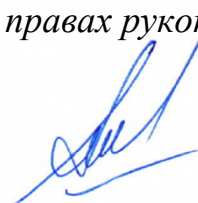


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Государственный университет управления»

На правах рукописи



Соловьев Николай Владимирович

**МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРИТЕЛЕЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА В
ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ**

Специальность: 2.9.9. «Логистические транспортные системы»

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, доктор
педагогических наук, профессор
Карелина М.Ю.

Москва – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В РФ	13
1.1. Анализ условий функционирования логистических транспортных систем в РФ	13
1.2. Анализ перспектив цифровой трансформации логистических транспортных систем в РФ	25
1.3. Анализ современных подходов к управлению логистическими транспортными системами	35
Выводы по первой главе	39
2. СИСТЕМАТИЗАЦИЯ МЕТОДОВ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ..	42
2.1. Противоречивость систем измерителей транспортного производства в РФ на различных видах транспорта	42
2.2. Экономические модели оценки эффективности и результативности производства в логистических транспортных системах.....	52
2.3. Методы оценки эффективности в сложных системах, основанные на энтропийном подходе.....	59
Выводы по второй главе	66
3. РАЗРАБОТКА АНАЛИТИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ МЕТОДА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРИТЕЛЕЙ В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ	68
3.1. Разработка экспоненциальной модели определения вероятностей эффективного состояния логистической транспортной системы.....	68
3.2. Оценка достоверности модели информационного критерия для определения вероятностей эффективного состояния на отдельных участках логистической транспортной системы	75

3.3. Разработка алгоритмов программного обеспечения определения оптимальной траектории объекта доставки грузов в интегрированной логистической транспортной сети	84
Выводы по третьей главе	89
4. АПРОБАЦИЯ МЕТОДА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА В ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ	91
4.1. Исходные данные для проведения вычислительного эксперимента по проектированию логистической транспортной сети	91
4.2. Описание последовательности вычислительного эксперимента по проектированию логистической транспортной сети в интерфейсах программного обеспечения	98
4.3. Анализ результатов вычислительного эксперимента по проектированию логистической транспортной сети доставки грузов из г. Мурманска в г. Новороссийск	108
Выводы по четвёртой главе	113
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	115
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	118
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	119
ПРИЛОЖЕНИЯ	131
<i>Приложение А.</i>	132
<i>Приложение Б.</i>	133
<i>Приложение В.</i>	136
<i>Приложение Г.</i>	137

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Ключевым и наиболее общим показателем, оценивающим эффективность транспортного-логистической деятельности в РФ, является величина вклада транспортной отрасли в структуру внутреннего валового продукта (ВВП). На сегодняшний день, согласно официальным данным, значение этого показателя не превышает 5 % [1], в то время как передовые международные практики демонстрируют значение этого показателя 10...15 и более процентов. В экспертном сообществе, активно обсуждающем данную актуальную проблему, нередко данное неэффективное состояние на современном этапе развития транспортно-логистической деятельности объясняют значительным влиянием внешнего факторного пространства, определяемого колебаниями на глобальном экономическом и геополитических рынках. В качестве основных факторов риска, вызывающих проявление негативных эффектов, называют следующие: ужесточение санкционной политики (геополитические); рост глобального долга и страховых премий (экономические); отсутствие необходимых инфраструктурных мощностей (производственные) и т.д. [2]. Забывая, при этом, что эффективность любой системы, определяется не столько влиянием факторов внешней среды сколько способностью самоорганизации, гибкому реагированию на вызовы внешнего и внутреннего факторного пространства и способностью синтезировать новые сценарии развития в условия изменения информационного состояния функционирования. То есть корни существующей проблемы находятся внутри неэффективной системы, а не являются результатом внешнего воздействия.

Современная система транспортно-логистической деятельности в РФ сложилась в результате хаотичного развития рынка экономических взаимоотношений в конце прошлого века. Основным признаком, отражающим суть изменений при переходе от централизованного управления к децентрализованной системе управления транспортным производством, являлся перенос субъектности управления от государства к отдельным объектам системы – транспортным и транспортно-логистическим и экспедиторским компаниям.

Естественно, что разрозненные субъекты управления деятельностью не способны сформировать транспортно-логистическую систему, обеспечивающую единство механизмов самоорганизации и развития всей системы в целом. Одним из обязательных элементов единой системы является наличие научно-обоснованной и регламентированной структуры измерителей для оценки эффективности процессов, сопровождающих функционирование системы, в противном случае оценки носят разрозненный и субъективный характер. Важно отметить, что единой система измерителей результативности транспортного производства для различных видов транспорта в РФ не существует по следующим причинам. В СССР каждое отраслевое министерство (по видам транспорта) оперировало собственным отраслевым набором измерителей эффективности технологических процессов, а в рыночный период развития транспортной отрасли в РФ отсутствовала видимая потребность в данных инструментах. В результате в каждое транспортное или транспортно-экспедиторское предприятие выстраивает собственную логистику без учета интересов и оценки эффективности их действий для всей системы в целом.

Между тем, без единой структуры измерителей эффективности, объединяющей в себе не только экономические и технологические показатели, невозможно сформировать логистическую транспортную систему РФ, способную гибко реагировать на динамически изменяющиеся условия внешней среды, перераспределять грузопотоки с одного вида транспорта на другой, определять оптимальные маршруты движения отдельных партий груза и подвижного состава, оценивать эффективность транспортной инфраструктуры и прогнозировать сценарии её развития. Поэтому одной из основных проблем, сопровождающих деятельность транспортного производства в РФ, является отсутствие в настоящее время единой структуры измерителей транспортно-логистической деятельности и научно-обоснованных методов, позволяющих её сформировать. Особенно актуальным становится решение данной проблемы в условиях активного развития цифровых технологий и геоинформационных систем, позволяющих оперировать большими данными и управлять ими в «он-лайн» режиме.

Степень разработанности проблемы. Исследование методов управления, организации транспортных систем в контексте взаимодействия видов транспорта транспортно-логистических систем в контексте оптимизации грузопотоков на различных видах транспорта нашли отражения в трудах отечественных: Гаджинского А.М., Голикова Е.А., Гудкова В.А., Залмановой М.Е., Зырянова В.В., Колобова А.А., Корчагина В.А., Курганова В.М., Лукинского В.С., Миротина Л.Б., Некрасова А.Г., Неруша Ю.М., Омельченко И.Н., Плоткина Б.К., Резера СМ., Сергеева В.И., Шабанова А.В., Чеботаева А.А. и зарубежных ученых: И. Ансофф, Джонсон Дж. С., Э. Мате, Л. Дональд, Ф. Вуд, М. Кристофер, М. Дуглас, Д. Симчи-Леви, Д. Уотерс и др. В работах этих авторов уделяется большое внимание вопросам организации грузовых потоков в транспортно-логистических системах в межвидовом взаимодействии различных видов транспорта. Причем этими авторами неоднократно подчеркивается, что транспортно-логистические системы являются сложно управляемыми объектами в виду нестабильности факторного пространства, в которых они функционируют, то есть в условиях неопределенности. Между тем, тема единой структуры измерителей и методов определения эффективности функционирования транспортно-логистических систем, в данных условиях (условиях стохастической неопределенности исследуемых показателей) до конца не раскрыта. Этот тезис подтверждается отсутствием научно-обоснованных прикладных методов оптимизации транспортно-логистических систем, которые сегодня нашли бы свое применение на практике. В данных условиях логическим продолжением развития теории транспортных систем является разработка качественно новых методов, позволяющих проектировать системы, устойчивые к внешнему возмущающему воздействию (стабильные) и эффективные с учетом противоречивого целеполагания, то есть многокритериальных.

Целью диссертационной работы является разработка метода, как совокупности аналитических и прикладных инструментов, обеспечивающих единство измерителей эффективности в логистических транспортных системах, функционирующих в условиях неопределённости.

Для достижения цели в диссертации поставлены следующие **задачи**:

1. Проанализировать структуру измерителей эффективности различных видов транспорта, выявить причины их неоднородности и информационное состояние, определяющее их нестабильность;
2. Разработать метод, обеспечивающий единство измерителей эффективности функционирования логистических транспортных систем;
3. Разработать математическую модель оптимизации процессов грузодвижения в логистических транспортных системах, синтезирующую новое качество взаимодействия различных видов транспорта;
4. Разработать исследовательское программное обеспечение, позволяющее реализовать разработанный метод в цифровых технологиях управления логистическими транспортными системами;
5. Произвести вычислительный эксперимент с применением разработанного программного обеспечения и апробировать метод, обеспечивающий единство измерителей эффективности в логистических транспортных системах, функционирующих в условиях неопределённости.

Объектом исследования являются процессы грузодвижения в логистических транспортных системах, функционирующих в условиях неопределенности.

Предметом исследования являются методы управления сложными логистическим системами, основанные на теории принятия решений в условиях статической неопределенности факторного пространства.

Рабочая гипотеза. Любой измеритель результативности в логистической транспортной системе определяется двумя составляющим: численным показателем исследуемого процесса (транспортная составляющая) и значением его влияния на эффективность транспортного процесса (логистическая составляющая). Объективно повлиять на первую составляющую в текущем состоянии системы невозможно без её реструктуризации и (или) изменения входов в систему.

Вторая составляющая измерителя транспортного процесса определяется совокупностью влияния внешнего и внутреннего факторного пространства и

является величиной переменной в зависимости от условий применения, в том числе и от вида транспорта. Поэтому разрабатываемый метод, обеспечивающий единство измерителей эффективности в логистических транспортных системах, должен быть основан на управлении значением влияния факторного пространства на исследуемый процесс в целях повышения эффективности системы в целом.

Методологической основой для диссертационного исследования являются работы отечественных и зарубежных ученых по теории логистических транспортных систем, теории сложных организационно-технических систем, теории системного анализа, теории исследования операции, теории принятия решений, прикладные методы управления на транспорте, а также методы компьютерного моделирования.

Область исследования соответствует требованиям паспорта научной специальности 2.9.9. «Логистические транспортные системы»:

- Пункту 6. «Информационные системы управления элементами, подсистемами и транспортно-логистической системой в целом, включая цифровые и интеллектуальные технологии, телематику»;
- Пункту 9. «Организационно-технологические решения в области интеллектуализации и цифровизации транспортно-логистических процессов, идентификации и мониторинга объектов и процессов».

Научная новизна исследования заключается в разработке следующих оригинальных результатов:

1. Метод, обеспечивающий единство измерителей эффективности в логистических транспортных системах, функционирующих в условиях неопределённости
2. Математическая модель многокритериальной оптимизации грузопотоков в логистических транспортных системах, основанной на теории принятия решений в условиях неопределенности.
3. Алгоритм, позволяющий реструктуризировать текущее неэффективное состояние исследуемой логистической транспортной системы в эффективное,

соответствующе динамически изменяющимися условиями внешней среды.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке нового научно-обоснованного подхода к управлению состоянием эффективности логистических транспортных систем с учетом потенциальных возможностей всех видов транспорта, за счёт оптимального распределения их технологических особенностей в соответствии с условиями функционирования системы.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в возможности:

- внедрения в практику организации логистических транспортных систем любого уровня масштабирования (отдельное предприятие, региональная или национальная система) методического обеспечения, позволяющего оптимизировать их провозные возможности и производительность работы подвижного состава;

- интеграции в создаваемые в рамках национальных проектов информационно-аналитические платформы управления логистическими транспортными системами цифровых технологий, основанных на прикладном программном обеспечении, унифицирующем количественные и качественные измерители эффективности транспортного процесса на всех видах транспорта

Положения, выносимые на защиту:

1. Научно-методическое обоснование разработки метода, обеспечивающего единство измерителей эффективности в логистических транспортных системах, функционирующих в условиях неопределённости.

2. Концепция формирования логистических транспортных систем с унифицированными измерителями эффективности транспортного процесса на различных видах транспорта.

3. Математическая модель многокритериальной оптимизации грузопотоков в логистических транспортных системах, основанной на теории принятия решений в условиях неопределенности.

4. Алгоритмы и программное обеспечение, позволяющее реализовать

разработанный метод в цифровых технологиях управления логистическими транспортными системами.

5. Результаты вычислительного эксперимента (апробации) метода, обеспечивающий единство измерителей эффективности в логистических транспортных системах, функционирующих в условиях неопределённости.

Личный вклад автора. Все основные положения и разработки исследования, положенные в основу метода обеспечения единства измерителей эффективности в логистических транспортных системах и реализующих его неотъемных частей, аналитических и прикладных инструментов, принадлежат автору.

Степень достоверности Степень достоверности диссертационного исследования подтверждается:

1. Обширным анализом научных работ, статей и публикаций отечественных и зарубежных авторов по теме исследования;
2. Применением фундаментальных законом системного анализа при выработке основных направлений научного исследования и формировании структуры диссертации;
3. Научно-обоснованным (теорией информационного взаимодействия) применением математического аппарата: методов решения многокритериальных задач, векторной оптимизации и динамического программирования, соответствующего характеру исследуемых процессов;
4. Проведением масштабного вычислительного эксперимента с помощью разработанного исследовательского программного обеспечения на выборке исходных данных, соответствующих вероятностному распределению информационного состояния – стохастическая неопределённость;
5. Отсутствием противоречий с результатами ранее проведенных исследований другими учеными в рамках теории сложных организационно-технических систем и теории принятия решений в условиях неопределенности.

Апробация результатов. Основные положения и результаты исследования докладывались:

- на конференциях:

1. Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2022)

2. Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2021)

3. X Международная научно-практическая конференция «Информационные технологии и инновации на транспорте»

4. XII Международная научно-практическая конференция «Транспорт. Экономика. Социальная сфера. (Актуальные проблемы и их решения)»

- на заседаниях кафедры:

Кафедра управления транспортными комплексами Института отраслевого менеджмента ФГБОУ ВО ГУУ.

Реализация результатов работы. Значимость результатов диссертационного исследования определяется следующим:

Прикладные результаты диссертационной работы были апробированы и приняты к использованию в Научно-исследовательском институте автомобильного транспорта (НИИАТ), что подтверждено соответствующим актом внедрения.

Прикладные результаты диссертационного исследования применяются в практической деятельности транспортно-логистической компании ООО «Меларин», г.Санкт-Петербург, что подтверждено соответствующим актом внедрения.

Материалы диссертационного исследования внедрены учебный процесс ФГБОУ ВО ГУУ, и используются при подготовке специалистов, магистрантов и аспирантов по направлениям подготовки «Логистика и управление цепями поставок», «Управление транспортными системами», «Транспорт и логистика».

