

На правах рукописи

БАКЛАНОВСКИЙ ДМИТРИЙ СЕРГЕЕВИЧ

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ
ТРАНСПОРТНОГО ТИПА В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА
ИНФОРМАЦИИ**

Специальность 08.00.13 - Экономико-математические методы.

**Автореферат
диссертации на соискание учёной степени кандидата
экономических наук**

**Санкт-Петербург
1998**

Вакс

Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном университете экономики и финансов

Научный руководитель:

кандидат экономических наук, доцент, Эйсснер Ю.Н.

Официальные оппоненты:

доктор экономических наук, профессор, Ватник П.А.
кандидат технических наук, доцент, Морозенский Л.Ю.

Ведущая организация:

Международный центр социально-экономических исследований
"Леонтьевский центр", Санкт-Петербург.

Защита состоится 23. июля 1998г. в 15⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д063.86.06 при Санкт-Петербургском государственном университете экономики и финансов по адресу: 191023, Санкт-Петербург, ул. Садовая, д.21.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского государственного университета экономики и финансов.

Автореферат разослан 8. июля 1998г.

Учёный секретарь
диссертационного совета

А.В.И. /Завгородняя А.В./

I. Основные положения диссертационной работы.

1. Моделирование сетей транспортного типа (СТТ): Современная экономическая ситуация, особенности и закономерности формирования и развития инфраструктуры крупного города.

Обеспечение эффективности инфраструктурного развития территории - одна из основных проблем теории и практики региональной экономики. В современных условиях, когда закономерности развития инфраструктуры требуют согласования материальных, финансовых и информационных потоков, а вопросы управления всеми видами потоков получают принципиально новый статус в общей системе методов руководства хозяйством, проблема системного моделирования развития сетей транспортного типа (СТТ) становится определяющей при планировании развития территории.

При этом особенность современной экономической ситуации состоит в том, что процесс долгосрочного планирования развития СТТ протекает в условиях дефицита информации, имеющего как объективные так и субъективные, по отношению к хозяйственным звеньям, предпосылки. К числу важнейших из них относятся: неопределённость, а часто и отсутствие данных о величинах транспортных корреспонденций в перспективе, недоступность существенной части исходной информации для применения разработанных математических моделей, а также последствия противоречия между общественной ролью СТТ, принадлежностью их к естественным монополиям и обособленным характером проектирования их развития.

Кроме того, в современных условиях, особенно для крупного города, важен тот факт, что возможная скорость реконструкции СТТ существенно меньше изменчивости транспортных корреспонденций. Ситуация осложняется тем, что величины транспортных корреспонденций плохо поддаются точному прогнозированию, а проблема планирования долгосрочного развития СТТ остаётся малоизученной.

Это обуславливает необходимость разработки соответствующего метода моделирования развития СТТ в условиях дефицита конкретно-экономической информации.

В работе проведён специальный анализ различных подходов к проблеме моделирования сетей транспортного типа. Были выделены и подробно рассмотрены предпосылки и границы применимости следующих подходов:

(1) моделирование транспорта с помощью математического аппарата оптимизационных задач; (2) подход к развитию транспорта в рамках представлений экономической географии; (3) топологический и графоаналитический подходы; (4) моделирование транспорта в рамках управления развитием государственной системы населенных мест; (5) применение к моделированию СТТ теории распознавания образов и факторного анализа и (6) т.н. «антитранспортный» подход. Сравнительный анализ достоинств и недостатков рассмотренных подходов и возможности их практического применения позволил:

во-первых, определить роль и место данных подходов в решении задач, возникающих, в процессе планирования развития СТТ (см. схему 1);

во-вторых, выявить ряд задач и вопросов, «выпавших» из теоретического рассмотрения и решаемый эмпирическим путём. Наиболее важное место среди них занимают связанные между собой задача предварительного отбора вариантов развития СТТ для последующего сравнения оптимизационными методами и задача проектирования оптимальной СТТ в условиях дефицита конкретно-экономической информации.

