие модели транспортных потоков и выявлены их преимущества и недостатки по отношению к другим подходам оценки транспортного спроса. Исследованы и предложены направления развития моделей транспортных потоков.

Существуют различные подходы к прогнозированию интенсивности движения и пассажиропотоков. В общем случае, эти подходы можно разделить на две основные группы: упрощенный вариант с использованием коэффициентов роста и подход, в основе которого лежат математические модели транспортных потоков (или просто транспортные модели). Модели транспортных потоков состоят из двух основных «блоков» – модели транспортного предложения и модели транспортного спроса. Классическим примером является четырехшаговая модель расчета транспортного спроса, которая и предлагается к использованию при обосновании транспортных инвестиционных проектов.

Последовательность расчета модели представлена на рис. ниже – в автореферате представлена только общая структура модели, которая подробно описана в диссертации.



Важной проблемой при построении транспортных городских и региональных моделей является моделирование потоков, проходящих через область моделирования, но генерируемых вне этой области. Районы, представляющие места генерации и притяжения внешних корреспонденций, называют кордонными районами. К внешним корреспонденциям относятся транзитные потоки, загородные поездки и другие перемещения, которые начинаются или заканчиваются вне зоны моделирования. Расчет проходит в следующей последовательности:

1. внутренние корреспонденции области моделирования считаются уже рассчитанными с помощью четырехшаговой модели;
2. расчет корреспонденций в кордонные районы из районов области моделирования;
3. расчет корреспонденций из кордонных районов в районы области моделирования;
4. расчет транзитных корреспонденций – корреспонденций между кордонными районами.

Корреспонденции, выходящие из кордонных районов и, соответственно, входящие в них, предлагается рассчитывать на основе следующей модели:

$$d_{ij} = \frac{f(c_{ij}) \cdot S_i}{\sum_m f(c_{im}) \cdot S_m} \cdot A_j \cdot (1 - p_j^{TP}),$$

где $f(c_{ij})$ – функция полезности/выгодности совершения поездки из района i в район j (должна быть получена из опроса или оценена экспертно); c_{ij} – обобщенные затраты на перемещение между районами i и j ; A_j – входящий поток (объем прибытий) кордонного района-цели j , получаемый из обследований; S_i – данные социально-экономической статистики (например, население) i – ого района области моделирования; p_j^{TP} – доля транзитного движения в общем входящем потоке A_j кордонного района, полученная из обследования (или рассчитанная, например, на основе зависимости от класса дороги, интенсивности движения, населения в кордонной зоне, затрат на поездку).

Параметр затрат должен учитывать распределение затрат на основе обследований, так как поездки начинаются и/или заканчиваются вне области исследования. Если же распределение неизвестно, то возможно исключение затрат из расчета:

$$d_{ij} = \frac{S_i}{\sum_m S_m} \cdot A_j^k \cdot (1 - p_j^{TP}).$$

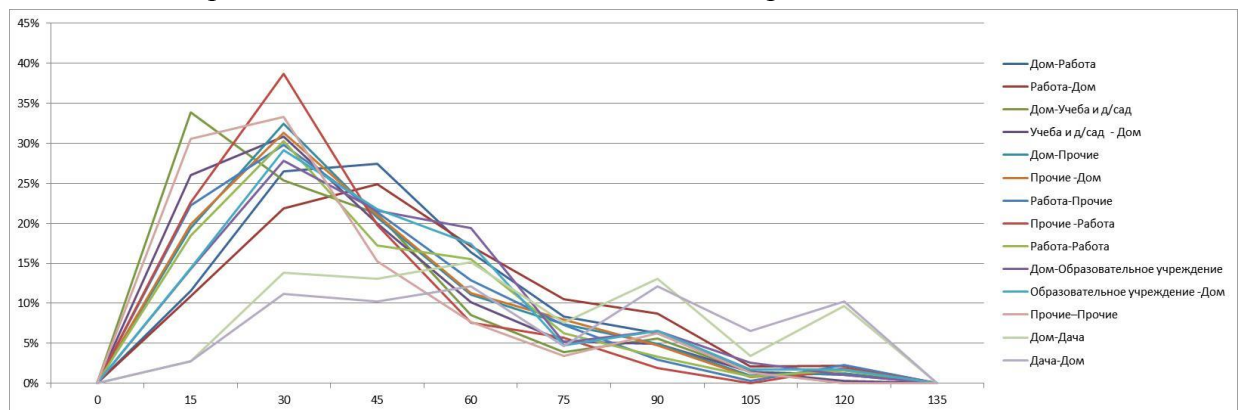
Корреспонденции между кордонными районами (транзитные) рассчитываются с использованием гравитационной модели и алгоритма Шеллейховского-Шацкого:

$$d_{ij} = f(c_{ij}) \cdot P_i \cdot A_j \cdot \alpha_i \cdot \beta_j, \text{ при условии:}$$

$$\begin{cases} \sum_j d_{ij} = P_i \\ \sum_i d_{ij} = A_j \end{cases},$$

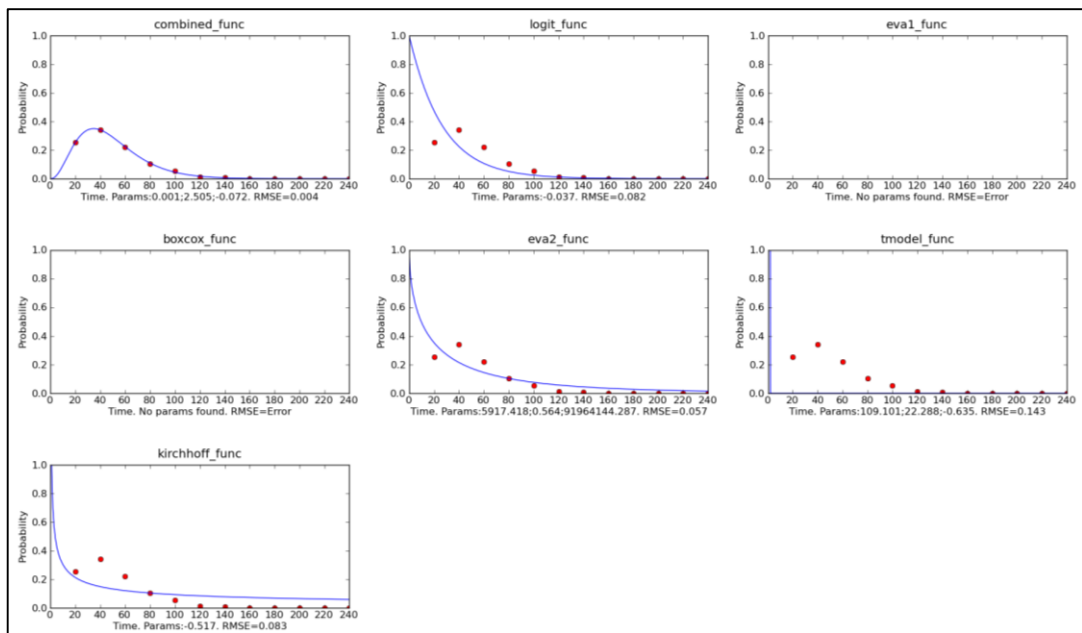
где α_i, β_j – поправочные коэффициенты, обеспечивающие выполнение условий контрольных сумм (общий объем отправлений по каждому району равен сумме выходящих из него корреспонденций и общий объем прибытий по каждому району равен сумме входящих в него корреспонденций); c_{ij} – затраты на перемещение из района i в район j , например, время в пути или расстояние; P_i – общее число отправлений из района i ; A_j – общее число прибытий в район j ; d_{ij} – объем корреспонденций между районами i и j ; $f(c_{ij})$ – функция (неотрицательная, монотонно убывающая) полезности/выгодности совершения поездки из района i в район j .

Кроме того, автором было проведено исследование применяемых функций оценки в 4-х шаговой модели и предложен подход к выбору вида функции и оценки ее параметров на основе эмпирических данных из социологических опросов.



В такого рода опросах респондентам задаются вопросы обо всех совершенных ими перемещениях за предыдущий день и их характеристиках (цель поездки, вид транспорта,

время выхода и длительность и т.д.). Основными данными для определения вида и параметров функции оценки являются данные по распределению перемещений в зависимости от времени в пути по слоям спроса (целям поездки). На основе таких данных строятся функции относительного распределения поездок по времени совершения корреспонденции (см. рисунок выше). С использованием полученного распределения подбираются функции оценки максимально точно аппроксимирующие данную эмпирическую функцию (логит, бокс-кокс, комбинированная и др.) (см. рисунок ниже).



Для автоматизации процесса определения функций оценки автором был разработан программный модуль на языке Python. Описание и программный код модуля представлен в диссертации. Использование такого подхода на основе результатов опросов позволяет значительно ускорить процесс разработки транспортных моделей и достигнуть более точных результатов за меньшее количество итераций.

2.4 Разработаны методы оценки эффектов (по предложенной классификации) от реализации инвестиционных проектов по развитию транспортной инфраструктуры на основе предложенных математических моделей транспортных потоков и существующих нормативных документов.