Публикации и патенты. Основные положения и результаты диссертационного исследования были опубликованы в 8 печатных работах, в том числе в 4 научных статьях в журналах, рецензируемых ВАК РФ по научной

специальности 2.9.9 «Логистические транспортные системы», получено 1 свидетельство государственной регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация содержит: введение, 4-е главы, заключение, список литературы из 105 наименований источников и 4 приложения с материалами, отражающими уровень практического использования результатов исследования. Работа изложена на 150 страницах основного машинописного текста.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В РФ

1.1 Анализ условий функционирования логистических транспортных систем в РФ

Современная система транспортно-логистической деятельности в РФ сложилась в результате неупорядоченного и достаточно хаотичного возникновения и развития рыночных экономических взаимоотношений в конце прошлого века. Основным признаком, отражающим суть изменений, произошедших и влияющих на состояние эффективности транспортного комплекса при переходе от централизованного управления к децентрализованной системе управления транспортным производством в начале 90-х годов прошлого века, являлся логичный перенос субъектности управления от государственных органов управления к отдельным объектам системы – транспортным, транспортно-логистическим и экспедиторским компаниям. Фактически, происходила реструктуризации системы производственных и экономических взаимоотношений внутри транспортной отрасли РФ. Условно, весь период (с начала 90-х годов и по настоящее время) становления новой структуры транспортного производства в РФ можно разделить на три основных этапа:

Первый этап – становления системы в условиях децентрализации системы управления. Он характеризуется неструктурированным переходом системы к новой структуре взаимосвязей, определяемых несбалансированным состоянием спроса и предложения на рынке транспортных услуг. На рисунке 1.1 хорошо виден скачкообразный процесс изменения результативных показателей перевозок на основных видах транспорта (железнодорожном и автомобильном) в период с 1990 по 2000 гг. Данное состояние является абсолютно неустойчивым, но неустойчивость системы в этих условиях всегда компенсируется достаточно большим потенциалом развития. Это хорошо прослеживается на диаграмме (рисунок 1.1) в периоде с 1980 по 1995 гг.

Потенциал производственных и потребительских ресурсов системы, имеющийся к моментам её реструктуризации приводит к тому, что происходит рост отраслевой производительности в начальный период становления новой структуры. При этом транспортные предприятия с коммерческой формой собственности взяли на себя функции снятия неопределенности, вызванной отсутствием стохастических закономерностей, практически во-всех показателях транспортной деятельности. Раннее данная функция выполнялась государственными структурами СССР, централизованно планирующими транспортное производство. В этот период времени в РФ активно развивается логистическая деятельность. Можно сказать, что данный период в истории развития транспортного производства РФ характеризуется зарождением логистической деятельности в сфере транспорта и межвидовых логистических транспортных систем.

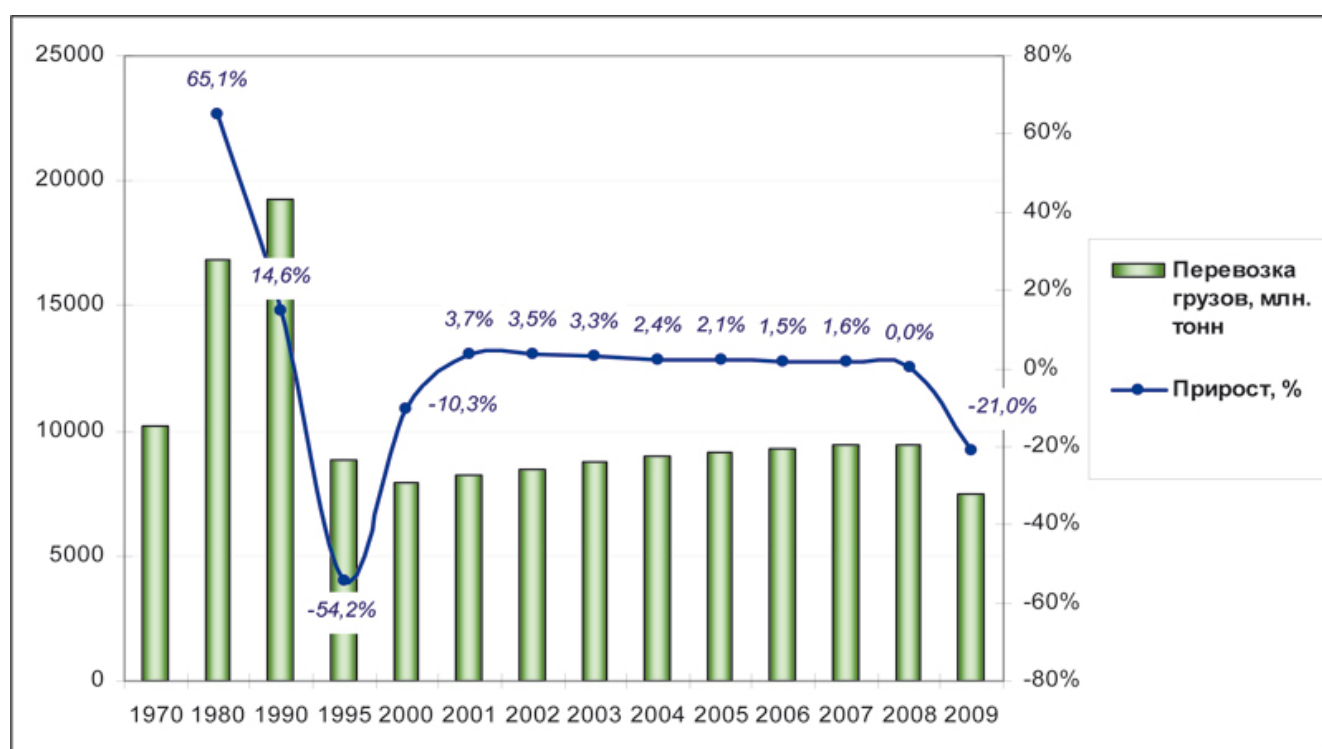


Рисунок 1.1 – Объем перевозок грузов в РФ на железнодорожном и автомобильном транспорте в период с 1970 по 2009 гг. Источник: [3]

Второй этап – этап стабилизации или объективно устойчивого состояния системы транспортного производства в РФ, согласно данным РОССТАТа [4, 5]:

- ✓ Во-первых, в результате действия рыночных механизмов показатели спроса и предложения перешли в относительно сбалансированное состояние, а потребности экономики в целом стали удовлетворяться имеющимися имеющимися ресурсами транспортной отрасли;
- ✓ Во-вторых в конце 1990-х и начало 2000-х годов государство предпринимает ряд действий, направленных на нормативное нормативно-правовое регулирование транспортной деятельности, направленное на повышение эффективности транспортной деятельности [6,7,8].

В частности, были выработаны основные концептуальные положения Государственной транспортной политики Российской Федерации, направленные на упорядочивание системы делопроизводства, нормативно-правой базы системы, системы налогообложения транспортных предприятий, то есть системы государственного регулирования транспортного производства в целом. Что перевело неустойчивое состояние транспортной системы в устойчивое по показателем результативности. На рисунках 1.2 и 1.3 представлены структура перевозок грузов по видам транспорта по Российской Федерации и объемы перевозок по видам транспорта по Российской Федерации, млн. т., соответственно. В период с 2000 г и фактически по настоящее время:

1) Распределение объёмов перевозок между различными видами транспорта осталось практически неизменным, что говорит об сложившейся транспортной инфраструктуре как в разрезе количественных показателей, так и с точки зрения регионального распределения производственных мощностей.

2) Объемы перевозок на протяжении 20-ти лет практически не изменяются. что свидетельствует о сбалансированности потребностей экономики и мощности (способности совершать работу) транспортного производства в РФ.

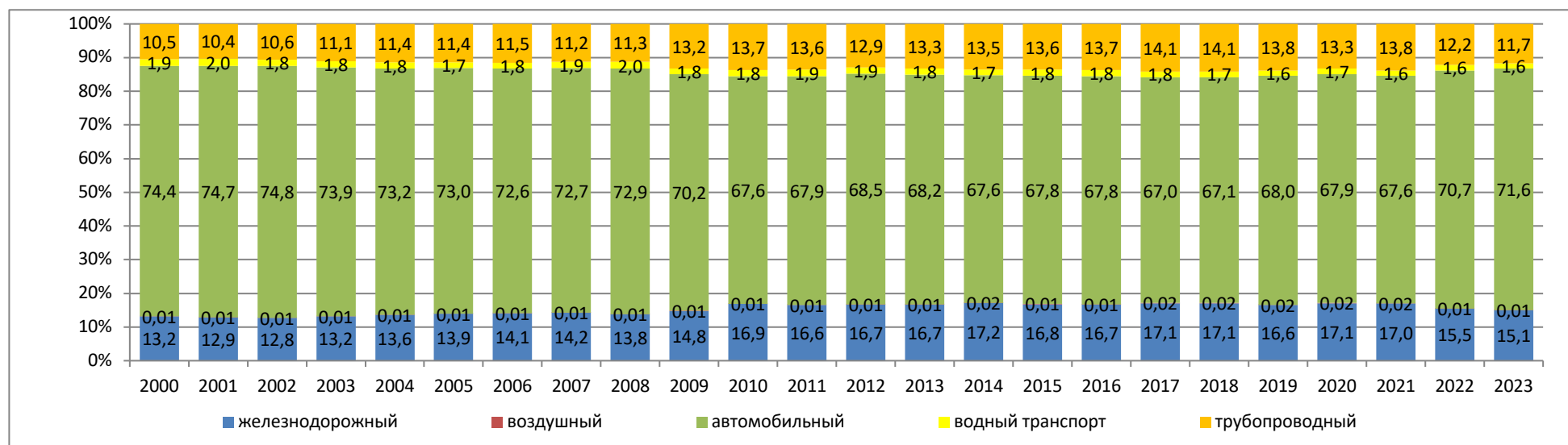


Рисунок 1.2. Структура перевозок грузов по видам транспорта по Российской Федерации, %. Источник: данные Росстат [4]



Рисунок 1.3 - Объемы перевозок по видам транспорта по Российской Федерации, млн. т. Источник: данные Росстат [5]

С одной стороны, подобная стабильность показателей транспортно-логистической отрасли носит положительный характер и приводит к стабилизации рынка транспортных услуг, накоплению статистических данных объективного характера, формированию научных и методологических основ для углубленного исследования логистических транспортных систем, позволяющих прогнозировать дальнейшее поступательное развитие системы в целом. Но, с другой стороны, если взглянуть на динамику влияния финансовых ресурсов как со стороны государства, так и внебюджетных источников на транспортную отрасль в период с 2010 по 2020 годы (рисунок 1.4), можно дать совершенно противоположную оценку эффективности функционирования системы, как отношения результатов за некий период к затратам за этот же период времени [9].



Рисунок 1.5 – Показатели финансирования транспортного комплекса в РФ за период с 2010 по 2022-й годы. Источник: [9]

С учетом данных, приведенных на рисунке 1.5 можно сделать вывод о том, что транспортная отрасль в РФ целом и её логистическая составляющая, как

неотъемлемая часть не развиваются, а стабильные процессы, характеризующие её деятельность, трансформировались в стагнирующие процессы.

Если оценивать затратную составляющую на реализацию транспортно-логистической деятельности в РФ в сравнении с показателями затрат на аналогичной сфере за рубежом, то мы увидим, что затраты из ВВП в конце второго периода на выполнение логистических операций в РФ составляют около 20 %, а за рубежом всего – 11, 4 % [10,11]. Авторы [10,11] справедливо отмечают по этому показателю эффективности транспортно-логистических услуг Россия значительно уступает свои позиции США, Китаю и практически всем странам ЕС и, что к концу 20-х годов в транспортной отрасли РФ накопились многочисленные проблемы.

Еще один негативный эффект, характеризующий второй этап развития логистических транспортных систем в РФ проявляется, если мы сравним показатели характеризующие деятельность транспортной отрасли в комплексной оценке с показателями роста экономики РФ. За исследуемый период показатель роста внутреннего валового продукта (ВВП) увеличился на порядок (в 20 раз) с 8 трлн. 943,6 млрд. рублей до 171 трлн. 041,0 млрд. рублей [12], а вклад транспортного комплекса в ВВП РФ остался на уровне 90-х годов прошлого века и составляет в различные периоды с небольшими колебаниями 7 до 10 % от общего размера ВВП [13]. Это означает, что качественно показатели эффективности развития транспортного комплекса РФ не соответствуют темпам развития экономики РФ, а количественно не в состоянии удовлетворить растущие объёмы производства и потребления продукции соответствующим объемом транспортной работы. Поэтому неслучайно в конце второго периода государство предпринимает попытки реанимировать транспортный комплекс страны и повысить эффективность. Правительством РФ формируется целый ряд документов, в которых подчёркивается, что транспортная отрасль страны находится далеко не в лучшем состоянии и не способна удовлетворять растущие потребности экономики в РФ и дальнейшее её состояние стагнации является угрозой национальной безопасности [14,15,16,17,18,19]. С этого момента начинается третий этап развития транспортной отрасли в РФ.

Третий этап – этап активных преобразований транспортного производства в РФ является закономерным результатом осознания необходимости решать накопившиеся проблемы. Случайно или неслучайно, но начало третьего этапа по времени совпало не только с динамикой ряда факторов, характеризующих внутреннее состояние системы транспортно-логистического производства в РФ, но и со значительными возмущениями факторного пространства внешней среды. Начало 20-х годов 21-го века характеризуются глобальными и реструктуризирующими изменениями в мировой геополитике и экономике. Наступает период, который характеризуется понятиями: неоднозначный, сложный, нестабильный и неопределенный [20,21,22], и объединяют их в одном термине VUCA (Volatile-Uncertain-Complex-Ambiguous). В этих условиях можно применять два подхода для упорядочивания системы. Сравним два подхода к решению проблемы, оттеняя при этом процедурную (алгоритмическую) сторону потенциально сложного процесса технического проектирования [23, 24, 25,26,27]. Для наглядности приведем перечни описания этапов решения задачи проектирования в условиях применения соответственно:

1. Первое направление – описание исходных условий – поиск аналога – заимствование решения – описание решения.
2. Второе направление – описание условий задачи – анализ (декомпозиция) задачи – последовательный поиск аналогов для каждой из выделенных частей – заимствование соответствующих каждому из выделенных частей аналогов частных решений – синтез (композиция) решения из выбранных частных решений общего решения всей задачи – описание всего решения.

Уже одно сопоставление лишь перечня названий процедур алгоритма свидетельствует о потенциальной сложности второго подхода. Это обстоятельство является следствием сложности самой задачи проектирования, необходимости обеспечения требований к качеству (эффективности, оптимальности) решений, коих можно добиться только при учете всего набора определяющих их факторов и глубоком знании при этом всего «механизма» их воздействий.

Этим обстоятельством обуславливается обоснованность, корректность как самой возможности существования, так и необходимость, актуальность развития второй концепции подхода, реализация которой предопределяет соответствующий уровень познания как объекта, так и процесса решения задачи проектирования. В данном случае при разработке концепции необходимо отразить не только общность и различие в подходах, особенно в процедурной их части, но и показать существенную, в большинстве случаев, универсальную особенность процесса принятия решений стоящих проблем, связанную с необходимостью оценки их с учетом многокритериальности (время, стоимость, технические показатели качества, надежность и т.д.), необходимости принятия с учетом этого компромиссного решения.