Анализ предметной области, позволивший выделить сравнительные достоинства существующих подходов, завершается, с одной стороны, составлением перечня вопросов, конкретизирующих направления решения указанных задач, и, с

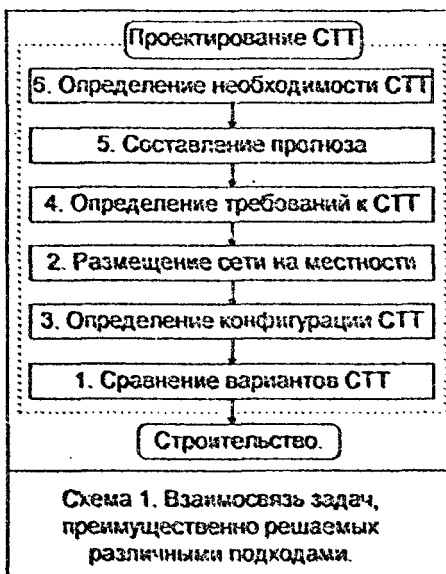


Схема 1. Взаимосвязь задач, преимущественно решаемых различными подходами.

другой стороны, выделением базовых свойств транспортных систем, которые могут служить основанием для разработки соответствующей модели развития СТТ. Данные свойства определяют закономерности формирования транспортных корреспонденций в зависимости от конфигурации реализованной СТТ.

2. Общая модель СТТ: СТТ изменяет свойства местности, определяющие объём и структуру транспортных корреспонденций.

Основные положения для разработки математической модели, позволяющей выявить и учесть влияние конфигурации СТТ на свойства вмещающей местности, определяющие транспортные корреспонденции и соответствующей современным условиям, указанным в п.1, установлены на основании выделенных базовых свойств СТТ.

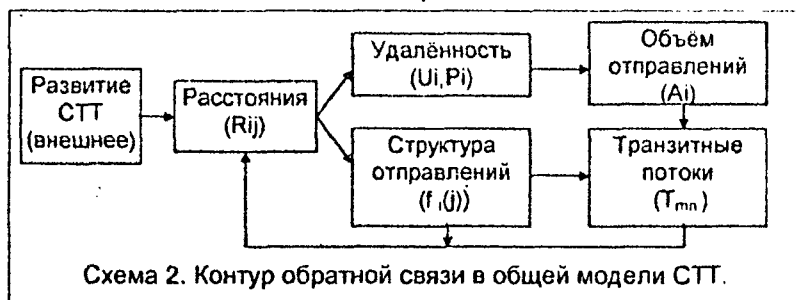
В качестве первого шага построения общей модели транспортной системы разрабатывается её определение и система соответствующих понятий. СТТ определяется как механизм преодоления пространственной неравномерности путем переноса по каналам квантов неравномерности между их иммобильными источниками. Элементами транспортной системы выступают местность; пассажиры, как кванты - носители свойств местности; система каналов сообщения; экипажи. Конкретный уровень рассмотрения приводит к добавлению новых, характерных для него элементов. На основании разработанного определения, транспортная система может быть представлена как совокупность

$(e^n, \{eR_j\})$ некоторого подмножества точек (e^n) вмещающей местности (E) с определённой функцией расстояний между ними $(\{eR_j\})$. При этом, транспортная система располагается в местности (E) , где определены функция расстояний на местности $(\{eR_j\})$ и функция корреспонденций $\{F_i(j) = A_i \times f_i(j)\}$ из точки i в точку j местности, где $A_i, f_i(j)$ - объём и структура, соответственно, транспортных корреспонденций из точки i . В

результате строительства СТТ, функция расстояний на местности преобразуется: $ER_y \rightarrow R_y = \Psi(ER_y, eR_y)$.

Показано, что постановка задачи минимизации транспортных затрат непосредственно в виде $C = \sum_y f_i(U)R_y \rightarrow \min$ некорректна, т.к. не учитывает влияния обратной связи между аргументами. Данный факт является причиной неадекватности применения к планированию долгосрочного развития СТТ моделей, базирующихся на данной постановке. Рассматривается система обратных связей между свойствами местности, определяющими формирование транспортных корреспонденций ($f_i(j)$), и конфигурацией СТТ (R_{ij}).