Эффект изменения во времени перемещения оценивается для прямых пользователей транспортной инфраструктуры, в том числе, оценивается сокращение времени поездки грузового транспорта. Стоимостная оценка величины изменения времени пребывания в пути рассчитывается на основе такого понятия, как стоимость часа времени, которую принято различать для отдельных групп пользователей в зависимости от причин поездок и вида транспорта. Метод расчета величины эффекта от изменения во времени пребывания в пути различных групп пользователей на основе матриц (корреспонденций и затрат) можно представить с помощью следующей формулы (на основе «правила половины» - «rule of the half»): $\Delta Tt = \sum_{mp} \Delta Tt_{mp} = 1/2 \cdot \sum_{ijmp} ((t_{ijmp}^0 - t_{ijmp}^1) \cdot VoT_p) \cdot (d_{ijmp}^0 + d_{ijmp}^1)$, где i – район-источник совершения поездки; j – район-цель совершения поездки; m – вид транспорта: легковой транспорт, общественный

транспорт, грузовой транспорт; p – причина/цель поездки: трудовая или деловая, прочая, грузоперевозки; t_{ijmp} – время пребывания в пути, которое складывается из времени на начальный и конечный пешеходные подходы, а также для общественного транспорта из времени ожидания на остановках и времени пересадки, времени поездки в транспортном средстве, час.; d_{ijmp} – транспортный спрос, который определяется количеством поездок людей для пассажирских перемещений на индивидуальном и общественном транспорте или количеством поездок автомобилей для грузового транспорта; VoT_p – стоимость часа времени для каждой цели перемещения p , руб./час; индексы 0 и 1 обозначают, соответственно, сценарии «без проекта» и «с проектом». Время пребывания в пути t_{ijmp} рассчитывается как средневзвешенное значение времени пребывания в пути по каждому из возможных маршрутов (путей) между парой транспортных районов: $t_{ijmp} = \sum_k t_{ijkmp} \cdot d_{ijkmp} / \sum_k d_{ijkmp}$, где k – индекс пути из района-источника i в район-цель j . Использование «правила половины» позволяет оценить эффект от появления новых поездок за счет реализации проекта («индуцированных»). Смысл «правила половины» заключается в том, что оно показывает оценку «готовности платить» пользователей и утверждает, что выигрыш для «сгенерированных» проектом поездок равен половине выигрыша в затратах при условии линейной зависимости транспортного спроса от транспортного предложения. «Правило половины» перестает работать в определенных случаях, так как сравнение величин затрат невозможно или ведет к неверным результатам. В таких случаях можно воспользоваться подходами, предлагаемыми в «Alternatives to the rule of a half in matrix-based appraisal. Proceedings of European Transport Conference (Nellthorp and Hyman, 2001)».

Расчет величины **эффекта от изменения в эксплуатационных расходах и расходах на оплату проезда** строится аналогично расчету эффекта от изменения времени пребывания в пути – на основе «правила половины». Но вместо показателей времени пребывания в пути, умноженного на величину стоимости времени, используется показатель эксплуатационных затрат. Эксплуатационные затраты рассчитываются следующим образом: $c_{m}^{\text{экспл}} = L \cdot (Rcl_m^T \cdot \gamma \cdot c_m^{\text{общ.т.}}) \cdot \rho^T$, где L – длина поездки, км; Rcl_m^T – средний нормативный показатель расхода топлива на 1 км с использованием вида транспорта m , л./км (рассчитываются с учётом «Рекомендаций по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов» или Методических рекомендаций «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте»); γ – коэффициент, учитывающий условия движения; $c_m^{\text{общ.т.}}$ – «общественная» стоимость топлива для вида транспорта m , для получения которой из рыночной стоимости топлива вычитается величина ставки акцизов (рассчитываются на основе Налогового кодекса РФ глава 22 статья 193); ρ^T – коэффициент, учитывающий долю затрат на топливо в общих эксплуатационных затратах.