Сказанное дает основание утверждать корректность и необходимость развития обоих из рассмотренных выше концепций подхода, поиска области их рационального использования. Более того, с учетом особенностей системного подхода, используемого при построении и развитии базы знаний, проявляющихся в относительности всех используемых понятий, включая «элемент» и «структура», представляется потенциально возможным и целесообразным развивать и концепцию «промежуточного» подхода, позволяющего нивелировать недостатки первых двух и рассматриваемого как «компромиссный».

Что это значит? Чтобы исчерпывающе ответить на поставленный вопрос с учетом высказанного выше предложения проанализируем еще раз сущность проблемы и рассмотренные уже направления подхода к ее решению.

В итоге можно констатировать, что в основе любой из представленных концепций лежит формирование и упорядочение знаний как в содержательной, так и процедурной сторонах проблемы. Подчеркнем, что в любом направлении реализации принципа используется один и тот же математический аппарат для моделирования процессов поиска и выбора решений и представлен он методами распознавания образов (аналогов) и заимствования соответствующих решений в случае установления корректности доказываемых теорем.

Так, при любом подходе реализуется эвристический прием проектирования. В этом проявляется общность, продиктованная единством принципа, заложенного в основу концепции подхода к решению проблемы. Различие при этом проявляется в содержании используемых понятий «аналог», «исходные посылки» и, рассматриваемых задач и принимаемых на их основе решений.

Второй аспект различий затрагивает процедурную сторону декомпозиции проблемы и композиции ее решения. Развивая концепцию второго направления, мы заведомо исходим из граничных условий разбиения проблемы на составляющие «простейшие» элементы («отдельные кирпичи») без выделения промежуточных структурных образований. Одним этим, по причине сложности самой проблемы, уже предопределяются и громоздкость ее решения и сложности с упорядочением для последующего использования «опыта», реализующего принцип преемственности.

Многоуровневая структура системы во многом предопределяет возможность соответствующего структурирования и самого процесса проектирования. А это значит, памятуя, что проектирование – процесс принятия решений, устраняющих неопределенность знаний об объекте проектирования, что упомянутая неопределенность будет устраняться постепенно, возможно и спиралеобразно, при этом на каждом шаге итерационного по своей сути процесса проектирования потенциально будет меньше неопределенность области поиска решений, а, следовательно, и короче путь поиска и выбора решения, композиции из частных общего решения проблемы. Больше того, становится возможным расширить содержание относительного по своему смыслу понятия «аналог», сделать его, при необходимости и возможности, более емким. Соответственно и понятие «решение» приобретает относительное содержание. Так, в одном случае, это одно решение и тогда процесс представлен поиском однозначного соответствия между ситуацией (аналогом) и решением.

В другой задаче, возможно, речь будет идти о некотором множестве решений, образующих пространство поиска и выбора одного из них.

В силу структурирования самого процесса проектирования этот выбор может осуществляться на специально выделенном этапе с учетом принятых критериев оценки эффективности, целесообразности, оптимальности по соответствующему алгоритму. Из сказанного вытекает, что при построении на эвристическом принципе упорядоченной базы знаний (УБЗ) объектами познания и упорядочения должны быть не только исходные ситуации (СИТ) и соответствующие им решения (Р), но и сами процедуры формирования процедуры принятия решений (ППР), поиска и выбора из него эффективного, т.е. все элементы процесса проектирования, этой сложнейшей системы в информационной сфере деятельности человека. Такова идеология и перспективные задачи развития знаний в технической их области. Резюмируя сказанное, констатируем, что реализацию принципа преемственности концептуально можно обеспечить процессом, гипотетически способным развиваться в условно трех направлениях его конкретизации при общности сущностной стороны каждой из ветвей процесса.

Так, два крайних направления развития предполагают соответственно:

- ✓ первое левое крайнее - укрупненный, обобщенный подход к описанию условий задачи (сущности проблемы), понятия «аналог» и использование простейших процедур выбора (путем перебора) и заимствования решений с соответствующим его описанием;
- ✓ наоборот, правое крайнее - декомпозицию задачи на составляющие, поиск аналога каждой из частных подзадач, заимствование, в случае отыскания синтеза общего решения из частных с последующим его описанием
- ✓ и, промежуточное, предполагает «разумное» сочетание приемов первых двух с соответствующей коррекцией как содержания используемых при этом понятий, так и процедур процесса.

Это значит, что процесс декомпозиции представляется многоуровневым, а тогда для решения одних из выделенных задач по целесообразности реализуется идея первого направления, т.е. используется только поиск аналога и заимствование его в качестве решения задачи, тогда как для других, что диктуется особенностями задачи и требованиями к качеству принимаемого решения.

Подводя итог описания реализации принципа преемственности, еще раз выделим для сопоставления главное: первое_направление призвано обеспечить использование «прошлого» путем заимствования уже готовых решений, тогда как второе – предполагает создание из «типовых кирпичей» по типовой технологии алгоритмами анализа, синтеза, заимствования уникального, в определенном смысле, учитывающего индивидуальные, в принятых пределах, условия задачи проектирования. В этом его несомненное достоинство, но и сложность, трудоемкость получения. Отсюда, рациональность появления третьего, промежуточного направления, нивелирующего достоинства и недостатки двух крайних.

Обобщая сказанное, подчеркнем, что реализация принципа преемственности в любом случае сопряжена с созданием информационных поисковых систем соответствующего направления, назначения и содержания, что, в свою очередь, формулирует задачи описания используемой информации, формирования ППР и разработки алгоритмов функционирования системы.

В плане научного обеспечения процесса дальнейшего процесса проектирования концепции выявляется необходимость постановки двух вопросов:

1. Как корректно структурировать общую задачу проектирования систему оценки состояния объектов?
2. Как корректно описать содержание относительного для каждого из возможных направлений и этапов проектирования системы оценки состояния объектов?

Сразу подчеркнем, что упомянутое структурирование проблемы весьма относительно, и, при общности подхода в концепции решения «конкретика» реализации целиком определяется существом рассматриваемой проблемы. Вот почему отличительной чертой технической базы знаний служит наличие в ней проблемно-ориентированных областей. Конечно, и здесь структурирование весьма условно, относительно по времени и уровню развития знаний вообще и в конкретной области, в частности.

Поэтому накопление и систематизация знаний – обязательные составляющие научно-технического прогресса. Больше того, любое упорядочение не должно быть костным и по мере развития знаний или изменений потребностей претерпевать соответствующую корректировку. Поэтому диалектический процесс познания и развития базы знаний представляется «постоянным процессом» и важно во время «выявлять моменты» необходимости дальнейшего развития, чтобы догматизм не был препятствием для прогресса. Но следует всегда помнить, что относительно быстро устаревают конкретные знания и более стабильной может и должна быть методология их формирования, познания и описания. Ее изменение, как правило, носит революционный характер и должно иметь глубокую мотивацию и комплексную оценку рациональности такого шага в развитии. Таким образом, подробный анализ концепций реализации принципа преемственности высветил роль процесса систематизации знаний и раскрыл, тем самым, причины введения принципа унификации (разновидности процесса систематизации) в состав основополагающих при построении и развитии базы знаний.

Важным итогом проведенного предварительного анализа следует считать выявление относительности всех используемых при этом понятий, потенциальной возможности нескольких направлений в процессе реализации принципа преемственности, необходимости обстоятельного анализа рациональности выбора одного из них при рассмотрении каждой конкретной проблемы. Все это составляет предмет научного обеспечения систем оценки состояния технических объектов, почему важно осознание и освоение всех составляющих методологии решения проблемы. Другими словами, речь идет о формировании унифицированного пространства ПР (УППР), разработки и унификации алгоритмов поиска в нем аналога условиям информационного пространства (СИТ) задачи проектирования систем оценки состояния технических объектов. В зависимости от направления меняется процедурная составляющая алгоритмов и, соответственно, получаемый результат. Таким образом, подчеркнем, что унификации подвергаются все составляющие процесса принятия решений.

1.2 Анализ перспектив цифровой трансформации логистических транспортных систем в РФ

Анализ условий, в которых в настоящее время оказались предприятия транспортно-логистического сектора страны, неизбежно приводит к одному основополагающему тезису: эффективность логистической транспортной системы, в условиях значительного влияния факторов внешней среды определяется способностью к самоорганизации, гибкому реагированию на вызовы внешнего и внутреннего факторного пространства и способностью синтезировать новые сценарии развития и, что разрозненные субъекты управления деятельностью не способны сформировать объективные механизмы, обеспечивающие единство принципов развития всей системы в целом.

Отсюда уже вытекают, как следствие: и осознание необходимости государственного протекционизма логистического производства в РФ, и осознание необходимости создания структур и инструментов проактивного управления в динамически изменяющихся условиях функционирования, а также понимание необозримости установления приоритета экосистемных подходов над традиционной парадигмой коммерческих моделей управления. Последний пункт, особенно важен в контексте понимания принципа устойчивого развития системы, который подразумевает подчинённость показателей ценообразования на доставку грузов показателями стабильного состояния системы, то есть подчиненность выходных (финансовых) характеристик состояния входам в систему – вероятностным характеристикам состояния исследуемой структуры.

Кстати, за рубежом в США и странах ЕС давно уже пришли к выводу о необходимости реализации в условиях глобализации транспортно-логистических рынков принципа приоритета устойчивого состояния развития крупных межрегиональной и межгосударственных транспортных систем над показателями прибыли от перевозок.

В США этот принцип был заложен при создании концепции интеллектуальных транспортных систем, где было однозначно прописано, что

«логистика отдельных предприятий должна уступить место логистике системы в целом» [29]. В странах ЕС, действует международная контейнерная транспортная система (МКТС ЕС), регламентирующие документы которой [«Манифест кластеризации в странах ЕС» (2006 г.) и «Европейский кластерный Меморандум» (2008 г.)] декларируют целостность централизованного управления и единство принципов ценообразования (рисунок 1.6) [30, 31].



Рисунок 1.6 – Кластерная контейнерная транспортно-логистическая система ЕС.

Источники: [30, 31]

На рисунке 1.6 различными цветами выделены отдельные кластеры и контейнерной транспортно-логистической системы ЕС, связывающие различные

регионы и направления грузодвижения и находящиеся в введении различных коммерческих и региональных организаций. Тем не менее, вся эта, достаточно развитая система с большим количеством терминалов перераспределения транспортных потоков, управляется единой логистической платформой. Таким образом осуществляется и единство принципов управления, и абсолютная прозрачность рынка транспортных услуг, и обеспечение принципа устойчивости и сбалансированности логистической транспортной системы.

Если взглянуть на схему на рисунке 1.6, нетрудно предположить, что подобная стабильная и устойчивая структура, основанная на единых правилах организации и единства измерителей логистическая-транспортная система, создает хорошие предпосылки для создания информационно-аналитических платформ обработки данных. Информационно-аналитические платформы активно используются ЕС в виде цифровых сервисов. В данном случае цифровой сервис представляет собой отдельный вид бизнес-услуги, специализированной на обработке однородной (например, маршрутной) операции, позволяющий формировать оптимальные маршруты в единой транспортной сети. Причем при построении каждого отдельного маршрута учитываются системные данные по всей совокупности обрабатываемой в определенном периоде времени информации. Для нахождения эффективного решения используются различные специализированные алгоритмы, приведенные в [32,33,34,35,36,37 и др.]. В этих зарубежных источниках аналитические алгоритмы именуются – маршрутизаторами, а программное обеспечение их реализующие – протоколами маршрутизации. В отечественных научных исследованиях термин маршрутизатор практически не встречается, но в дальнейшем под этим термином будем понимать математический алгоритм, на котором построено специализированное ПО.

- это может быть многоуровневый граф последующим наложением решения между уровнями. На рисунке 1.7 отражен принцип совмещения вершин на нижнем (оранжевом) и верхнем (зеленом) уровнях,

- это может быть граф наложения, построенный на разделенных (сепарируемых) блоках возможных решений и соединенный граничными вершинами (рисунок 1.8),

но все маршрутизаторы объединяет одна общность – они построены на аналитических моделях принятия решений, позволяющих полностью автоматизировать процесс принятия решений.

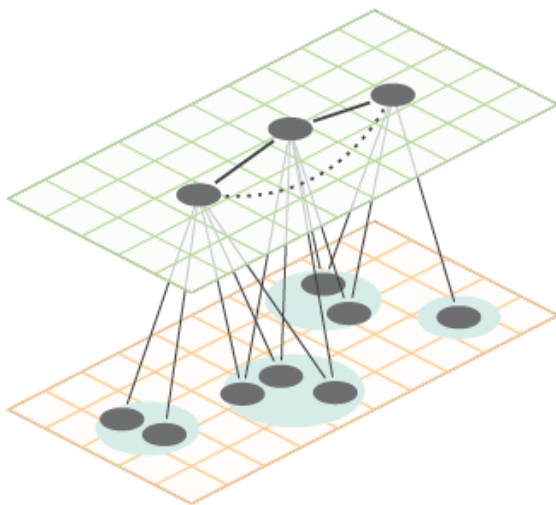


Рисунок 1.7 – Многоуровневый граф с наложением вершин сепараторов между двумя уровнями в исследуемой структуре

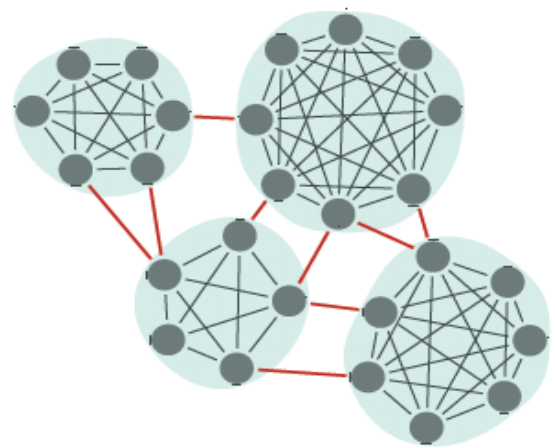


Рисунок 1.8 - Граф, построенный на разделенных (сепарируемых) блоках возможных решений и соединенный граничными вершинами

В настоящее время широко применяются следующие алгоритмы (маршрутизаторы):

- иерархический мульти метод (HiTi);
- алгоритм планирования маршрута (CRP);
- алгоритм разбиения графа с учетом дорожных сетей PUNCH;
- алгоритм иерархии сокращений (CH)
- алгоритм, осуществляющий предварительное вычисление всех пар возможных кратчайших путей (PHAST)
- алгоритм, реализующий многоуровневое наложение (*SHARC*)
- двунаправленные алгоритмы (ALT), (HL) и др. [38,39,40,41,42,43,44 и др.]

