

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.023

Первалов  
Денис Дмитриевич

Модели и программно-алгоритмическое обеспечение построения и функциони-  
рования транспортно-логистической системы предприятия

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание академической степени  
магистра технических наук

по специальности 1-40 80 05 – Математическое и программное обеспечение  
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Научный руководитель  
Скудняков Ю.А.  
к.т.н., доцент

Минск 2019

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Для Республики Беларусь как внутриконтинентального государства, не имеющего выхода к морям, а также не обладающего значительным сырьевым ресурсом, благодаря привлекательности географического положения, особое значение приобретают транзит и поиск новых перспективных рынков транспортных услуг. Придавая существенное значение транзиту как ключевому фактору развития потенциала национальной экономики, Республика Беларусь может стать логистическим звеном в торговле между странами Европейского Союза и Азиатско-Тихоокеанского региона, благодаря китайскому проекту нового Шелкового пути.

Многолетний опыт зарубежных стран демонстрирует, что важной целью развития логистики в национальной экономике государства наравне с уменьшением логистических издержек в конечной стоимости продукции выступает повышение именно транзитного потенциала страны.

Сегодня международный рынок транспортно-логистических услуг, в целом, можно считать сформированным, и перед Республикой Беларусь в этих условиях стоит достаточно непростая задача — занять свое место в международных внешнеторговых потоках, включая транзитное сообщение.

Формирование логистики как экономической науки началось в 50-е годы XX века. Теория и практика логистики получили стремительное развитие в мире в последние 30 лет. Руководство подавляющего большинства промышленных и торговых компаний уделяет пристальное внимание всем логистическим бизнес-процессам, начиная от закупок и заканчивая распределением продукции. В настоящее время в индустриально развитых странах в условиях конкуренции логистика становится ключевым фактором конкурентоспособности предприятия, не только снижая издержки товарного обращения, но и создавая и улучшая сервис для потребителей товаров и услуг. Высокий уровень развития логистики положительно влияет на многие социально-экономические показатели развития экономики страны, такие как темпы инфляции, показатели производительности и другие.

Повышение производительности за счет применения логистики на предприятиях оказывает положительное воздействие в первую очередь на способность конкурировать на глобальных рынках, а также на уровень прибыли.

Высокий уровень развития логистики в любой стране несет в себе различные положительные эффекты: снижение стоимости товаров и услуг, создание новых рабочих мест, увеличение оборота оптовой и розничной торговли, повышение инвестиционной привлекательности территорий с развитой транспортно-складской инфраструктурой, улучшение экологической обстановки, увеличение доходов государства от реализации транзитного потенциала.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Цель и задачи исследования**

Целью данной диссертации является разработка математических и программно-алгоритмических основ транспортно-логистических систем и на этой основе построение программно-алгоритмического обеспечения транспортно-логистической системы предприятия.

Цель определяет следующие задачи:

- разработать теоретико-прикладные основы программно-алгоритмического обеспечения транспортно-логистической системы предприятия;
- раскрыть теорию графов, как математической модели транспортно-логистической системы;
- определить алгоритм постановки транспортно-логистической задачи и раскрыть (дать характеристику) методы ее решения;
- дать характеристику существующего программно-алгоритмического обеспечения транспортно-логистической системы предприятия;
- разработать программно-алгоритмическое обеспечение транспортно-логистическую системы доставки грузов конечному пользователю.

Объектом исследования является транспортно-логистические системы, а предметом – процесс построения транспортно-логистической системы для достижения лучшего результата при минимальных временных и топливных затратах.

Методологическую основу исследования составили следующие методы:

- диалектико-материалистический метод, рассматривающий явления и процессы во всеобщей связи и развитии;
- общенаучные методы теоретического уровня – системный метод, позволяющий исследовать проблему как совокупность подсистем и связей между ними; восхождение от абстрактного к конкретному, предполагающий выделение определенного круга единичных элементов в составе конкретного целого и соответствующей выработки абстрактных (односторонних) описаний этих элементов;
- общенаучные методы эмпирического уровня и общелогические методы – анализ, синтез, индукция, дедукция, сравнение и обобщение;
- конкретно-социологический метод – анализ документов (изучение технической литературы).

**Связь работы с приоритетными направлениями научных исследований и запросами реального сектора экономики**

Работа выполнялась в соответствии с научно-техническим заданием и планом работ кафедры «Программное обеспечение информационных технологий» по теме «Разработка моделей, методов, алгоритмов, повышающих показатели проектирования, внедрения и эксплуатации программных средств для перспективных платформ обработки информации, решения интеллектуальных задач, работы с большими массивами данных и внедрение в современные обучающие комплексы» (ГБ № 16-2004, № ГР 20163588, научный руководитель НИР – Н. В. Лапицкая).

### **Личный вклад соискателя**

Результаты, приведенные в диссертации, получены соискателем лично. Вклад научного руководителя Ю. А. Скуднякова, заключается в формулировке целей и задач исследования.