Под **перевозчиками и операторами транспортного сектора** рассматриваются компании и организации (как коммерческие, так и муниципальные), осуществляющие пассажирские перевозки в области моделирования (исследования), а также операторы платных дорог. За счет рассмотрения коммерческих организаций в методике возможен

учет проектов государственно-частного партнерства. В общем случае, эффект равен изменению в прибыли компаний, то есть разнице между доходами и расходами: $\Delta Rev - \Delta Exr$. Расчет величины расходов операторов зависит от вида проекта (например, в некоторых случаях эти расходы могут быть полностью отнесены к инвестициям) и в общем случае может быть рассчитан на основе эксплуатационных затрат на общественный транспорт (аналогично формуле, приведенной выше для расчета затрат пользователей, но с учетом показателей для общественного транспорта) и затрат на содержание и ремонт автомобильных дорог. Эффект в доходах может быть рассчитан, как $\Delta Rev = \sum_m \left(\sum_{ij} \left(d_{ijm}^1 \cdot c_{ijm}^{\text{фин}^1} - d_{ijm}^0 \cdot c_{ijm}^{\text{фин}^0} \right) \right)$, где i – район-источник совершения поездки; j – район-цель совершения поездки; $c_{ijm}^{\text{фин}}$ – стоимость проезда в зависимости от используемого вида транспорта m , руб.; d_{ijm} – транспортный спрос (количество поездок); индексы 0 и 1 обозначают, соответственно, сценарии «без проекта» и «с проектом».

Изменение в **величине собираемых косвенных налогах** для расчета эффекта для государства рассчитывается по следующей формуле (разница между общей величиной косвенного налога в сценарии «с проектом» и «без проекта»): $\Delta Tx = \sum_m D_m^1 \cdot c_m^{\text{нал.}^1} - \sum_m D_m^0 \cdot c_m^{\text{нал.}^0}$, где D_m – общий (суммарный) объем перемещений с использованием вида транспорта m ; $c_m^{\text{нал.}}$ – величина косвенного налогового сбора (акцизы): $c_m^{\text{нал.}} = L \cdot (Rcl_m^T \cdot \gamma \cdot c_m^{\text{косв.т.}}) \cdot \rho^{\text{косв.т.}}$, где $c_m^{\text{косв.т.}}$ – косвенный налог на стоимость топлива [НК РФ гл.22 ст.193], руб.; $\rho^{\text{косв.т.}}$ – коэффициент, учитывающий долю косвенных налогов на топливо в общей величине косвенных налогов; γ – коэффициент, учитывающий условия движения; Rcl_m^T – средний нормативный показатель расхода топлива на 1 км, л/км.

Расчет **эффекта изменения в безопасности движения** строится следующим образом. Согласно ОДМ 218.4.005-2010 вычисляется итоговый коэффициент аварийности на основе частных коэффициентов, который в свою очередь используется для расчета относительной аварийности на дороге (число ДТП на 1 млн. авт-км): $Ac^f = 0.0029 \cdot (K_{Ac})^2 - 0.0268 \cdot K_{Ac} + 0.2648$, где Ac^f – показатель относительной аварийности, число ДТП на 1 млн. авт.-км; K_{Ac} – итоговый коэффициент аварийности, определяемый как произведение частных коэффициентов: $K_{Ac} = \prod K_{Ac}^i$, значения частных коэффициентов, характеризующих влияние на безопасность движения параметров дорог. Величина эффекта от изменения в безопасности движения (сокращения количества ДТП) рассчитывается по следующей формуле: $\Delta Ac = Ac^0 - Ac^1$, где $Ac = \sum_l AAC \cdot \left((Ac_l^f) \cdot 10^{-6} \cdot L_l \cdot N_l \right)$, где AAC – средние потери от дорожно-транспортного происшествия, вычисленные для данного отрезка, определенной области в модели или в целом для исследуемой территории в зависимости от детальности исходных данных, выраженные в стоимостной оценке, руб., которые определяются на основе Р-03112199-0502-00 «Методика оценки и расчета нормативов социально-экономического ущерба от дорожно-транспортных происшествий», утвержденной Минтрансом РФ 01.12.2000; L_l – протяженность (длина) отрезка l , км; N_l – среднегодовая суточная интенсивность

движения на отрезке l , авт./сутки; индексы 0 и 1 обозначают, соответственно, сценарии «без проекта» и «с проектом».

Величина **эффекта от изменения в уровне шума** рассчитывается по следующей формуле: $\Delta N\nu = (N\nu^0 - N\nu^1) \cdot c^{\text{шум}}$, где $N\nu^0, N\nu^1$ – величина превышения уровня шума над максимально-допустимым для сценариев «без проекта» и «с проектом» соответственно, дБА; $c^{\text{шум}}$ – стоимостная оценка (выраженная в «общественных» ценах) величины уровня шума, руб./дБА (рассчитывается на основе условной стоимости мероприятий по снижению уровня шума на одну единицу). Расчет величины превышения уровня шума над максимально допустимой проводится по следующей формуле:

$$N\nu = \begin{cases} N\nu_{\text{сущ.}} - N\nu_{\text{доп.}}, & \text{если } N\nu_{\text{сущ.}} - N\nu_{\text{доп.}} > 0 \\ 0, & \text{если } N\nu_{\text{сущ.}} - N\nu_{\text{доп.}} \leq 0 \end{cases}, \text{ где } N\nu_{\text{сущ.}} - \text{существующий (расчетный)}$$