Все перечисленные маршрутизаторы основываются либо на моделях линейного программирования, либо на моделях динамического программирования с одним критерием эффективности «время» или «расстояние», некоторые из них предполагают возможность решения задачи по двум или нескольким критериям эффективности (двунаправленные алгоритмы) с поиском Парето-эффективного решения. Но при применении в современных информационно-аналитических платформах выяснился еще один немаловажный критерий работы протоколов маршрутизации – это скорость, с которой производится обработка данных в конкретной логической транспортной системе. Быстродействие протокола маршрутизации зависит от двух основных факторов – это сложность системы и соответственно необходимый объем вычислений, и производительность вычислительных мощностей, используемых в том или ином цифровом сервисе. От этих двух основных факторов зависит время принятия решения, которое сегодня уже выступает в качестве критерия для выбора системы обработки данных (рисунок 1.9).

Для того, чтобы определить какой из разработанных на сегодняшний день многочисленных маршрутизаторов является наилучшим по критерию время обработки данных по отдельным запросам была разработана специальная система оценивания [45, 46]. Заметим, что некоторые алгоритмы, основанные на одном из подходов, рассмотренных выше могут отвечать на запросы за миллисекунды или менее, а методы на основе Сепараторов (CRP), иерархические (CH), и целе-ориентированные (двунаправленные) методы не используют большего количества вычислительных ресурсов чем базовый алгоритм, основанный на методе определения кратчайший расстояний Дейкстры [47], но выполняют задачи на три-четыре порядка быстрее.

На рисунке 1.9 представлена графики зависимости производительности различных маршрутизаторов (миллисек) от ранга сложности транспортной системы (ранг Дейкстры). Ранг Дейкстры является порядком, определяющим количество пар вершин в пространстве возможных решений, то есть оценивает сложность и разветвленность исследуемой системы.

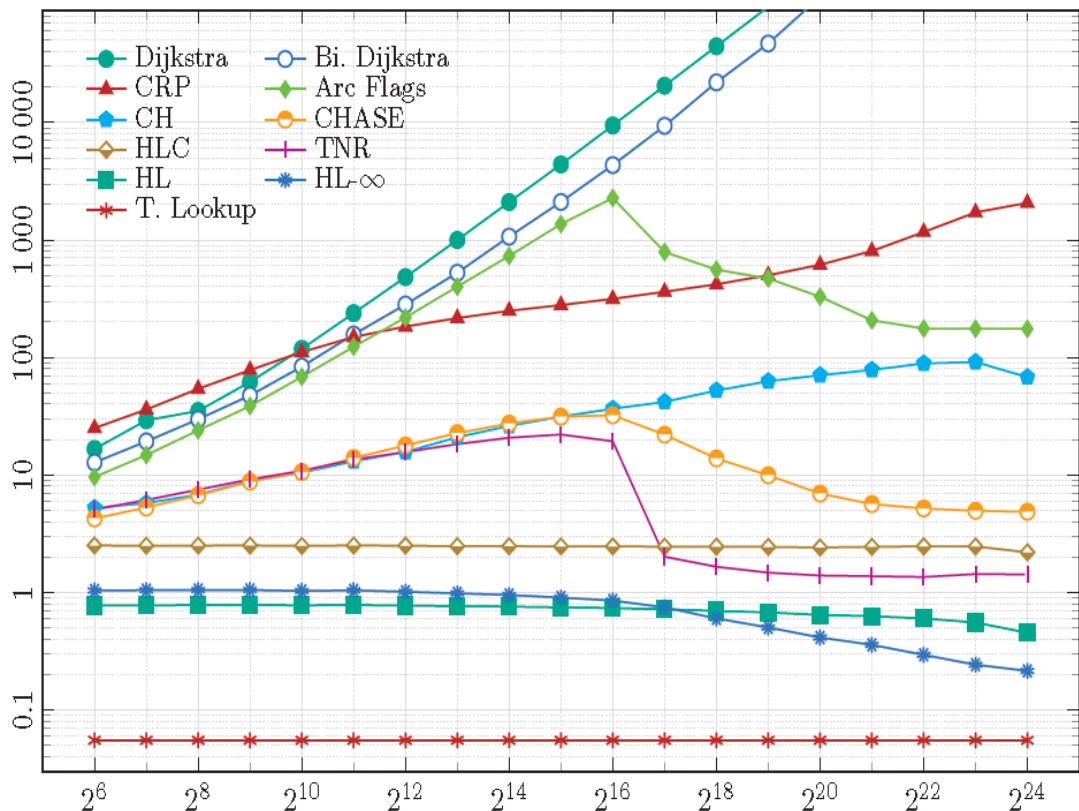


Рисунок 1.9 – Графики зависимости производительности различных маршрутизаторов от ранга сложности транспортной системы (ранг Дейкстры).

Источник: [45, 46]

Можно констатировать, что цифровая трансформация (выстраивание логистических транспортных систем на новых принципах, основанных на цифровых вычислительных сервисах) практически завершена и речь идет уже не создании новой системы, а о совершенствовании и реструктуризации существующей.

Следует заметить, что все рассмотренных выше алгоритмы не разделяют виды транспорта, то есть ориентированы на отдельный объект перемещения в логистической транспортной сети. Как правило формируются отдельные цифровые сервисы, привязанные к отдельным видам транспорта, что существенно сокращает их возможности при организации мультимодальных или интермодальных перевозок.

В последнее время в странах ЕС определилась тенденция активной переориентации транспортных потоков на железнодорожные перевозки.

Эта тенденция в первую очередь связана с запросами по повышению экологической безопасности, сокращения вредных выбросов продуктов сгорания нефтяных топлив в атмосферу и т.д. Поэтому не исключено, что в скором времени получат активное развитие цифровые сервисы организации перевозок в мультимодальном сообщении, сочетающие различные виды транспорта, в первую очередь это сочетание железнодорожных и автомобильных перевозок. Такие цифровые платформы, основанные на геоинформационных ресурсах, уже активно используются в организации пассажирских перевозок «Мониторинг как услуга»: MaaS (Monitoring as a Service) [48,49].

Помимо мониторинговой составляющей, определения местонахождения объекта в логистической транспортной сети активно развиваются и другие виды цифровых бизнесов:

- Communication as a Service;
- Platform as a Service
- Infrastructure as a Service;
- Software as a Service;

Видимо, в ближайшей перспективе международными логистическими структурами будут разработаны информационно-аналитические платформы, которые будут объединять в себе перечисленные выше виды цифровых сервисов: «информация как услуга», «инфраструктура как услуга», «коммуникация как услуга», «программное обеспечение как услуга» и т.д. формируя тем самым новые синергетические условия для развития логистических транспортных систем. Важной особенностью цифровых систем данных, представленных в виде бизнес-услуги, является их универсальность, то есть возможность применения для интеграции в логистическую систему их взаимодействия. Особенно это актуально для транспортных систем с обширной аналитической базой данных.

Необходимость создания расширенных до интеграции различных видов транспорта информационно-аналитических платформ очевидна, но возникают трудности, определяемые целым рядом особенностей развития транспортных систем в РФ:

Во-первых: несмотря на достаточно многочисленные разговоры и рассуждения об активной цифровизации транспортной отрасли у нас до сих пор не выполняется (не реализуется) основной постулат, который является концептуальной основой развития цифровых логистических транспортных систем – «логистика одного предприятия не является приоритетом при организации в логистике транспортной системы более высокого уровня». Во всех крупных транспортно-логистических компаниях существуют собственные отделы логистики, которые работают на принципе формирования собственной устойчивой структуры клиентской базы, что, естественно стабилизирует деятельность отдельной компании и не разделяет интересы всей системы в целом. При этом предприятия, как правило транспортные предприятия, ориентированы на отдельные виды транспорта, подвижной состав которых имеется в их распоряжении, либо, как правило это экспедиторские компании, привязанные к отдельным стабильным мультимодальным маршрутам провозки, определяемым географическим расположением грузоотправителей и грузополучателей. Данный подход не позволяет в динамически изменяющихся условиях внешней среды оперативно среагировать и приводит как к убыткам отдельной компании, так и не эффективной деятельности всей системы в целом.

Во-вторых: это активный протекционизм государства над транспортным комплексом в последние десятилетия и вполне обоснованный отсутствием значимого прогресса в показателях эффективности, несмотря на значительные финансовые влияния в отрасли. При этом государство, декларирует свои стратегические приоритеты, согласно которым должно идти развитие логистической транспортной системы в РФ. В ряде документов: «Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года» и «Стратегические направления в области цифровизации транспортной отрасли Российской Федерации до 2030 г.» определяется сложная многоцелевая, многокритериальная и многоуровневая структура «дерева решения» достижения показателей стратегических приоритетов [50].

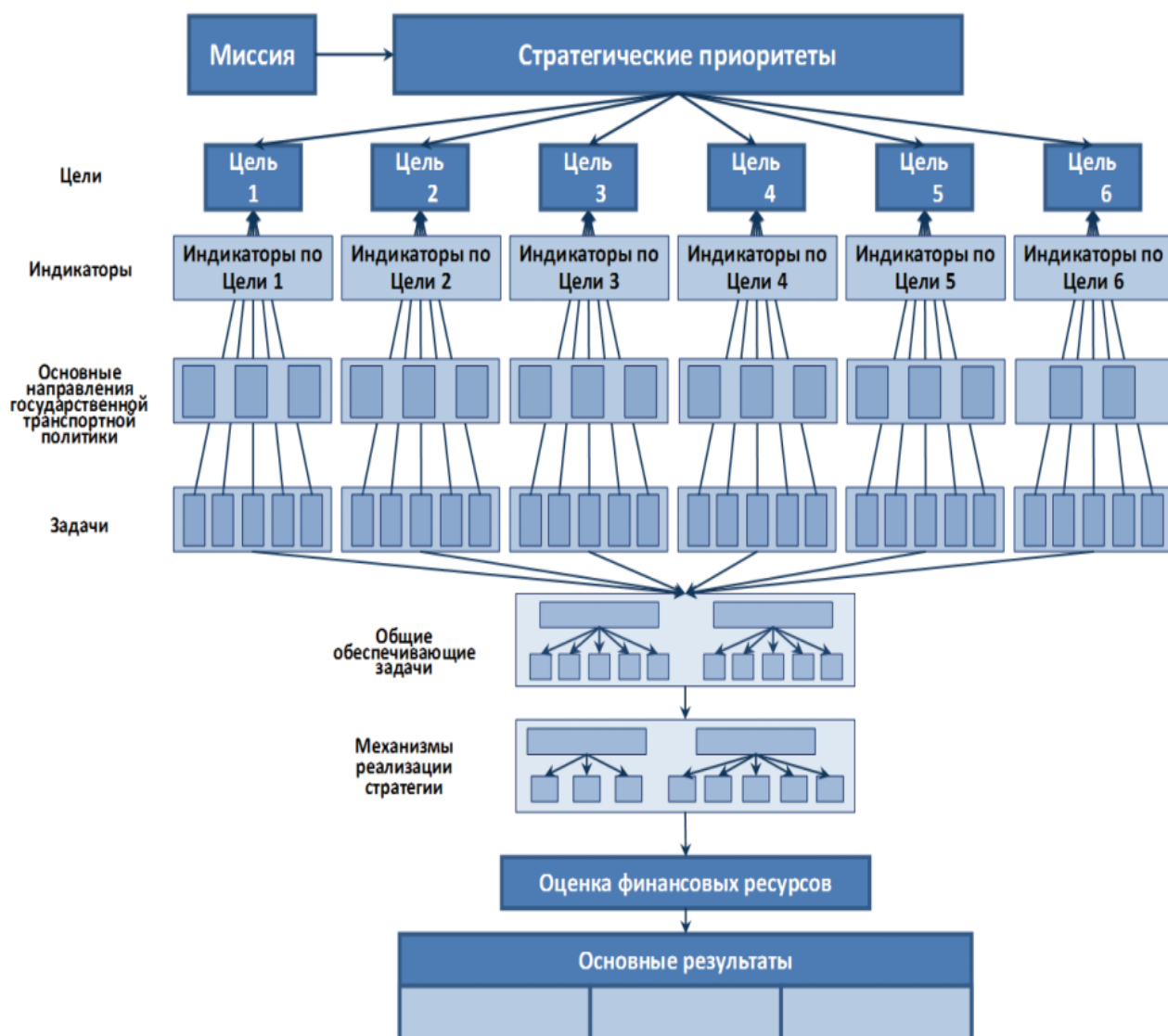


Рисунок 1.10 - Сложная многоцелевая, многокритериальная и многоуровневая структура «дерева решения» достижения показателей стратегических приоритетов государственной транспортной политики в РФ. Источник: [40]

Таким образом, структура действий, направленных на повышение эффективности производства в логистических транспортных системах, должна координироваться централизованно, что в свою очередь, обязывает согласованно оперировать действиями в системе, а это возможно реализовать только опираясь на единую базу измерителей эффективности производства на различных видах транспорта. Отсюда третье обстоятельство.

В-третьих: Одним из обязательных элементов единой цифровой логистической транспортной системы является наличие научно-обоснованной и

регламентированной структуры измерителей для оценки эффективности процессов, сопровождающих функционирование системы, в противном случае оценки носят разрозненный и субъективный характер. В настоящее время, единой системы измерителей результативности транспортного производства для различных видов транспорта в РФ не существует по следующим причинам. В СССР каждое отраслевое министерство (по видам транспорта) оперировало собственным отраслевым набором измерителей эффективности технологических процессов, а в рыночный период развития транспортной отрасли в РФ, отсутствовала видимая потребность в данных инструментах. В результате каждое транспортное или транспортно-экспедиторское предприятие выстраивает собственную логистику без учета интересов и оценки эффективности их действий для всей системы в целом. Между тем без единой структуры измерителей эффективности, на основе которой нужно выстраивать информационные базы данных, объединяющей в себе не только экономические и технологические показатели, невозможно сформировать логистическую транспортную систему РФ, способную гибко реагировать на динамически изменяющиеся условия внешней среды, перераспределять грузопотоки с одного вида транспорта на другой, определять оптимальные маршруты движения отдельных партий груза и подвижного состава, оценивать эффективность транспортной инфраструктуры и прогнозировать сценарии её развития.

Поэтому одной из основных проблем, сопровождающих деятельность транспортного производства в РФ, является отсутствие в настоящее время единой структуры измерителей транспортно-логистической деятельности и научно-обоснованных методов, позволяющих её сформировать.

Особенно актуальным становится решение данной проблемы в условиях активного развития цифровых технологий и геоинформационных систем, позволяющих оперировать большими данными и управлять ими в «он-лайн» режиме.

1.3 Анализ современных подходов к управлению логистическими транспортными системами

В современной практике, научной литературе, научно-методических материалах, которые посвящены вопросам управления транспортно-логистическими системами в качестве основного термина, который характеризует процесс их функционирования применяется термин – деятельность (логистическая деятельность и т.д.). Между тем по всей совокупности признаков, которые характеризуют деятельность логистических транспортных систем их можно отнести к производственным системам, поскольку в процессе их функционирования формируется новое состояние материального объекта системы – груза. Как известно, признаком любой производственной системы является преобразование либо в материальном, либо в информационном состоянии объекта, либо и тех и других состояниях одновременно.