Вскрытый контур обратной связи СТТ на свойства вмещающей местности можно описать с помощью понятий удаленности (U),



транзитности (Т) и периферийности (Р), как это представлено на схеме_2.

В работе показано, что сила обратной связи пропорциональна величинам показателей Т, U, Р. Так как обратные связи являются в основном положительными, предлагается считать лучшими СТТ с наименьшей силой обратной связи, что снижает непредсказуемый эффект последствия ввода СТТ в эксплуатацию.

3. Модель учёта взаимовлияния конфигурации СТТ и свойств вмещающей местности при долгосрочном планировании развития территории (Рабочая модель).

Исходя из положений п.2 и на основании выделенных свойств «идеальной» транспортной сети (ТС) крупного города, строится

рабочая модель минимизации показателей удалённости, транзитности и периферийности. Рассматриваются критерии трех степеней общности: Парето - минимизация лексисимных порядков, минимизация по Лоренцу и минимизация граничных функций коллективного выбора (эгалитарной и утилитарной). В работе рассмотрены условия целесообразности выбора для моделирования того или иного вида критерия.

На основании численных значений названных критериев строится классификатор графов СТТ, позволяющий сравнивать варианты графов СТТ между собой и определять закономерности изменения их оптимальности при развитии.

В работе показано, что при оптимальном развитии сети класс оптимальности меняется достаточно редко.

4. Свойства построенной модели.

Построенная рабочая модель СТТ анализируется на предмет априорно (теоретически) выводимых свойств модели, позволяющих конкретизировать план изучения её содержательных свойств.

Во-первых, разбираются свойства показателей модели (удаленности, транзитности, периферийности). Критерии на основе данных показателей охватывают различные принципы возможного развития СТТ и, вообще говоря, разнонаправлены. Наиболее простую содержательную интерпретацию имеют следующие три критерия:

- утилитарная функция удаленности - максимальная централизация;
- эгалитарная функция транзитности - максимальный размах;
- эгалитарная функция периферийности - максимальное циклообразование.

Показано, что данные критерии применимы как показатели оценки оптимальности планировочного решения в рамках возможностей, заданных первоначальными условиями создания СТТ.

Во-вторых, оговариваются границы применимости предлагаемых критериев. Сравнение на их основе дает нетривиальный результат только для групп графов конфигураций СТТ с заданным количеством вершин и дуг. Это требует

рассмотрения развития СТТ в виде последовательности переходов из одной группы в другую (тренды).

В-третьих, показывается, что только определенный вид трендов не сокращает множество выбора конфигурации СТТ на каждом этапе развития, а именно тренды, состоящие из двух частей: первоначальное развитие деревьев; насыщение полученного остова. Этот вид трендов исследуется в дальнейшем подробно.

В-четвёртых, рассмотрена задача оптимизации пространственного размещения станций СТТ. Данная задача играет по отношению к рассматриваемой модели роль артефакта, в том смысле, что сеть станций задаёт возможное множество связей между ними, т.е. множество конфигураций СТТ. Сопоставлены три типа регулярного размещения станций на плоской местности: треугольная, прямоугольная и гексагональная сети. Они различаются по внутренней и внешней экономии для транспортного предприятия. Дальнейшее исследование проводилось на основе треугольной сети, обеспечивающей максимальную внешнюю экономию.

5. Результаты модельного исследования.

На основе сформированной рабочей модели было проведено сравнительное исследование конфигураций СТТ и траекторий их развития. План исследования подразделялся на две части: моделирование развития деревьев и моделирование насыщения остовов.

Исследование проводилось методом имитационного моделирования. Для проведения исследования были составлены алгоритмы и реализующие их программы. Перечисляются статистики, динамика которых была изучена. Описана структура итоговых данных и приведена их интерпретация.