уровень шума, дБА; $N\nu_{\text{доп.}}$ – максимально допустимый уровень шума по нормативам, дБА. Расчет эквивалентного уровня шума в придорожной полосе определяется по следующей приближенной формуле: $N\nu_{\text{сущ.}} = 50 + 8.8 \cdot \log_{10}(N \cdot 0.1) + N\nu^{\Delta} + N\nu_{\text{фон}}$, где N – расчетная суточная интенсивность движения на данном участке дороги, авт./сутки; 0.1 – переход от суточной интенсивности движения к часовой; $N\nu_{\text{фон}}$ – фоновый уровень шума, принимается по данным местных органов санитарно-эпидемиологического надзора, дБА; $N\nu^{\Delta}$ – поправка, учитывающая условия движения и характеристики покрытия, определяется на основе «Рекомендаций по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов», дБА.

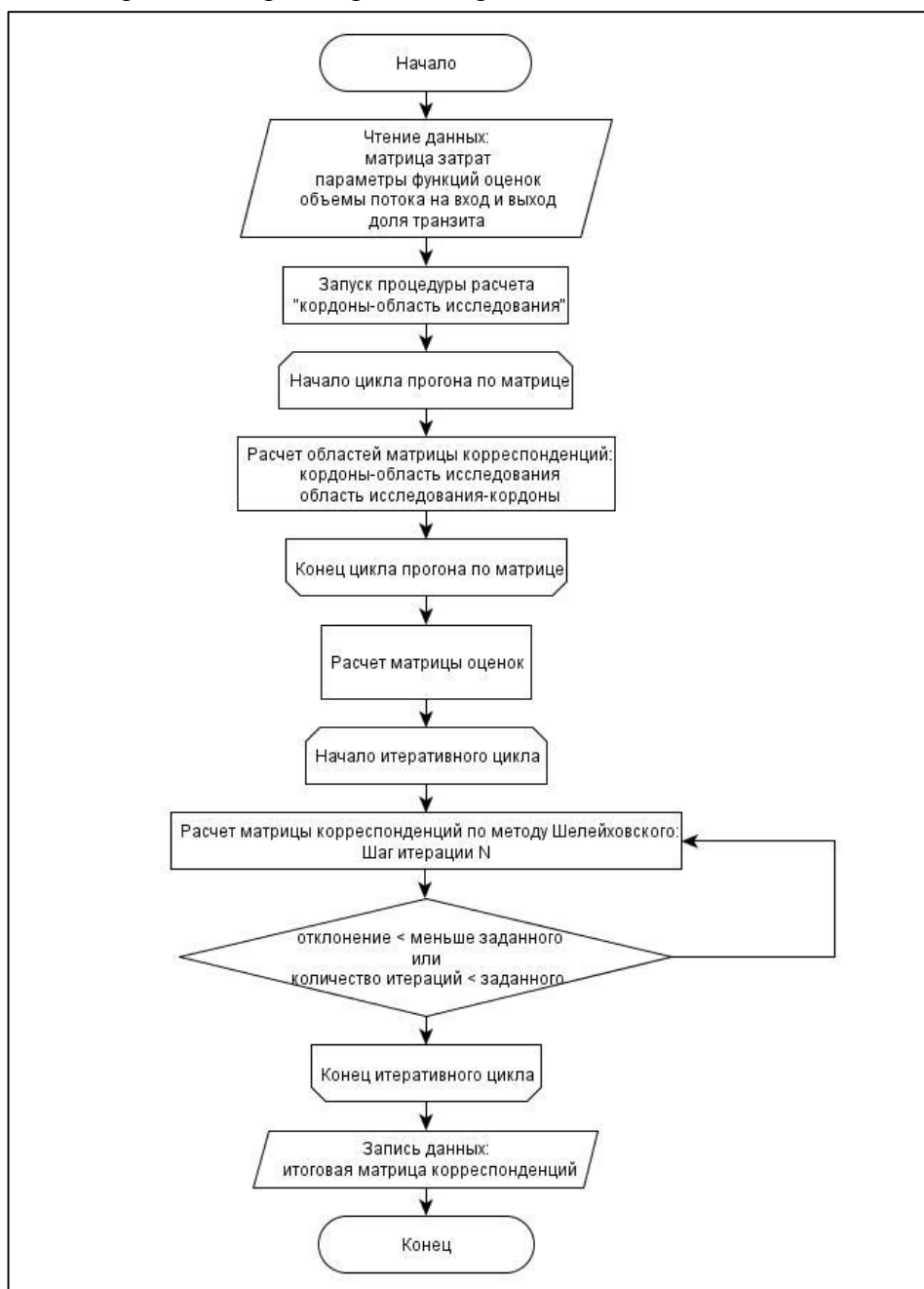
Метод расчета **величины эффекта от изменения в выбросах в окружающую среду** можно представить с помощью следующей формулы: $\Delta Ap = Ap^0 - Ap^1 = \sum_{l^0} ML_{l^0} - \sum_{l^1} ML_{l^1}$, где ML_l – общая величина выбросов загрязняющих веществ (тонн/сутки) движущимся автотранспортным потоком на отрезке l ; индексы 0 и 1 обозначают, соответственно, сценарии «без проекта» и «с проектом»: $ML_l = L_l \cdot \sum_m (\sum_q aec_q \cdot (Q_{mq} \cdot N_m \cdot kv_m) \cdot 10^{-6})$, где L_l – протяженность (длина) отрезка l , км; m – вид транспорта: легковой транспорт, общественный транспорт, грузовой транспорт; q – индекс загрязняющего вещества (СО, NOx в пересчете на NO2, СН, сажа, SO2, формальдегид, бензапирен); Q_{mq} – пробеговый выброс вредного вещества вида q видом транспорта m для городских условий эксплуатации, г/км·авт.; N_m – интенсивность движения вида транспорта m , то есть количество автомобилей каждого вида, проходящих через выбранный отрезок в единицу времени в обоих направлениях по всем полосам движения, авт./сутки; kv_m – поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения по отрезку вида транспорта m ; aec_q – средняя базовая ставка за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ, вычисленная для загрязняющего вещества вида q с учетом поправочных коэффициентов, руб./тонна; 10^{-6} – коэффициент для перехода от грамм к тоннам. Средняя базовая ставка aec_q за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ определяется на основании действующих нормативных документов с учетом установленной индексации цен.