Процессы преобразования информации являются основной задачей управления транспортным производством и всегда направлены на получение новых более качественных решений за счёт обновления информации, что является залогом эффективного управления.

В процессе функционирования ЛТС происходит преобразование информации о состоянии показателей транспортного производства в управленческие решения и мероприятия на их основе, направленные на повышение эффективности системы в целом. Поэтому ЛТС – это элемент системы управления транспортным производством. Управление в ЛТС производится за счёт перераспределения ресурсов, совокупность которых представляется как производственный потенциал системы, который преобразуется в управленческий функционал [51].

Данная трансформация происходит через сложную последовательность действий и мероприятий организационного и организационно-технического характера, приводящих к реконструкции производственных (транспортных) процессы в ЛТС.

Особенно это важно, когда цифровая трансформация (выстраивание логистических транспортных систем на новых принципах, основанных на цифровых вычислительных сервисах) практически завершена и речь идет уже не создании новой системы, а о совершенствовании и реструктуризации существующей. Следует заметить, что все рассмотренных выше алгоритмы не разделяют виды транспорта, то есть ориентированы на отдельный объект перемещения в логистической транспортной сети. Как правило в этом случае формируются отдельные цифровые сервисы, привязанные к отдельным видам транспорта, что существенно сокращает их возможности при организации мультимодальных или интермодальных перевозок. [51]. Для логистических транспортных систем с сетевой архитектурой, характерных для первого этапа развития есть свои преимущества. Они гораздо мобильнее и менее затратные по сравнению со структурами с развитыми вертикальными иерархическими связями, благодаря простоте структуры межузловых связей. Но постепенно сокращение потенциала рынка и естественного упорядочивания спроса на транспортные услуги возникает необходимость дополнения логистических транспортных структур вертикальными связями.

В рамках этой концепции отдельное транспортное предприятие не является субъектом управления, а одним из обязательных объектов новой системы, определяющей модель эффективного распределения ресурсов по всему во всей системе в целом. В такой системе отдельное предприятие занимает только такое место, какое определено логикой и многоцелевой направленностью грузопотоков в системе. [51]. Причем цели системы могут не ограничиваться только оптимальным распределением грузопотоков, но и содержать социальные, экологические и др. актуальные требования. Таким образом в новой системе отдельное конкретное транспортно-логистическое предприятие частично или полностью теряет контроль и перестает быть субъектом управления транспортными потоками, однако, в целом, такая система предлагает не отдельному конечному потребителю, а совокупности (множеству) потребителей гораздо более выгодную для него технологию.

На рисунке 1.11 показана принципиальная схема взаимодействия между потребителем, экспедитором, поставщиком и перевозчиком. Данная схема упрощенная и не предполагает сложность взаимодействия между участниками схемы на межсетевом уровне взаимодействия различных видов транспорта. В этом случае тезис о том, что в новой системе отдельное конкретное транспортно-логистическое предприятие частично теряет контроль и перерастает быть субъектом управления транспортными потоками превращается в тезис о полной потере контроля отдельным предприятием функции управления.

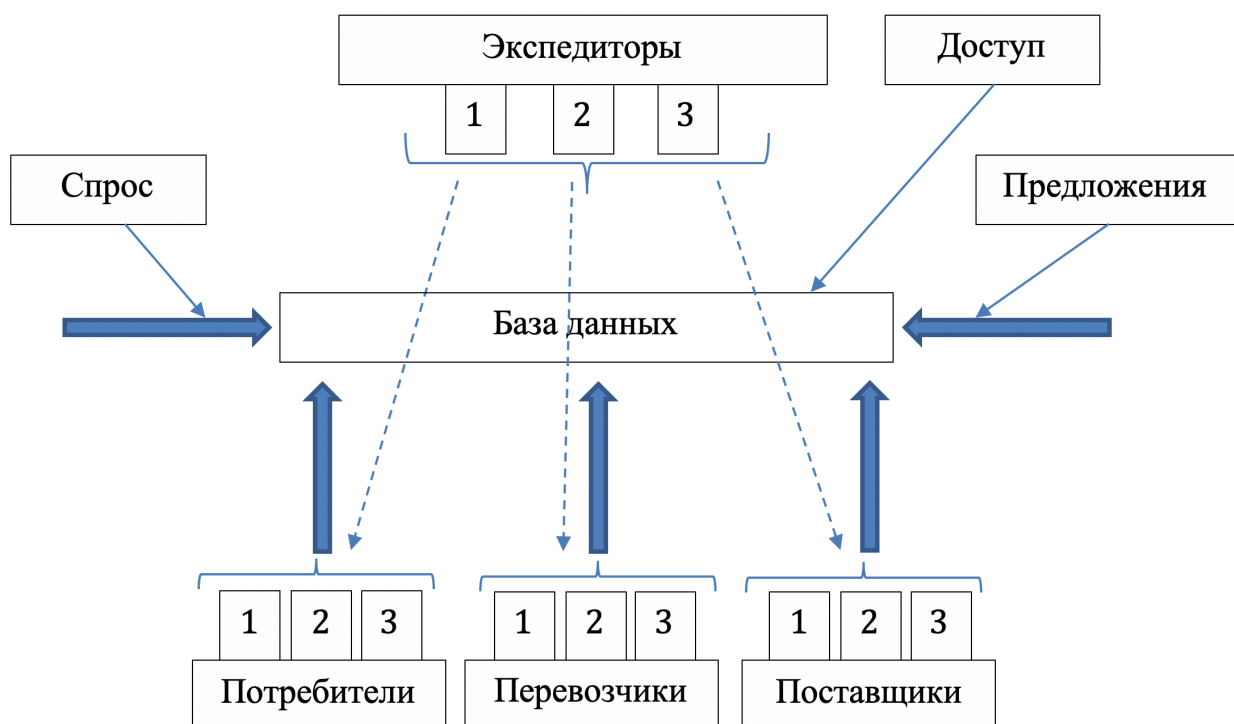


Рисунок 1.11 - Принципиальная схема взаимодействия между потребителем, экспедитором, поставщиком и перевозчиком сформированная на основе реляционных отношений между субъектами рынка транспортных услуг.

Источник: [52].

Важно отметить в контексте целей диссертационного исследования, что в новой стратегии традиционная для логистических транспортных систем концепция определения кратчайшего расстояния между грузоотправителем и грузополучателем должна уступить место концепции максимально эффективной по

нескольким критериям (объем перевозки, расстояние перевозки, время перевозки и т.д.) доставки груза конечному потребителю (рисунок 1.12).

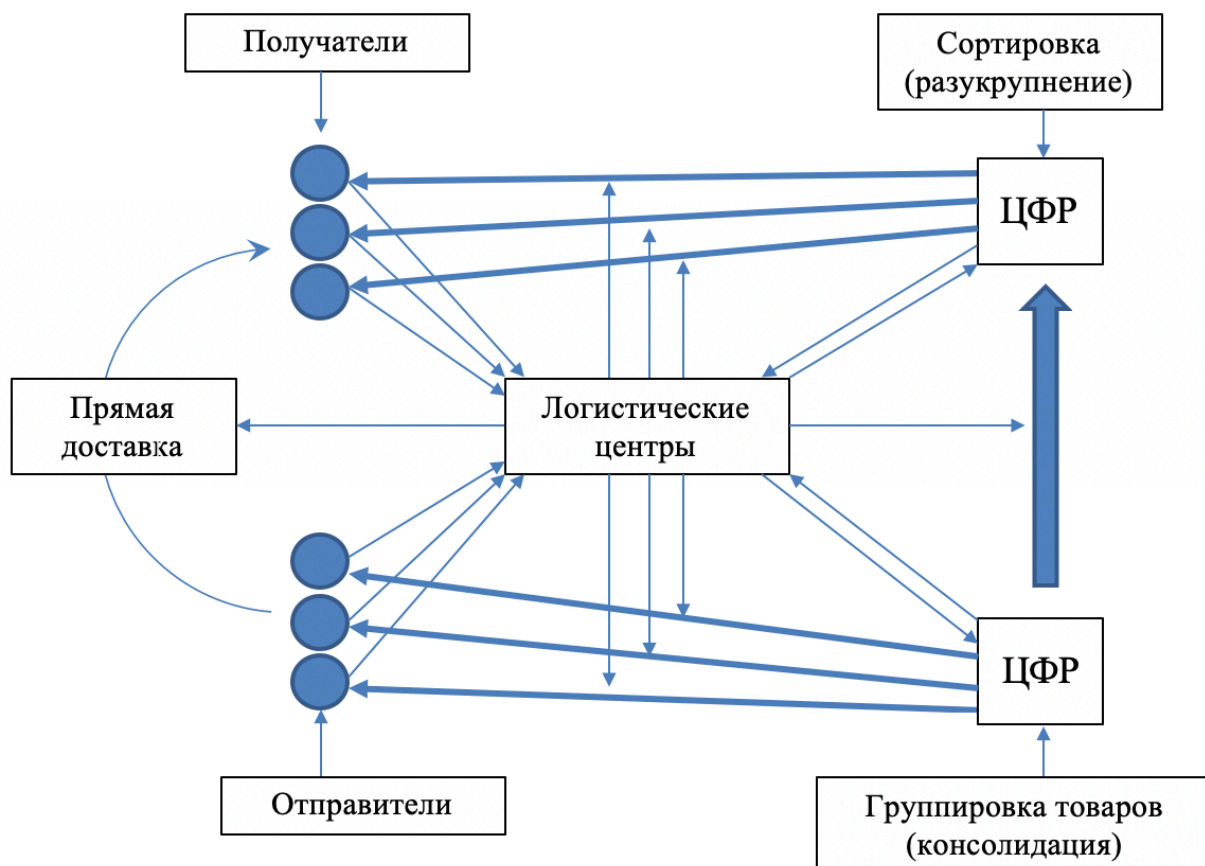


Рисунок 1.12 - Схема распределения транспортных потоков в реляционной логистической транспортной системе. Источник: разработано автором.

Тогда с появлением центров физического распределения (цифровых информационно-аналитических платформ) изменилась технология (маршрутизация) перевозок.

Вывод: ЛТС являются системами, агрегируемыми из разнопрофильных по технологическим признакам структур, но при этом логически совместимых с точки зрения управления по общим признакам логистики транспортного производства, когда объектом управления становятся информационные потоки, как цифровые двойники транспортных потоков.

Выводы по первой главе

Выполненный в первой главе анализ состояния и перспектив развития логистических транспортных систем в РФ в направлении интеграции различных видов транспорта можно определить ряд обстоятельств, не позволяющих обеспечить их эффективное в существующей парадигме.

Выявлено, что условия функционирования логистических транспортных систем можно определить, как;

- *неоднозначные*, что является прямым следствием разнородности по качественному признаку входящих в исследуемую систему совокупности различных видов транспорта измерителей;
- *сложными* – когда в систему входит большое количество элементов и большое количества связей между ними, а к тому же присутствует *многоуровневость* системы, когда элементы (объекты) в системе расположены на нескольких иерархических уровнях;
- *нестабильное* по информационному состоянию системы, что определяется значительной динамикой её измерителей;
- *неопределённое*, то есть, когда неизвестны вероятностные законы распределения случайных величин влияния факторов на параметры исследуемой систем.

Определена необходимость государственного мониторинга логистического производства в РФ, и как следствие создания структур и инструментов регламентирования логистического производства в РФ, как осознание необходимости создания структур и инструментов проактивного управления в динамически изменяющихся условиях функционирования, а также понимание необозримости установления приоритета экосистемных подходов над традиционной парадигмой коммерческих моделей управления. Поэтому действия, направленные на повышение эффективности производства в логистических транспортных системах, должны координироваться централизованно, что в свою

очередь, обязывает согласованно оперировать действиями в системе, а это возможно только опираясь на единую базу измерителей эффективности производства на различных видах транспорта.

Доказано, на примере анализа измерителей эффективности транспортной работы на различных видах транспорта, что обязательным элементом единой цифровой логистической транспортной системы является наличие научно-обоснованной и регламентированной структуры измерителей, для оценки эффективности процессов, сопровождающих функционирование системы, в противном случае оценки носят разрозненный и субъективный характер.

Поэтому можно сформулировать цель и задачи диссертационного исследования следующим образом:

Целью диссертационного исследования является разработка метода, как совокупности аналитических и прикладных инструментов, обеспечивающих единство измерителей эффективности в логистических транспортных системах, функционирующих в условиях неопределённости.

Для достижения цели в диссертации поставлены следующие **задачи**:

1. Проанализировать структуру измерителей эффективности различных видов транспорта, выявить причины их неоднородности и информационное состояние, определяющее их нестабильность;
2. Систематизировать математические методы, соответствующие природе факторного пространства и разработать концепцию метода, обеспечивающего единство измерителей эффективности функционирования логистических транспортных систем;
3. Разработать математическую модель оптимизации процессов грузодвижения в логистических транспортных системах, синтезирующую новое качество взаимодействия различных видов транспорта;
4. Разработать исследовательское программное обеспечение, позволяющее реализовать разработанный метод в цифровых технологиях управления логистическими транспортными системами;

5. Произвести вычислительный эксперимент с применением разработанного программного обеспечения и апробировать метод, обеспечивающий единство измерителей эффективности в логистических транспортных системах, функционирующих в условиях неопределённости.

2. СИСТЕМАТИЗАЦИЯ МЕТОДОВ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

2.1 Противоречивость систем измерителей транспортного производства в РФ на различных видах транспорта

Как уже отмечалось, единой системы измерителей результативности транспортного производства для различных видов транспорта в РФ не существует по следующим причинам. В каждом виде транспорта приняты собственные (специфические) измерители объема выполненной транспортной работы, что обусловлено различиям в технологических процессах доставки груза, организации работ и конструктивными различиями подвижного состава, погрузочно-разгрузочного оборудования и т.д.

Рассмотрим кратко особенности измерителей на различных видах транспорта. На **железнодорожном транспорте** к специфическим (не встречающимся на остальных видах транспорта) измерителям транспортного производства можно отнести:

- *Ввоз* груза или объём прибытия грузов с других дорог для выгрузки на данной дороге.
- *Вывоз* груза или объём отправления грузов, погруженных на данной дороге назначением на другие дороги.
- *Транзит* перевозки грузов, когда пункты отправления и назначения партии груза расположены за пределами рассматриваемой ж/д путей данной дороги и которые следуют через станции этой дороги.
- *Местное сообщение* включает в себя объём перевозок грузов погруженных и отправленных назначением на станции одной и той же дороги.

Перечисленное разделение объемов перевозимых грузов определяется дроблением системы ж/д дорог на отдельные направления, но вместе с тем указанные измерители определяют возможность учета объемов перевозимых грузов на различных ж/д направлениях.