### **Апробация результатов диссертации**

В результате научно-исследовательской деятельности получены результаты изучения транспортно-логистических систем и их особенностей. Они были апробированы на следующих конференциях в виде докладов:

- Республиканской научно-технической конференции «Информационные технологии и системы: проблемы, методы, решения»;
- 55-я юбилейная научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР.

### **Опубликованность результатов диссертации**

По теме диссертации опубликовано 2 печатных работ в сборниках трудов и материалов конференций Республики Беларусь.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения, списка использованных источников, списка публикаций автора и приложений. В первой главе представлен анализ предметной области, выявлены основные существующие проблемы в рамках тематики исследования, показаны направления их решения. Вторая глава посвящена исследованию математических моделей транспортно-логистических систем, их особенностей, постановке основной транспортно-логистической задачи, а также исследованию различных методов её решения. В третьей главе рассмотрены существующие программно-алгоритмические решения транспортно-логистической задачи, произведен их анализ, выделены недостатки и предложены варианты их устранения. Общий объем работы составляет 50 страниц, из которых основного тек-

ста – 45 страниц, 10 рисунков на 10 страницах, список использованных источников из 60 наименований на 5 страницах.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Во **введении** определена область и указаны основные направления исследования, показана актуальность темы диссертационной работы, дана краткая характеристика исследуемых вопросов, обозначена практическая ценность работы.

В **первой главе** были рассмотрены основные этапы развития транспортно-логистической задачи с ключевыми особенностями в каждый период времени. Была проанализирована зарубежная и отечественная литература, которая помогла вычислить основные подходы и способы организации транспортной логистики на предприятии.

Основными этапами исследования транспортно-логистической задачи и возможных решений происходило в следующие временные промежутки:

- игра «Икосиан» Уильяма Гамильтона, исследования математической задачи Карла Менгера в 19 веке;

- исследования Джорджа Данцига, Делберта Рею Фалкерсона и Селмера Джонсона в 1950 годах;

- исследования Мартина Грётчела, Манфреда Падберга и Джованни Ринальди в 1980-х годах;

- исследования Дэвида Аплгейта, Роберта Биксби, Вашека Шватал, Уильяма Кука в 1990-х годах.

Результаты исследований, проведенных в этих направлениях, отражены в работах В. В. Дыбской, Е. И. Зайцева, В. И. Сергеева, А. Н. Стерлигова, Д. Прокофьева, Т. А., Сток Дж. Р., Ламберт, Д. М., Курочкина, Д. В., Голдсби, Томас ДЖ., Айенгар, Дипак, ШЭшанк и др.

Во **второй главе** были исследованы математические модели транспортно-логистических систем. Была поставлена основная транспортно-логистическая задача и рассмотрены основные её особенности. Были приведены различные варианты решения транспортно-логистической задачи с указанием их ключевых особенностей при использовании.

Теория графов – раздел дискретной математики, изучающий свойства графов. В общем смысле граф представляется как множество вершин (узлов), соединённых рёбрами. В строгом определении графом называется такая пара множеств  $G=(V, E)$ , где  $V$  есть подмножество любого счётного множества, а  $E$  – подмножество  $V \times V$ .

Задача коммивояжёра – одна из самых известных задач комбинаторной оптимизации, заключающаяся в поиске самого выгодного маршрута, проходящего через указанные города хотя бы по одному разу с последующим возвратом в исходный город.

Для возможности применения математического аппарата для решения проблемы её следует представить в виде математической модели. Проблему коммивояжёра можно представить в виде модели на графе, то есть, используя

вершины и ребра между ними. Таким образом, вершины графа соответствуют городам, а рёбра  $(i, j)$  между вершинами  $i$  и  $j$  – пути сообщения между этими городами. Каждому ребру  $(i, j)$  можно сопоставить критерий выгодности маршрута  $c_{ij} \geq 0$ , который можно понимать как, например, расстояние между городами, время или стоимость поездки.

Таким образом, решение задачи коммивояжёра – это нахождение гамильтонова цикла минимального веса в полном взвешенном графе.

Существует множество способов решения задачи коммивояжера. Среди них можно выделить следующие:

- метод полного перебора;
- метод случайного перебора;
- жадные алгоритмы: метод ближайшего соседа, метод включения ближайшего города, метод самого дешёвого включения;
- метод минимального остовного дерева;
- метод имитации отжига;
- метод ветвей и границ;
- метод эластичной сети;
- муравьиный алгоритм;
- генетические алгоритмы;

алгоритмы динамического программирования.

Наиболее оптимальными методами решения транспортно-логистической задачи коммивояжёра в современный период являются методы дискретной оптимизации, в частности ветвей и границ, позволяют находить оптимальные или приближительные решения для достаточно больших задач.