2.5 Разработан алгоритм и инструментальное средство для автоматизированной оценки внешних корреспонденций относительно области исследования

(кордонных районов), расширяющее возможности (являющееся модулем) программного комплекса для транспортного моделирования PTV Visum.

Автором было проведено исследование и сравнение различных программных продуктов для моделирования (Emme, Cube, TransCAD, Visum – таблицы сравнения и описание представлены в тексте диссертации). Для работы был выбран программный комплекс PTV Visum. Так как в стандартных моделях, включенных в данный продукт, не был представлен расчет внешних корреспонденций, автором было разработано программное средство, являющееся модулем и расширяющее его возможности, а именно реализующее расчет внешних корреспонденций в автоматизированном режиме с удобным пользовательским интерфейсом (согласно описанным в пункте 2.3 моделям).

Укрупненный вариант алгоритма расчета представлен на схеме ниже.

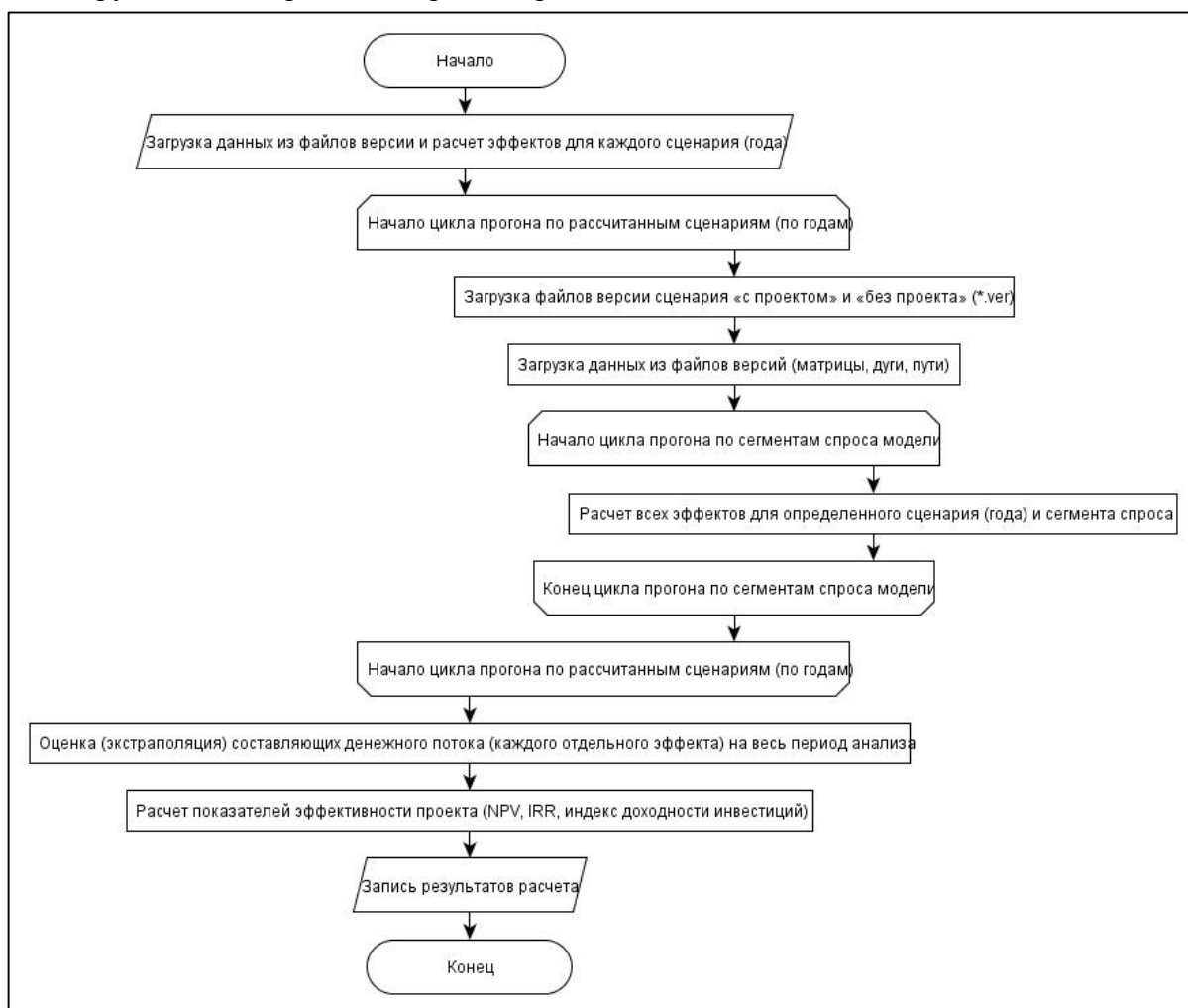


В качестве средств разработки использовались: высокоуровневый язык программирования Python; COM-интерфейс для взаимодействия разрабатываемого модуля с PTV Vision® VISUM; различные библиотеки и модули, расширяющие возможности языка программирования Python, например, библиотека для создания интерфейса wxWindows; средства для автоматизированной разработки программного кода (IDE): ActiveState Komodo Edit Version 6.1.3, wxFormBuilder Version 3.2.1-beta.