6. Иллюстрация применения модели.

В диссертации рассматривается применение предложенного подхода предварительного сравнения вариантов развития ТС на примере оценки перспектив развития метрополитена С.-Петербурга (на период до 2030г.).

В Приложении (№1-7) вынесены результаты, полученные автором при рассмотрении ряда проблем в близких областях, а также исходные и заключительные данные, листинги программ, расчёты, иллюстрирующие применение предложенного подхода к сравнению вариантов развития метрополитена С.-Петербурга.

Основные итоги работы представлены в Общих выводах, раскрывающих логику исследования:

1. В социально-экономических системах транспортные сети являются одним из системообразующих факторов местности. Развитие СТТ связано с развитием вмещающей местности системой прямых и обратных связей. При проектировании развития СТТ целесообразно сводить действие обратных связей к минимуму для устранения непрогнозируемых эффектов адаптации (последствия).

2. Влияние СТТ на свойства местности можно разделить на влияние типа сети пространственного размещения станций и влияние конфигурации СТТ. При выборе типа сети станций решается дилемма выбора между внутренней и внешней экономией [с точки зрения транспортной фирмы].

3. Степень интенсивности обратных связей (п.1) можно описать в понятиях удалённости, транзитности и периферийности. В терминах соответствующих показателей отражается объективное деление развития СТТ на 2 этапа: экстенсивного и интенсивного развития. Различие этапов характеризуется, кроме характера динамик изменения показателей, степенью определённости сравнения графов СТТ и несостыкованностью Парето - оптимальных на каждом этапе траекторий развития.

4. При выборе последовательности развития СТТ (тренда) существует дилемма выбора между следующими типами трендов:

- оптимальное экстенсивное развитие - перестройка - оптимальное интенсивное развитие;
- неоптимальное (или слабо оптимальное), но плавное развитие.

В диссертации выдвинуто предположение о том, что остроты выбора можно сгладить, развивая СТТ очередями в несколько дуг, однако этот вопрос требует дополнительного исследования.

5. Проблема выявления графов конфигурации СТТ наилучших одновременно по всем показателям [в группах графов с равным числом дуг], т.е. оказывающих безусловно наименьшее влияние на свойства вмещающей местности практически не имеет определённого решения. При этом показано следующее:

— существуют графы, лучшие других одновременно по суммарным удалённости и транзитности, что объясняется практически полной коррелированностью данных критериев, в силу чего сравнение становится практически однокритериальным;

— на этапе интенсивного развития не выявлено графов, одновременно Парето - оптимальных по трём лексиминным порядкам $[T, U, P]$ (за одним исключением), или оптимальных по Лоренцу;

— показатели U и T коррелированы, при этом сравнение по U более определённо;

— корреляция показателей P с показателями U (T) носит различный характер на различных этапах развития;

— утилитарные функции U (или T) и P связаны друг с другом дискретно.

II. Вклад автора в проведённое исследование.

Методологической и теоретической основой проведённого исследования послужили фундаментальные и прикладные работы отечественных и зарубежных учёных по проблемам комплексного проектирования размещения хозяйственных объектов, в т.ч. сетей транспортного типа, методов оптимизации, теории графов: Беленького А.С., Гольца Г.А., Тархова С.А., Якшина А.М., Аксёнова И.Я., Листенгурта Ф.М., Ставничего Ю.А., Боса Х., Чорли Р.Дж., Хаггета П., Леша, Кристаллера, Ху Т., Форд Л, Мулена Э. и др.

Исследование проводилось с учётом требований системного подхода, с применением принципов методов и средств имитационного моделирования. В обосновании выводов использовались положения теорий коллективного благосостояния, хозяйственных систем, экономических измерений.