Такое дифференцирование показателей по направлениям обнаруживает отличительные особенности измерители транспортной работы на ж/д транспорте: например, существуют такие обобщённые показатели. Отсюда вытекают различия в показателях оперативного учета транспортной работы и наличие таких показателей как:

- среднесуточная погрузка в вагоны, как отношение общего годового отправления грузов ($\sum P_{\text{год}}$), т., к средней статической нагрузке вагона ($\sum 365 \bar{P}_{\text{ст}}$), т:

$$P_{\text{сут}} = \sum P_{\text{год}} / \sum 365 \bar{P}_{\text{ст}}, \text{ т.} \quad (2.1)$$

- динамическая нагрузка груженого вагона, определяемая отношением нетто выполненных тонна-километров ($\sum Pl_{\text{нт}}$), тонна-км, к общему пробегу гружёного вагона ($\sum nS_{\text{гр}}$), км:

$$P_{\text{д}}^{\text{гр}} = \sum Pl_{\text{нт}} / \sum nS_{\text{гр}}, \text{ т.} \quad (2.2)$$

- коэффициент порожнего пробега вагонов, определяемый отношением гружёного вагона ($\sum nS_{\text{гр}}$), км, к общему пробегу порожнего вагона ($\sum nS_{\text{пор}}$), км:

$$\alpha_{\text{пор}}^{\text{гр}} = \sum nS_{\text{пор}} / \sum nS_{\text{гр}}, \quad (2.3)$$

- среднесуточный пробег вагона, км;
- производительность вагона, т-км;
- производительность локомотива, т-км.

Важным логистическим измерителем является значение среднего времени одного оборота грузового вагона, $T_{\text{в}}$. В этом измерителе учитывается большое количество показателей использования подвижного состава (таблица 2.1):

Таблица 2.1 – Показатели использования подвижного состава (вагонов) на железнодорожном транспорте

Показатель	Обозначение показателя	Единицы измерения
Полный рейс вагона	$l_{\text{п}}$	км
Техническая скорость поезда	$v_{\text{т}}$	км/ч;
Участковая (эксплуатационная) скорость поезда	$v_{\text{э}}$	Км/ч
Маршрутное плечо, или среднее расстояние, которое проходит вагон между переработками на технических (сортировочных) станциях с переработкой	$L_{\text{м}}$	км
Вагонное плечо, или среднее расстояние, которое вагон проходит между техническими станциями без переработки	$L_{\text{в}}$	км
Время простоя на одной технической станции с переработкой	$t_{\text{пер}}$	ч
Время простоя на одной технической станции без переработки	$t_{\text{тр}}$	ч
Среднее время простоя под одной грузовой операцией	$\bar{t}_{\text{гр}}$	ч
Коэффициент местной работы, учитывающий двоянные операции погрузки и выгрузки вагона без дополнительной его подачи к местам грузовой работы	$k_{\text{м}}$	-

Данные в таблице 2.1 используются при определении времени использования вагонов $T_{\text{в}}$, ч:

$$T_{\text{в}} = \frac{1}{24} \left[\frac{l_{\text{п}}}{v_{\text{т}}} + \left(\frac{l_{\text{п}}}{v_{\text{у}}} - \frac{l_{\text{п}}}{v_{\text{т}}} \right) + \frac{l_{\text{п}}}{L_{\text{м}}} t_{\text{пер}} + \left(\frac{l_{\text{п}}}{L_{\text{в}}} - \frac{l_{\text{п}}}{L_{\text{м}}} \right) t_{\text{тр}} + k_{\text{м}} \bar{t}_{\text{гр}} \right], \text{ ч.} \quad (2.4)$$

Далее определяются результирующие показатели использования железнодорожных вагонов:

- среднесуточного пробега вагона, как величины отношение полный рейса вагона к значению среднего времени одного оборота грузового вагона, км:

$$S_B = l_{\text{п}} / T_B, \text{ км.} \quad (2.5)$$

- среднесуточная производительность локомотива, как отношение выполненных тонна-километров ($\sum Pl_{\text{бр}}$), т-км., к затраченным локомотива-суткам ($\sum Mt$), сут.

$$П_{\text{л}} = \sum Pl_{\text{бр}} / \sum Mt, \text{ т-км/сут.} \quad (2.6)$$

- среднесуточная производительность вагона:

$$П_{\text{в}} = P_{\text{д}}^{\text{гр}} S_B / (1 + \alpha_{\text{пор}}^{\text{гр}}), \text{ ткм.} \quad (2.7)$$

Ключевым специфическим показателем производительности работы ж/д транспорта является показатель среднего времени одного оборота грузового вагона. Это означает, что значение этого показателя на практике трудно спрогнозировать, а с теоретической точки зрения имеет неопределенные вероятностные характеристики. Наличие значительных простоев подвижного состава ж/д транспорта при проведении погрузочно-разгрузочных работ является основным технологическим недостатком данного вида транспорта.

На **автомобильном транспорте** в силу его мобильности время погрузки и разгрузки подвижного состава значительно ниже по сравнению с другими видами транспорта, что и определяет его специфические особенности расчёта показателей использования подвижного состава и результирующих показателей его работы (таблица 1.2) [53, 54, 55, 56].

Таблица 2.2 – Специфические измерители транспортной работы на автомобильном транспорте [53, 54, 55, 56].

Измеритель производительности	Порядок расчёта показателей производительности
Производительность подвижного состава (п/с) за одну езду в тоннах	$Q_e = q \cdot \gamma_c$, где Q_e - производительность п/с в тоннах за одну езду, (т/ездка); q – грузоподъемность п/с, (т); γ_c – коэффициент использования грузоподъемности
Производительность подвижного состава (п/с) за одну езду в тонна-километрах	$P_e = q \cdot \gamma_c \cdot l_{ег}$, где P_e – производительность работы п/с, т-км/ездка $l_{ег}$ – длина груженой езды (км)
Количество ездок п/с за одну смену (рабочий день)	$n_e = \frac{T_n \cdot \beta \cdot V_T}{l_{ег} + t_{n-p} \cdot \beta \cdot V_T}$, где T_n – время в наряде, час. β – коэффициент использования пробега; V_T – среднетехническая скорость, км/час; t_{n-p} – время простоя под погрузкой и разгрузкой, час.
Производительность работы подвижного состава в тоннах за смену (рабочий день)	$U_{p-д} = \frac{q \cdot \gamma_c \cdot T_n \cdot \beta \cdot V_T}{l_{ег} + t_{n-p} \cdot \beta \cdot V_T}$, т
Производительность работы подвижного состава в тонно-километрах за смену (рабочий день)	$W_{p-д} = \frac{T_n \cdot \beta \cdot V_T \cdot l_{ег} \cdot q \cdot \gamma_c}{l_{ег} + t_{n-p} \cdot \beta \cdot V_m}$, т · км.
Часовая производительность работы подвижного состава в тоннах, т/час	$u_{p-ч} = \frac{U_{p-д}}{T_n}$, т/час

Как видно из таблицы 2.2 расчёт специфических показателей производительности работы подвижного состава автомобильного транспорта отличается от расчёта показателей производительности работы на ж/д транспорте, в первую очередь, величиной расчётного цикла по времени или дискретным шагом расчёта.

Это означает, что в единой системе измерителей эффективности в логистических транспортных процессах одним из основных критериев должен быть критерий времени доставки, не привязанный по значению показателей к величине дискретного шага расчёта на отдельных видах транспорта. Данный тезис можно подтвердить и анализом показателей производительности подвижного состава на речном и морских видах транспорта.

На **речном транспорте** производительность судна и его транспортную работу определяют в тонна-километрах в единицу времени, но по отношению к одной тонне грузоподъёмности. То есть в удельный показатель объединяются измерители времени, объема перевозок, расстояния перевозок и мощностных характеристик подвижного состава. Специфическими показателями речного транспорта, учитывающими мощность судна при совершении транспортной работы, в этом случае, являются такие показатели как:

- **сило-рейс** – определяет дискретный цикл работы с учетом мощности судна от момента времени отправления до момента времени прибытия судна,
- **сило-сутки** – измеритель времени любого состояния судна (груженого или нагруженного) также с учетом его мощности.
- **Тоннаже-сутки** - измеритель времени любого состояния судна (груженого или нагруженного) также с учетом его грузоподъёмности.

При этом существуют такие показатели как чистая производительность (характеризует использование судна в гружёном состоянии) и валовая производительность (характеризует использование судна в любом состоянии), которые определяются с применением показателей сило-сутки и тоннаже-сутки.

Показатель использования грузоподъёмности судна определяется отношением массы перевозимого груза ($Q_{\text{эгр}}$), т. груза к зарегистрированной грузоподъёмности ($Q_{\text{ргр}}$), т.:

$$\varepsilon_{\text{гр}} = Q_{\text{эгр}}/Q_{\text{ргр}}. \quad (2.8)$$

В отличие от показателей использования грузоподъемности на автомобильном и железнодорожном транспорте, степень использования грузоподъемности судна определяется отношением выполненных тонна километров в гружёных рейсах ($\sum Q l_{\text{хгр}}$) к выполненным тоннаже-километрам ($\sum Q_p l_{\text{хгр}}$):

$$\bar{P}_{\text{гр}} = \sum Q l_{\text{хгр}} / \sum Q_p l_{\text{хгр}}, \quad (2.9)$$

Показатель, учитывающий время движения судна (доля ходового времени) определяется отношением количество тоннаже-суток движения судна с грузом ($\sum Q_{\text{гр}} t_{\text{хгр}}$), ед., к общему количеству тоннаже-суток ($\sum Q_p t_{\text{э}}$), ед.:

$$\alpha_{\text{хгр}} = \sum Q_{\text{гр}} t_{\text{хгр}} / \sum Q_p t_{\text{э}}, \quad (2.10)$$

Выработка судна определяется учетом средней производительности одной тонны грузоподъемности, как отношение количества выполненных тонна-километров ($\sum Q_{\text{гр}} l$), т-км., к общему количеству тоннаже-суток в эксплуатации ($\sum Q_p t_{\text{э}}$), т-сут.

$$M_{\text{эгр}} = \sum Q_{\text{гр}} l / \sum Q_p t_{\text{э}}, \quad (2.11)$$

Затем определяется полное время оборота судна, как сумма времени, затрачиваемого при движении судна из пункта отправления в пункт назначения (ходовое время), время маневрирования в порту отправления и погрузки, время маневрирования и выгрузки в порту назначения, а также необходимое время стоянки в порте отправления и назначения с учетом всех и технологических операций, операций делопроизводства, шлюзования и т.д.

$$T_{\text{об}} = \sum t_{\text{ст}} + \sum t_{\text{м}} + \sum t_{\text{х}}. \quad (2.12)$$

Можно сделать вывод, что анализ измерителей производительности работы подвижного состава на речном транспорте, добавляет еще один специфический способ учета транспортной работы – это объединение нескольких показателей (как минимум трёх) в один удельный показатель. Причем подлежат унификации и объединению в один показатель измерители эффективности транспортного производства с разной физической природой происхождения а, соответственно, и различием в природе влияния на них внешнего факторного пространства.

Анализ измерителей производительности и транспортной работы **на морском транспорте** демонстрирует еще большее количество специфических показателей по сравнению с другими видами транспорта, именно:

- водоизмещение судна (D_B), т;
- дедвейт (Q_{CH}),
- запас топлива (Q_T),
- запас воды (Q_B),

Отсюда определяется чистая грузоподъемность судна, как:

$$D_{\text{ч}} = D_B - (Q_T + Q_B + Q_{CH}), \text{ т.} \quad (2.13)$$

В зависимости от грузоподъемности судна определяются специфические показатели:

- грузовместимость судна или объём всех грузовых в (м^3);
- чистая регистровая (нетто-регистровая) вместимость судна (W_{HT});
- валовая (полная) регистровая (брутто-регистровая) вместимость судна (W_{BP});
- регистровая вместимость, которая измеряется «объёмной регистровой тонной» ($2,83 \text{ м}^3$).

Все эти показатели объединяются уловной формулой.

$$W_{HT} = 2/3 W_{BP} = 4/9 D_B = 8/27 D. \quad (2.14)$$

Таблица 2.3 – Специфические показатели для расчёта производительности на морском транспорте

Измеритель производительности	Порядок расчета показателей производительности
Коэффициент ходового времени K_x	отношение ходового времени t_x к общей продолжительности рейса T_p : $K_x = t_x/T_p$
Коэффициент загрузки судна, характеризует степень использования грузоподъемности лишь в простых рейсах.	$\varepsilon_{\text{заг}} = Q_{\text{ф}}/D_{\text{ч}}$, где $Q_{\text{ф}}$ – масса фактически принятого груза судном, т.
В круговых и сложных рейсах применяется показатель – коэффициент использования грузоподъемности судна.	$\varepsilon_{\text{ч}} = \Sigma Ql/\Sigma D_{\text{ч}}L_i$, где ΣQl – выполненные судном тонна-мили, <u>тм</u> ; $\Sigma D_{\text{ч}}L_i$ – выполненные судном тоннаже-мили, <u>т-м</u> .
Производительность одной тонны грузоподъемности	$\mu_{\text{тс}} = \Sigma Ql/\Sigma D_{\text{ч}}T_{\text{э}}$, где $\Sigma D_{\text{ч}}T_{\text{э}}$ – количество затраченных тоннаже-суток за определенный период; $T_{\text{э}}$ – время эксплуатации судна для совершения перевозок, <u>сут.</u>
Фактическое количество флота, занятого на перевозках в течение календарного периода	по количеству судов: $n_{\text{расч}} = (T_{\text{э}1} + T_{\text{э}2} + \dots + T_{\text{э}n})/365$, где $T_{\text{э}1} + T_{\text{э}2} + \dots + T_{\text{э}n}$ это время, в течение которого каждое судно было занято на перевозках, <u>сут.</u> по общей грузоподъемности: $\Sigma D_{\text{ч}} \text{взв} = \Sigma D_{\text{ч}}T_{\text{э}}/365$, где $\Sigma D_{\text{ч}}T_{\text{э}}$ – время нахождения судна или флота в эксплуатации соответственно в судо-сутках или тоннаже сутках
Грузооборот порта $Q_{\text{п}}$	объем грузов, проходящих через причалы порта за определенный период.
Пропускная способность ТПК $\Pi_{\text{ТПК}}$	максимальное количество груза, которое ТПК может погрузить/выгрузить на суда за соответствующий период.
Установленная мощность $Q_{\text{опт}}$	оптимальное количество груза, которое целесообразно перегружать ТПК при сложившейся структуре грузооборота.
Пропускная способность порта $\Pi_{\text{п}}$	складывается из пропускных отдельных ТПК

Учитывая, высокую производительность на морском транспорте большее внимание уделяется расчёту показателей ПРР:

Валовая интенсивность грузовых работ определяется отношением по формуле:

$$M_{\text{вал}} = \sum Q_{\text{п(в)}} / \sum t_{\text{ст}}, \quad (2.15)$$

где $\sum Q_{\text{п(в)}}$ - количества груза, погруженного (выгруженного) на судно, т.