2.6 Разработан алгоритм и инструментальное средство для автоматизированной оценки экономической эффективности транспортных инвестиционных проектов, расширяющее возможности (являющееся модулем) программного комплекса для транспортного моделирования PTV Visum.

В программном комплексе PTV Visum представлен модуль расчета экономической эффективности, но расчет в этом модуле проводится согласно немецкой методологии EWS-97. Для реализации описанных в пунктах 2.1 и 2.4 методов расчета эффектов, а также самого подхода к расчету эффективности, автором был разработан программный модуль, расширяющий возможности PTV Visum по автоматизации и уточнению расчета экономической эффективности транспортных проектов.

Укрупненный вариант алгоритма представлен на схеме ниже.



Средства разработки использовались аналогично пункту 2.5.

2.7 Проведены опытные испытания разработанного программного средства для автоматизированной оценки экономической эффективности транспортных инвестиционных проектов, показавшие возможность более точной, наглядной и оперативной (с точки зрения времени расчета) оценки эффективности.

Пример оценки эффективности транспортного инвестиционного проекта на основе разработанного инструментального средства проводился с использованием транспортной модели Санкт-Петербурга, где в качестве рассматриваемого проекта был выбран проект по строительству автомобильной дороги КАД-2, которая предполагается к строительству между существующими дорогами А-120 и КАД и направлена на отведение транзитных транспортных потоков от города. Сводная таблица результатов расчетов представлена на рисунке ниже.