Конкретный вклад автора в проведённое исследование отражают:

- разработка системы понятий, определяющих ТС и её элементы;
- постановка вопроса о необходимости учёта обратного влияния СТТ (последствия) на свойства местности в моделях сравнения вариантов развития СТТ;
- разработка для решения данной задачи многокритериальных целевых функций различного уровня агрегирования в качестве критериев оптимизации и распределение закономерностей оптимального формирования и развития СТТ в условиях дефицита информации о свойствах местности;
- разработка алгоритмов и программ для проведения модельного исследования;
- разработка рекомендаций (на основе предложенного подхода) по порядку ввода в эксплуатацию перспективных линий метрополитена С.-Петербурга.
- актуализация проблемы, как присущей в различной степени всем сетям инфраструктуры.

III. Степень новизны и практическая значимость результатов исследования.

Актуальность исследования. Работа посвящена проблеме планирования долгосрочного развития сетей транспортного типа (СТТ). Проблема комплексного развития СТТ, в т.ч. собственно транспортных сетей (ТС), обеспечение эффективности решения задач их функционирования является одной из основных в экономической теории и практике.

Можно назвать несколько причин роста актуальности исследований в данной области. Как известно, СТТ являются основой инфраструктуры хозяйственных систем. В условиях перехода к рынку роль инфраструктуры, а следовательно важности изучения её формирования растёт. Закономерности формирования и развития инфраструктуры требуют согласования материальных и информационных потоков. Разработка моделей, использующих закономерности формирования и развития инфраструктуры, не успевает за ускорённым развитием

инфраструктурных сетей. Важно то, что динамика сетевых потоков намного выше возможной скорости изменения конфигурации сети, что требует изучения процессов развития сети, сохраняющих оптимальность сети при значительных изменениях транспортных корреспонденций. Кроме того, современная экономическая ситуация характеризуется высокой ценой ошибок проектирования, дефицитом времени принятия решений и обострением проблемы учёта и согласования общественных и локальных интересов при формировании и развитии инфраструктуры.

В этих условиях возникает проблема получения предварительной оценки вариантов развития СТТ. Это требует разработки методов и процедур формализации отбора вариантов для последующего сравнения с учётом конкретно-экономической ситуации и выбора наиболее эффективного из них.

Переход к рыночной экономике предоставляет, с одной стороны, благоприятные условия для развития инфраструктуры и, соответственно, транспортных коммуникаций. При этом очевидно, что эффективное развитие не достигается автоматически. Более того, условия протекания экономических процессов современного мира приводят к обострению существующих проблем, связанных с учётом изменения транспортных корреспонденций с развитием ТС. Дополнительные проблемы обусловлены тем, что в практике планирования развития ТС эмпирический подход к выбору вариантов остаётся преобладающим.

Всё это определяет актуальность исследования по моделированию формирования и долгосрочного развития СТТ.

Целью работы является разработка метода формализации процедуры отбора вариантов развития СТТ для последующего сравнения с учётом конкретно-экономической информации, позволяющего определить оптимальную конфигурацию и оптимальную траекторию развития СТТ с учётом устойчивости по отношению к изменению транспортных потоков с течением времени.

Данная Цель реализуется посредством решения следующих задач:

— выявление свойств СТТ, инвариантных относительно разработанных подходов их моделирования, путём проведения соответствующего аналитического обзора;

— выделение факторов для системного моделирования и определения оптимальных конфигурации и траектории развития СТТ;

— составление показателей оптимальности и исследование закономерностей их изменения;

— разработка критериев оптимальности СТТ;

— классификация СТТ и выявление закономерностей изменения классов оптимальности при развитии СТТ;

— разработка теоретической модели оптимизации конфигурации СТТ;

— построение набора прикладных программ для модельных расчётов;

— разработка методических рекомендаций и иллюстрация практического применения модели.

Объектом диссертационного исследования являются сети транспортного типа, формирующие основу инфраструктуры хозяйственных систем. Развитие сетей должно, с одной стороны, обеспечивать установление эффективных хозяйственных связей, а с другой стороны, позволять сохранять эту эффективность при изменении хозяйственных связей с течением времени. Наиболее высока динамика изменения хозяйственных связей в условиях крупного города. Это и выступает конкретным объектом исследования.