$(\sum t_{\text{ст}})$, - полному времени пребывания судна в порту, сут.

Чистая интенсивность грузовых работ определяется следующим соотношением: количества груза, погруженного (выгруженного) на судно ($\sum Q_{\text{п(в)}}$), т., к времени стоянки под грузовыми операциями по обслуживанию судна характеризует ($\sum t_{\text{гр оп}}$), час (сут) и определяет интенсивность погрузочно-разгрузочных работ

$$M_{\text{ч}} = \sum Q_{\text{п(в)}} / \sum t_{\text{гр оп}}, \quad (2.16)$$

где $\sum Q_{\text{п(в)}}$ - количества груза, погруженного (выгруженного) на судно, т.

$\sum t_{\text{гр оп}}$, времени стоянки под грузовыми операциями по обслуживанию, сут.

Можно сделать вывод, что специфика измерителей эффективности морского транспорта определяются значительными объемными показателями, по сравнению с другими видами транспорта. Таким образом наблюдается значительная объективная разнородность измерителей производительности на различных видах транспорта по основным физическим параметрам транспортной работы:

- по объему перевозок;
- по направлению перевозок;
- по длительности транспортировки, а, следовательно, по времени расчётного цикла.

2.2 Экономические модели оценки эффективности и результативности производства в логистических транспортных системах

Эффективность — это сложная категория, которая является важнейшим измерителем любых отдельных производственных процессов и тем более процессов, объединенных в единую систему. Логистические транспортные системы интегрируют в себе производственные процессы различных видов транспорта, поэтому отдельные системы оценки эффективности производства на отдельных видах транспорта должны быть объединены в единую систему оценки эффективности. При этом, необходимо учитывать, что единая система оценки эффективности должна предусматривать использование всех видов материальных и нематериальных ресурсов, способна выполнять задачи оценки результативности процессов транспортного производства, рассматриваемого на самых различных уровнях: от национального в целом до уровня отдельных предприятий.

В многоуровневой системе сложность оценки эффективности определяется тем, что необходимо производить оценку в соответствии с вкладом каждого исследуемого объекта в достижение общих целей системы. Традиционно при расчете социально-экономической эффективности транспортного комплекса производилась структуризация результатов деятельности и затрат на их реализацию внутри- и вне-отраслевые. Последние, связанные с активным влиянием эффективности работы транспорта на все отрасли единого комплекса хозяйства, играют значительную роль в экономике страны. Речь может идти, как об эффективности отдельного автономного транспортного предприятия (эндогенная составляющая) или даже единицы подвижного состава, так и о системе в целом (экзогенная составляющая). При этом может происходить разделение эффективности в зависимости от того с чей позиции она рассматривается: перевозчика, посредника, потребителя услуги, производителя товара или владельца системы и т.д. [59, 60, 61]. Для потребителей транспортных услуг эффективность доставки прежде всего определяется гарантией их качества.

В этом случае понятие эффективность часто отождествляется с понятием качество, но при этом нужно понимать существующие различия: эффективность необходимо рассчитывать, качество, как правило определяется установленными нормами и правилами.

Например, для автомобильного транспорта предлагалось судить об эффективности эксплуатации использования подвижного состава по интегральному критерию эффективности. При определении этого частного коэффициента эффективности нужно его умножать еще и на вероятностно характеристику, например, на коэффициент снятия неопределенности. С точки зрения достоверности информации система оценки эффективности, состоящая из последовательного набора коэффициентов, естественно, не надежна. Однако даже минимальным количеством необходимой информации для оценки эффективности производственных процессов не стоит пренебрегать. Трудности объективной оценки эффективности мероприятий на транспорте были определены (см. п. 2.1) и обусловлены выше их спецификой. Подтверждение этого тезиса встречается в большом количестве научных работ [62, 63, 64, 65, 66, 67 и др.]. Авторы отмечают, что, во-первых с развитием рыночных отношений разделение оценок эффективности по видам транспорта осложняет возможность её расчёта, во-вторых, как любая для любой оценки эффективности отрасли материального производства, оценка эффективности транспортного комплекса предполагает полный учет многих важных факторов, в том числе фактора времени, что приводит к значительной степени неопределенности в исследуемой системе. Фактически традиционная система определения эффективности в перевозочной системе — это структура на ориентированная на эффективное использования подвижного состава: на минимизацию пробегов автомобилей, минимизацию числа ездов с грузом и в конечном счёте итоге на минимизацию грузооборота, при заданном объеме перевозок. Невозможность полностью спроецировать данный подход, а именно принять в качестве целевой функции единственный показатель: производительность работы ПС или грузооборот, или общий пробег автомобилей к применению в ИАП ДСТОТС заключается в следующем.

Во-первых. Базовым понятием или объектом, на который направлена деятельность современных по планированию перевозок является «груз» или заказ «заказ на транспортировку». Именно эти понятия и показатели эффективности доставки груза являются основой формирования логистических цепей при планировании грузоперевозок. А такое понятие как транспортное средство перешло в категорию «ресурс», т. е. средство, на котором будет перевозиться данный «заказ на транспортировку». Поэтому традиционная аналитическая система определения ТЭП работы подвижного состава, приемлемая для оценки эффективности деятельности отдельного транспортного предприятия, требует переосмысления адаптации и адаптации к условиям работы в единой информационной платформы.

Во-вторых. Информационно-аналитическая система носит комплексный характер и наряду с аналитической составляющей содержит и информационную составляющую, без которой сегодня невозможно представить деятельность транспортного предприятия. В целях информационной поддержки принятия решений в задачах организации перевозок требуется обработка значительных объемов информации, которые должны объективно количественно описывать сложные пространственные взаимоотношения и аналитические связи объектов и субъектов транспортировки.

Все сложные пространственные задачи по перемещению объектов в транспортных сетях сегодня решаются только с применением геоинформационных систем (ГИС), в которых либо уже закладываются инструменты моделирования пространственных перемещения транспортных средств и анализа пространственных информационных ситуаций, либо данные, из которых применяются для моделирования процессов организации перевозок.

Сегодня практически все исследования определяют, что расчет эффективности, транспортного производства целесообразно базировать на следующих принципах системности, при это, как правило игнорируя сложность рассматриваемой системы, решают только экономические задачи и прибегают к применению критерия «минимум суммарных затрат».

В данном случае критерий оптимальности имеет вид:

$$\min_j 3_j = \min_j \left(K_j + \sum_{t=1}^{t=t_{\text{сн}}} \frac{U_j(t)}{(1+E)^t} \right), \quad (2.17)$$

В этом случае выполняются все оговоренные выше предпосылки и лучшим считается вариант, который обеспечивает минимум годовых приведенных затрат в расчетный год:

$$\min_j [C_j(t_p) + E_H \times K_j], \quad (2.18)$$

Где

$$C_j(t_p) = k_{\text{ренов}} \times K_j + U_j(t_p). \quad (2.19)$$

Соответственно, $U_j(t_p)$ определяется из условия:

$$\sum_{t=1}^{t=t_{\text{сн}}} \frac{U_j(t_p)}{(1+E)^t} = \sum_{t=1}^{t=t_{\text{сн}}} \frac{U_j(t)}{(1+E)^t} \quad (2.20)$$

Откуда

$$U_j(t_p) = \frac{\sum_{t=1}^{t=t_{\text{сн}}} \frac{U_j(t)}{(1+E)^t}}{\sum_{t=1}^{t=t_{\text{сн}}} \frac{1}{(1+E)^t}} \quad (2.21)$$

Проанализированные в данном пункте модели оценки эффективности, основанные на экономическом критерии, нашли широкое применение в практике организации транспортного производства. Именно эти модели, в основном, используются транспортными компаниями при организации собственных схем доставки грузов потребителям.

Недостатком данных моделей, определяющим невозможность их применения для организации сложных логистических транспортных систем, интегрирующих в себе несколько видов транспорта, является то обстоятельство, что они хороши и достаточно эффективны при использовании в детерминированных системах.

Детерминированные системы – это системы, обладающие свойством устойчивости и однозначностью показателей исследуемых показателей. В главе 1 было доказано, что современные логистические транспортные системы таким свойством не обладают.

В ЛТС для выработки объективных решений по оценке эффективности требует обработка полно объёмной информации в виде комплекса взаимосвязанных показателей. Однако носители информации в гетерогенных средах, характерных для ЛТС информация необходимая для организации перевозок расположена в различных подсистемах и видах представления информации, что затрудняет решение задачи по управлению процессом. В этом случае необходимо в разрабатываемой информационной модели организации грузовых перевозок решить вопросы синхронизации и гармонизации данных, переложив данные функции на интеллектуальную ГИС.

То есть:

- либо в интеллектуальной ГИС должен быть модуль, интегрирующий необходимые первичные данные в структуру пригодную для дальнейшего анализа и принятия пространственных решений;
- либо ГИС должна быть отдельной подсистемой и интеллектуальной системе обработке информации по принятию управляющих решений по организации ГАП.

При этом база управления формируется в имитационной модели (ИМ), отражающей изменение внешних (экзогенных, управляющих) переменных в зависимости от изменения внутренних (эндогенных, управляемых) параметров. Разграничение переменных на экзогенные и эндогенные введено Г. Тейлем.

Процесс построения модели управления технологическими процессами начинается с выявления специфических для данной отрасли эндогенных и экзогенных переменных. В качестве экзогенных переменных должны быть взяты параметры, отражающие объёмы производства, производительность работ, экономическую эффективность.

В транспортном производстве это объёмы перевозки, грузооборот, рентабельность ГАП и т.д. Эндогенные переменные должны быть представлены системой параметров, отражающих уровень технологической организации транспортного производства или степень использования подвижного состава: длина груженой ездки, время в наряде автомобилей и т.д. В такой постановке имитационная модель позволяет оценить эффективность производства и качества выполнения транспортной работы в зависимости от уровня организации транспортного процесса. Таким образом необходимо сгруппировать исходную информацию, так чтобы каждую экзогенную переменную приходился один и тот же набор эндогенных переменных. Например, для первой экзогенной переменной в общем виде:

$$y_1 = f_1(x_1, x_2, x_3, x_4, t) \quad (2.22)$$

где t – фактор времени.

Аналогично реализуется группирование каждой новой экзогенной переменной с теми же эндогенными параметрами. В результате возникает функциональная структура, отражающая суть имитационной модели.

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= f_1(x_1, x_2, \dots, x_n, \dots, t) \\ y_2 &= f_2(x_1, x_2, \dots, x_n, \dots, t) \\ &\dots \\ y_m &= f_m(x_1, x_2, \dots, x_n, \dots, t) \end{aligned} \right\} \quad (2.23)$$

В раскрытой форме ИМ может быть представим в виде системы поисковых уравнений, отражающих связь между экзогенными и эндогенными переменными:

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{i=n}^n \bar{a}_i t_i^i \\ y_2 &= b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=n}^n \bar{b}_i t_i^i \\ &\dots \\ y_m &= c_0 + \sum_{i=1}^n c_i x_i + \sum_{i=n}^n \bar{c}_i t_i^i \end{aligned} \right\} \quad (2.24)$$

где $a_0, b_0, c_0, a_i, b_i, c_i, \bar{a}_i, \bar{b}_i, \bar{c}_i$ – неизвестные коэффициенты;

t_i^i – время ($i = 1, 2, 3 \dots n$).

Данная система уравнений может быть решена как для случая $m = n$, когда число уравнений равно числу неизвестных коэффициентов (система имеет единственное ненулевое решение), или для случая $m \neq n$, когда система либо не имеет решений, либо решения могут быть представлены в виде множеств. В любом случае построить математическую модель, позволяющую решать поставленные в системе задачи – это значит определить на основе имеющейся информации (временных рядов) неизвестные коэффициенты.

Задавая значения эндогенных переменных, можно получить численные значения экзогенных переменных, то есть создать информационную ситуацию управления исследуемым объектом или процессом, для которого определялись временные ряды. Другими словами, процесс управления состоит в том или ином воздействии на эндогенные переменные с целью достижения необходимого уровня экзогенных переменных. В этом случае модели определения эффективности трансформируются в модели оценки эффективности в сложных системах с неизвестными вероятностными характеристиками, то есть с высокой степенью энтропии исходных данных.

2.3 Методы оценки эффективности в сложных системах, основанные на энтропийном подходе

Исследование методов управления и организации транспортных систем в контексте оптимизации грузопотоков на различных видах транспорта нашли отражения в трудах отечественных: Гаджинского А.М., Гудкова В.А., Залмановой М.Е., Корчагина В.А., Курганова В.М., Лукинского В.С., Миротина Л.Б., Некрасова А.Г, Неруша Ю.М., Омельченко И.Н., Плоткина Б.К., Резера СМ., Сергеева В.И., Шабанова А.В., Чеботаева А.А. и зарубежных ученых: И. Ансофф, Джонсон Дж. С., Э. Мате, Л. Дональд, Ф. Вуд, М. Кристофер, М. Дуглас, Д. Симчи-Леви, Д. Уотерс и др. В работах этих авторов уделяется большое внимание вопросам организации грузовых потоков в транспортно-логистических системах в межвидовом взаимодействии различных видов транспорта.

Причем этими авторами неоднократно подчеркивается, что транспортно-логистические системы являются сложно управляемыми объектами в виду нестабильности факторного пространства, в которых они функционируют, то есть в условиях неопределенности.

Эффективность коммерческих перевозочных мероприятий на транспорте неразрывно связана со временем доставки товаров потребителям. Оценка времени доставки необходима при бизнес-планировании и организации перевозок, особенно с применением современных цифровых технологий. На практике время доставки груза является случайным, зависящим от многих факторов, и практически все они обладают неопределённостью. Эта неопределённость характеризуется вероятностями возникновения событий, связанных с этими факторами, и продолжительностью самих событий. Поэтому можно утверждать, что тема единой структуры измерителей и методов определения эффективности функционирования транспортно-логистических систем, в данных условиях (условиях стохастической неопределенности исследуемых показателей) до конца не раскрыта.

Этот тезис подтверждается отсутствием научно-обоснованных прикладных методов оптимизации транспортно-логистических систем, которые сегодня нашли свое применение на практике. В данных условиях логическим продолжением развития теории транспортных систем является разработка качественно новых методов, позволяющих проектировать системы устойчивые к внешнему возмущающему воздействию (стабильные) и эффективные с учетом противоречивого целеполагания, то есть многокритериальных.

В последние годы в научных публикациях активно рассматриваются вопросы, связанные с разработкой и применением информационной теории к задачам проектирования эффективных информационно-вероятностных систем, являющихся неотъемлемой частью современного транспортного производства [68, 69, 70, 71]. Этот подход назван энтропийным и основан на создании единых информационных показателей и установлении на этом принципе связей между элементами системы.