Эффекты (результаты) и затраты		Сумма	Инфраструктура автомобильных дорог		Инфраструктура общественного транспорта
			Вид транспорта		
			Грузовой	Пассажирский	
Личный легковой	Общественный				
Пользователи	Изменение во времени в пути	1 751 060 700 000р.	243 095 100 000р.	213 385 600 000р.	1 294 580 000 000р.
	Изменение в эксплуатационных расходах	8 679 200 000р.	2 450 000 000р.	6 229 200 000р.	- р.
	Изменение в расходах на оплату проезда	17 193 800 000р.	200 000р.	8 300 000р.	17 185 300 000р.
	Итого	1 776 933 700 000р.			
Перевозчики и операторы	Изменение в прибыли (доходы - расходы)	- 30 411 200 000р.		- 187 000 000р.	- 30 224 200 000р.
	Инвестиции	- р.	- р.	- р.	- р.
	Операционные (ежегодные) расходы	- р.	- р.	- р.	- р.
	Итого сумма притоков	- 30 411 200 000р.			
	Итого сумма оттоков	- р.			
Итого	- 30 411 200 000р.				
Государство	Изменение в косвенных налогах	- 888 100 000р.	- 493 500 000р.	- 394 600 000р.	- р.
	Изменение в прямых доходах	- р.	- р.	- р.	- р.
	Инвестиции	- 290 000 000 000р.		- 290 000 000 000р.	- р.
	Операционные (ежегодные) расходы	- р.		- р.	- р.
	Итого сумма притоков	- 888 100 000р.			
Итого сумма оттоков	- 290 000 000 000р.				
Итого	- 290 888 100 000р.				
Внешние эффекты (экстерналии)	Изменение в безопасности движения	12 404 800 000р.			
	Изменение в выбросах в атмосферу	200 000р.			
	Изменение в уровне шума	4 715 600 000р.			
	Итого	17 120 600 000р.			
Чистый дисконтированный доход (NPV)		1 472 755 000 000р.			
Индекс доходности затрат (BCR)		6.08			

Кроме того, апробация проводилась на проекте строительства автомобильной дороге в объезд города Гатчина для отведения транзитных транспортных потоков от города.

По результатам апробации разработанных подходов, методов и инструментальных средств в рамках исследования можно сделать следующие выводы. Инструментальные средства являются работоспособными и пригодными для применения, однако требуют дальнейшей апробации на реальных проектах для получения более достоверного и значимого набора результатов расчетов, например, на основе ретроспективных данных, для уточнения и при необходимости корректировки методов расчета эффектов, программного кода и алгоритмов.

3 Основные публикации по теме диссертации

Статьи в научных журналах, рекомендованных ВАК РФ:

1. Прохоров, А.В. Оценка экономической эффективности транспортных инвестиционных проектов как инструмент поддержки принятия управленческих решений [Текст] / А.В. Прохоров, И.В. Ильин // Экономика и управление. – 2012. – № 12. – С. 98-107.
2. Прохоров, А.В. Моделирование транспортной инфраструктуры промышленных кластеров с использованием информационно-аналитических систем [Текст] / А.В. Прохоров, И.В. Ильин // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия Экономические науки. – 2012. – №3. – С. 61.
3. Прохоров, А.В. Информационно-аналитические системы и оценка экономической эффективности проектов транспортного планирования [Текст] / А.В. Прохоров, И.В. Ильин // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия Экономические науки. – 2010. – №6. – С. 291.
4. Швецов, В.Л. Транспортные модели в системе государственного управления [Текст] / В.Л. Швецов, А.В. Прохоров, И.В. Ильин // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия Экономические науки. – 2009. – №5. – С. 20.

Статьи, опубликованные в прочих изданиях:

5. Прохоров, А.В. Оценка экономической эффективности проектов транспортного планирования [Текст] / А.В. Прохоров, И.В. Ильин // Материалы XV-ой международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении». – СПб: Изд-во СПбГПУ, 2011.
6. Прохоров, А.В. Управление развитием транспортных систем регионов на основе моделей транспортных потоков [Текст] / А.В. Прохоров, И.В. Ильин // Материалы Четвертой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2010)». Том II. – М.: Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова, 2010. – С. 149.
7. Ильин, И.В. Формирование стратегии развития транспортной инфраструктуры регионов с применением моделей транспортных потоков [Текст] / И.В. Ильин, А.В. Прохоров // Материалы Одиннадцатого Всероссийского Симпозиума "Стратегическое планирование и развитие предприятий". Секция 4. Стратегическое планирование мезоэкономических систем. – М.: ЦЭМИ РАН, 2010. – С. 82.
8. Прохоров, А.В. Моделирование транспортных потоков. Применение моделей для обоснования инвестиций в транспортную инфраструктуру региона [Текст] / А.В. Прохоров, И.В. Ильин // Материалы Международной научно-практической конференции для студентов и аспирантов «XXXVIII Неделя науки СПбГПУ». – СПб: Изд-во СПбГПУ, 2009.