Предметом диссертационного исследования является процесс взаимодействия свойств СТТ и окружающего экономического пространства, обуславливающего объём и структуру транспортных корреспонденций.

Научная новизна заключается в разработке основ определения оптимальной конфигурации СТТ в условиях неопределённости данных о свойствах вмещающей местности, определяющих величины транспортных корреспонденций.

Работа выполнена на информационной базе о развитии сети Петербургского метрополитена (1956-1992), его перспективах развития (на период до 2030 гг.) и результатах, полученных автором в процессе модельного исследования по разработке типов конфигурации СТТ.

В целом получен ряд результатов, имеющих различную степень общности. Конкретно, диссертантом получены следующие теоретико-методологические и практические результаты, определяющие новизну и являющиеся предметом защиты:

1. В области теории.

1.1. Установлены параметры, характеризующие степень влияния СТТ на свойства вмещающей местности, образующие транспортные корреспонденции и сформирован комплекс показателей на основании установленных параметров, отражающих выявленные свойства.

1.2. Разработана модель сравнения различных вариантов долгосрочного развития СТТ, позволяющая учитывать изменение свойств вмещающей местности в зависимости от пространственного размещения станций и конфигурации связей СТТ.

1.3. Обосновано отнесение транспорта к сфере производства (или к сфере распределения) в зависимости от определения товара всеми материальными (или только вещественными) свойствами продукта.

2. В области методологии.

2.1. На основе сформированного комплекса показателей (1.1) разработаны критерии оптимальности СТТ. Построены классификации СТТ в зависимости от значений критериев оптимальности. На основе классификаций исследована динамика изменения показателей в зависимости от конфигурации и с развитием СТТ.

2.2. Выявлен неравномерный характер распределения СТТ по классам. Установлен кусочно-непрерывный характер изменения класса оптимальности с развитием СТТ.

2.3. Получен ряд результатов операционального характера, связанных с процедурами расчётов при моделировании развития СТТ (изменение системы координат представления СТТ, свойства графов СТТ и их матриц, и некоторые другие результаты).

3. В области практики.

3.1. Разработаны соответствующие модели СТТ алгоритмы и система программ для проведения модельных расчётов. На основании проведённых расчётов определены закономерности развития конфигурации СТТ.

3.2. На основе обобщения реально сложившейся практики проектирования линий метрополитена крупного города, предложен метод, позволяющий при разработке ТЭО строительства транспортных коммуникаций нивелировать неопределённость данных о конкретно-экономической ситуации.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке подхода к моделированию развития СТТ, суть которого заключается в нахождении оптимального сочетания различных требований к СТТ в условиях неопределённости конкретно-экономической ситуации.

Предложена база методики, позволяющей оптимизировать планирование развития СТТ.

IV. Прочие сведения о работе.

Структура работы.

Работа состоит из вступления, трех глав, заключения, списка литературы и 7 приложений. Общий объем диссертации составляет 226 листов. Библиографический список 102 наименования.

Публикации.

1. Построение критерия оптимального размещения транспортных сетей. //Сб.: Научная сессия профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов по итогам НИР 1995г. 17-26 апреля 1996г. Краткие тезисы докладов. Часть 2., - СПб.: СПбУЭиФ. - 1996.-стр. 70-71.

2. Классы оптимальности в транспортных сетях. //Сб.: Научная сессия профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов по итогам НИР 1994г. 17-21 апреля 1995г. Краткие тезисы докладов. Часть 2., - СПб.: СПбУЭиФ. - 1996.-стр. 57.

3. Построение критерия оптимальности размещения транспортной сети. //Сб.: Теория хозяйственных систем: состояние и перспективы. - СПб.: СПбУЭиФ. - 1996.-стр. 82-84.

4. К проблемам регулирования транспортных систем. //Сб.: Социально-экономические вопросы становления рыночных отношений. (Научные статьи аспирантов) Часть 1. - СПб.: СПбУЭиФ. - 1997.-стр. 177-180.