Однако этих методов для быстрого поиска маршрутов обычно недостаточно. Для поиска маршрутов приемлемой длины точные методы могут комбинироваться с эвристическими. При этом муравьиный алгоритм является одним из эффективных полиномиальных алгоритмов для нахождения приближённых решений задачи коммивояжёра, а также решения аналогичных задач поиска маршрутов на графах. В качестве другого эффективного эвристического метода может быть использован генетический алгоритм.

Использование предложенных методов позволяет оптимизировать не только временные и финансовые затраты коммивояжёра, но и увеличить поставку и продажу соответствующих групп товаров.

**В третьей главе** были исследованы существующие программно-алгоритмическое обеспечение транспортно-логистических систем предприятия, был произведен их анализ. Были рассмотрены особенности их использования на практике. Результатом данной главы является построение транспортно-логистической системы предприятия для доставки товаров конечному пользователю.

Использование транспортно-логистических систем в городе связано с использованием дополнительных критериев, таких как срочность доставки, время доставки, взаимное месторасположение и другие.

При доставке товаров в пределах города возможны следующие варианты мест забора товаров:

- забор товара из одного места;
- забор товара из разных мест.

Когда забор товаров производится из одного места – это является классической задачей коммивояжера, которая легко решается стандартными средствами. Например, доставка товаров со склада или магазина по местам заказа. При этом возможны различные типы грузов, которые определяют скорость доставки товаров.

Сложность построения маршрутов при заборе товаров из разных мест заключается в том, что при доставке товаров, зависящих от времени, следует строить маршрут таким образом, чтобы учитывались следующие критерии: временные промежутки, время ожидания, загруженность города и другие. Поскольку в данном случае классическая задача коммивояжера не применима, следует использовать измененную систему построения маршрутов доставки грузов.

Для автоматизации этого процесса следует использовать программные транспортно-логистические системы.

Транспортно-логистическая система – совокупность объектов и субъектов транспортной и логистической инфраструктуры вместе с материальными, финансовыми и информационными потоками между ними, выполняющая функции транспортировки, хранения, распределения товаров, а также информационного и правового сопровождения товарных потоков.

Сложность разработки программных транспортно-логистических систем заключается в использовании статистических данных о состоянии трафика в городе. Как правило, такие данные отображают реальное состояние трафика в городе, однако при наличии неучтенного параметра могут возникнуть сложности, так как система не имеет возможность учитывать возникновение параметра в то же время. Будет возникать задержка, которая может повлиять на скорость доставки товаров. При этом если для независящих от времени товаров такая задержка будет не сильно влиять на качество доставки, то для зависящих от времени товаров может стать критической, так как может повлиять как на один товар, так и на последующие, в зависимости от маршрута.

В таком случае необходимо иметь возможность перестроить маршрута в зависимости от таких факторов. При перестроении маршрутов необходимо иметь возможность информирование водителей о наличии изменений. Ручной способ в таком случае также может быть критичен, так как время, затраченное на информирование, может быть высоко.

Для своевременного информирования водителей об изменениях маршрутов следует использовать программные средства.

При разработке и использовании программного средства возможно информирование водителей не только об изменениях маршрутов, но и о самих маршрутах, а также дополнительных данных, которые впоследствии возможно использовать для улучшения качества доставки товаров.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

### **Основные научные результаты диссертации**

1. Исследования использования различных методов решения транспортно-логистической задачи и их особенности.
2. Предложены ключевые параметры при разработке транспортно-логистической системы предприятия с указанием их особенностей при возможном использовании.
3. Исследования различных характеристик построения транспортно-логистической системы предприятия в городе и их особенностей.
4. Предложена архитектура построения программно-алгоритмического обеспечения транспортно-логистической системы предприятия в целом и разработка транспортно-логистической системы доставки грузов конечному пользователю.

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

1. Результаты исследования транспортно-логистических систем позволяют создавать более качественную транспортно-логистическую систему, снижающую затраты предприятия, а также улучшать уже существующую систему.
2. Результаты исследований существующего программно-алгоритмического обеспечения позволяет оценить их особенности при использовании готовых ресурсов при создании транспортно-логистической системы предприятия.
3. Полученные результаты формируют теоретическую и практическую базу для разработки ПО компьютерных систем для решения транспортно-логистических задач с применением компьютеров общего назначения, функционирующих в режиме реального времени. Они могут быть использованы для модернизации и дальнейшего развития существующих систем.

## **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**

1. Перевалов, Д.Д. Особенности использования генетических алгоритмов для решения задачи коммивояжера / Д.Д. Перевалов // Республиканская научно-техническая конференция «Информационные технологии и системы: проблемы, методы, решения». – Минск, 2018. – с. 150 – 153.
2. Перевалов, Д.Д. Особенности использования транспортно-логистических систем в городе / Д.Д. Перевалов // 55-я юбилейная научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. – Минск, 2019. – с. 150 – 153.