Использование информационной теории динамических систем, устанавливающей динамические количественные соотношения между потерями информации и точностью их воспроизведения при активном использовании цифровых технологий, позволяют разрабатывать научные методы и практические методики формализованного выбора значений надежности и эффективности исследуемых логистических транспортных систем. В данном случае большое внимание уделяется анализу эффективности структуры системы (одноуровневая, многоуровневая, количество подсистем и т.д.) и определению значимости элементов с логистической транспортной системе.

Решение этих вопросов позволяет оценить ту долю потерь управляющей информации в системе, которая связана с деформацией её структуры в связи с изменением количественных показателей её различных элементов, вызываемое значительными возмущаемым воздействием внешней среды.

Сложные логистические транспортные системы (интегрирующие несколько видов транспорта) обладают рядом характерных особенностей:

Сложные логистические транспортные системы, состоят из большого количества элементов и подсистем. Причем их количество может изменяться во времени (увеличение количество инфраструктурных объектов, изменение количества подвижного состава и т.д.), в результате чего усложняется решение задач, связанное с анализом системы.

Большая часть элементов логистической транспортной системы может иметь незначительный вес влияния на эффективность всей системы в целом, но при объединениях их подсистемы проявляется свойство эмерджентности.

Для усредненных эксплуатационных показателей различных видов транспорта в современных условиях характерна неустойчивость. Средние значения таких показателей как время доставки, скорость перемещения объектов в транспортной сети и время погрузочных или разгрузочных работ могут иметь разброс в своих значениях на два или три порядка. Для различных видов транспорта этот разброс показателей может составлять три-четыре порядка и выше.

Наличие указанных особенностей в сложных логистических транспортных системах позволяет использовать статистические методы (экстраполяцию данных) только для оценки отдельных показателей системы. Общеизвестно, что статистические данные дают хорошие результаты только в том случае, если оцениваемое явление или событие характеризуется массовостью и однородностью [72,73,74]. Между тем в современной практике организации транспортного производства метод экстраполяции данных нередко применяется для организации сложных динамических процессов, что приводит к неизбежным ошибкам или неточностям прогнозирования состояния исследуемых систем.

Цель анализа сложной системы в контексте данного исследования – определение количественных характеристик качества. При этом под качеством системы будем понимать классическое определение – совокупность свойств системы для выполнения заложенного функционала, то есть использования её по назначению.

Каждое свойство системы количественно характеризуется величиной одного или нескольких параметров, изменения которых представляют случайные

процессы, неподчиняющиеся классическим законам распределения случайных величин, то есть функционирующих в условиях неопределенности. Тогда с теоретической точки зрения задача статистического анализа качества сложной системы сводится к определению количественных характеристик случайных процессов изменения исследуемых параметров.

Введем обозначения. Пусть:

x_{ij} – один из параметров j – го свойства

$f_i(x_{ij})$ – функция распределения этого параметра.

Тогда функционал одного свойства определяется выражением:

$$F_j = A_1[f_1(x_{1j})] \wedge A_2[f_2(x_{1j})] \wedge \dots \wedge A_\eta[f_\eta(x_{\eta j})] \quad (2.25)$$

где η – число параметров j – го свойства;

A_η – функционал i – го параметра.

Точное значение функционала для многих качеств логистической транспортной системы, в случае применения метода экстраполяции, можно только при наличии большого объема статистического материала. В тоже время сложная система, находящаяся в развитии, последовательно походит несколько этапов, то есть находится в динамическом состоянии.

Значит на различных этапах развития можно только прогнозировать с определенной точностью те или иные вероятностные состояния показатели свойств системы. В любом случае при анализе сложной логистической транспортной системы интегрирующей различные виды транспорта необходимо выполнить ряд последовательных действий:

1. Выбор показателей отдельных свойств системы характерных как для отдельных видов транспорта, так и общие для их совокупности.
2. Разработать математическую модель для определения оценок показателей эффективности на каждом этапе развития системы. Под развитием

системы, в том числе, может пониматься последовательное включение в логистическую системы отдельных видов транспорта.

3. Установление требований точности к оценкам показателей эффективности системы.

4. Проведение расчётов для определения показателей эффективности и точности получаемых оценок.

5. Проведение испытания системы в виде вычислительного эксперимента и поучение оценок эффективности системы

6. Разработку рекомендаций по применения разработанных аналитических инструментов или программного обеспечения на их основе для выработки необходимых действий в системе.

В такой постановке задача статистического или вероятностного анализа сложных систем органически переходит в задачу статистического синтеза нового качества, а от неё к более общей задаче – управлением эффективностью сложных логистических транспортных систем. Тогда в качестве объекта управления выступает сама система, а её управлением занимается управляющая система, которая распределяет ресурсы (сырьё, материалы, финансы).

Наибольшую сложность при построении управляющей системы вызывает построение математической модели адекватной исследуемому процессу. При организации управляющих систем широкое распространение получили статистические исследования при помощи метода Монте-Карло. Но его недостатком является необходимость проведения больших серий вычислительных экспериментов, то есть фактически в процессе моделирования создается эмпирическая среда, соответствующая характеристиками взаимодействия логистической системы в внешней и внутренней средой. Такие методы, даже с учетом возможностей современных цифровых технологий не позволяют получить отклик на возможное действие системы в «он-лайн» режиме, то есть в режиме реального времени.

Для логистических транспортных систем, когда не исключается необходимость и должна быть обеспечена возможность переориентирования

движение объектов (изменение маршрутов) в системе, как результат значительного возмущающего воздействия внешней среды, не допустимо.

Поэтому в настоящее время предпочтения отдаются использованию информационных критериев для оценки эффективности действий в сложных системах. В качестве одного из измерителей таких критериев может быть взята мера количества информации $I(t)$, вводимой в логистическую сложную систему для устранения неопределенности поведения самой системы, то есть устранения неопределенности событий:

$$I(t) = H_{\text{экс}}(t) - H_k(t) \quad (2.26)$$

где $H_{\text{экс}}(t)$ – энтропия эталонной системы,

$H_k(t)$ – энтропия исследуемой системы с определяющим параметром k , который показывает степень концентрации распределений вероятностей эффективного состояния элементов или подсистем в системе

С ростом определяющего параметра k , энтропия $H_k(t)$ исследуемой системы уменьшается. Поскольку исходная неопределенность $H_{\text{экс}}(t)$ эталонной системы является фиксированной величиной, то уменьшение энтропии приводит росту информации $I(t)$, а, следовательно к росту эффективности действий в системе. Величина $I(t)$ зависит от множества факторов:

наличии избыточности структуры в системе,

организации системы.

возможности самоорганизации и т.д.

Следовательно, $I(t)$ – характеризует способность системы поддерживать и сохранять устойчивость нормального функционирования. Эта информация доставляется выборкой случайных значений эффективности действий по специально спроектированным алгоритмам.

Каждое значение случайной величины несет информацию о степени упорядоченности в системе, о происходящих в ней изменениях структуры и

параметров. Нетрудно заметить, что информационный критерий характеризует степень приспособленности системы к определенной задаче и совпадает с понятием эффективности в системе. Последнее является общепринятой характеристикой сложной системы. Тогда эффективность в логистической транспортной системы в общем виде записывается как:

$$\Phi = \sum_{i=1}^M \Phi_i P(w_i) \quad (2.27)$$

где Φ_i – условная эффективность системы, находящаяся в w_i -ом состоянии, $P(w_i)$ вероятность этого состояния.

Тогда потоки событий в логистической транспортной системе, интегрирующей несколько видов транспорта необходимо рассматривать как информационные сообщения, когда в качестве источника сообщений можно взять события на маршруте доставки груза потребителю. Сообщение о событиях на маршруте доставки можно представить следующим образом.

$$\|X\|_P = \left\| \begin{matrix} X_1, X_2, X_3, \dots, X_m \\ P_1, P_2, P_3, \dots, P_m \end{matrix} \right\|, \quad (2.28)$$

где X_1 – события, а P_1 – вероятности их возникновения.

В качестве критериев, определяющих новую синтезируемую структуру, должны рассматриваться свойства системы для выполнения заложенного функционала, то есть использования её по назначению. При независимости событий неопределённость маршрута как источника информации может быть охарактеризована его энтропией:

$$H(X) = - \sum_{i=1}^m P_i \log P_i \quad (2.29)$$

Выводы по второй главе

Во-второй главе была произведена систематизация измерителей эффективности производства на различных видах транспорта и дана сравнительной оценка методов определения эффективности в логистических транспортных системах их объединяющих. Проведенный системный анализ позволил сделать следующее выводы:

1. В каждом виде транспорта приняты собственные (специфические) измерители объема выполненной транспортной работы, что обусловлено различиям в технологических процессах доставки груза, организации работ и конструктивными различиями подвижного состава, погрузочно-разгрузочного оборудования и т.д.

2. Определено, что специфика измерителей эффективности различных видов транспорта предполагает объективную разнородность измерителей производительности по основным физическим параметрам транспортной работы: по объему перевозок; по направлению перевозок; по длительности транспортировки, а, следовательно, по времени расчётного цикла.

3. Методы решения задач по оценке эффективности различных хозяйственных мероприятий на транспорте, основанные на системе детерминированных коэффициентов, которые последовательно снимают неопределённость в исследуемой системе, сложилась исторически. Большинство коэффициентов, которые снимали неопределенность в системе оценивания строго были регламентированы, и порядок проведения их расчетов был разработан указан в соответствующих методиках. При этом отсутствует единая система снятия неопределенности при интегрировании различных видов транспорта в единую логистическую систему.

4. Для оценки эффективности работы отдельных транспортной компании в конкретных условиях эксплуатации в качестве основного обобщающего измерителя, как правило применяются простейшая формула через определение приведенных затрат на перевозки или в отдельных случаях через определение

себестоимости перевозок, что не позволяет сформировать единую систему измерителей из-за субъективности оценок функционирования по финансовым показателям.

5. С развитием рыночных отношений разделение оценок эффективности по видам транспорта осложняет возможность её расчёта, так как оценка эффективности транспортного комплекса предполагает полный учет многих многочисленных факторов, что приводит к значительной степени неопределенности в исследуемой системе. Эта неопределённость характеризуется вероятностями возникновения событий, связанных с этими факторами, и продолжительностью самих событий. Поэтому можно утверждать, что, тема единой структуры измерителей и методов определения эффективности функционирования транспортно-логистических систем, в данных условиях (условиях стохастической неопределенности исследуемых показателей) до конца не раскрыта.

6. В данном исследовании предполагается разработать метод обеспечения единства измерителей в логистических транспортных на основе информационного критерия и энтропийного подхода для оценки эффективности действий в сложных системах. В качестве информационного критерия принимается мера количества информации $I(t)$, вводимой в логистическую сложную систему для устранения неопределенности поведения самой системы.

РАЗРАБОТКА АНАЛИТИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ МЕТОДА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРИТЕЛЕЙ В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ

3.1 Разработка экспоненциальной модели определения вероятностей эффективного состояния логистической транспортной системы

Моделирование, как метод исследования сводится к трем основным процедурам: определение модели объекта, экспериментирование с моделью и перенесение выводов, полученных при эксперименте с моделью, на объект (в силу симметричности отношений между объектом и его моделью. Наиболее многочисленную группу составляют статистико-вероятностные и экономико-математические модели. Статистические методы прогнозирования основываются главным образом на предположении о существовании корреляционной связи между объектами производства. То есть, когда при наличии корреляционной связи между многими событийными величинами по данным одного события хотят предсказать другое событие обычно применяют уравнения регрессии. Если есть необходимость исследовать корреляционную связь между многими событиями или величинами, то пользуются уравнениями множественной регрессии [75,76,77, 78,79,80,81 и др.].

Применимость регрессионных уравнений в системах прогнозирования не имеет достаточного теоретического обоснования. Практика показывает, что применение регрессионных моделей допустимо лишь в тех случаях, когда существует возможность аппроксимации с приемлемой точностью ряда опытных данных и соблюдается постоянство процентного изменения рассматриваемого параметра. Трудности в определении параметров экстраполяции данных в сложных логистических транспортных системах, интегрирующих несколько видов транспорта и функционирующих в динамически неустойчивой внешней среде, вызывают необходимость применения методов прогнозирования на основе моделей эволюции или энтропийном подходе [82,83,84,85,86].

Как известно, любой измеритель эффективности в логистической транспортной системе в общем виде определяется двумя составляющим: численным показателем исследуемого процесса (транспортная составляющая) и значением его влияния на эффективность транспортного процесса (логистическая составляющая). Объективно повлиять на первую составляющую в текущем состоянии системы невозможно без её реструктуризации и (или) изменения входов в систему. Вторая составляющая измерителя транспортного процесса определяется совокупностью влияния внешнего и внутреннего факторного пространства и является величиной переменной в зависимости от условий применения, в том числе и от вида транспорта. Поэтому разрабатываемый метод, обеспечивающий единство измерителей эффективности в логистических транспортных системах, должен быть основан на управлении, базирующемся на прогнозировании значения влияния факторного пространства на исследуемый процесс в целях повышения эффективности системы в целом. Поэтому в данном исследовании отдается предпочтение моделям прогнозирования, основанных на использовании информационных критериев для оценки эффективности действий в сложных системах. В качестве одного из измерителей таких критериев может быть взята мера количества информации $I(t)$, вводимой в логистическую сложную систему для устранения неопределенности поведения самой системы, то есть устранения неопределенности событий:

$$I(t) = H_{\text{экс}}(t) - H_k(t) \quad (3.1)$$

где $H_{\text{экс}}(t)$ – энтропия эталонной системы;

$H_k(t)$ – энтропия исследуемой системы с определяющим параметром k , который показывает степень концентрации распределений вероятностей эффективного состояния элементов или подсистем в системе

Характерной особенностью модели (3.1) является то, что $H_{\text{экс}}(t)$ энтропия эталонной системы определения вероятности эффективной работы описывается экспоненциальным законом. Математическая запись модели имеет вид:

$$H_{\text{экс}}(t) = H_{j0} \exp(bt) \quad (3.2)$$

Достоверность прогноза в этом случае обусловлена тем, насколько близка к экспоненте тенденция рассматриваемого параметра [87,88,89]. Данный подход применяется в упрощенном виде для прогнозирования по «асимптотической экспоненциальной модели», графическим представлением которой является так называемая «логистическая кривая» исходя из того, что модель будет иметь следующее аналитическое выражение.

$$z = \frac{a}{1 + b e^{-ct}} \quad (3.3)$$

где a, b, c - коэффициенты причем $c > 0$, а значение (a) определяет асимптоту, к которой стремится логистическая кривая.

Логистическая модель как более гибкая по сравнению с экспоненциальной все же не является точной количественной характеристикой данных о развитии исследуемого параметра, а лишь отображает общие наблюдаемые тенденции в развитии этого параметра. Именно это является основным недостатком прогнозирования с применением «логистической кривой». При исследовании множества параметров, агрегированных по нескольким видам транспорта применение «асимптотической экспоненциальной модели» практически невозможно. Кроме того, большая инерционность модели не позволяет быстро оценивать самые последние изменения исследуемого процесса [90,91,92]. Поэтому возникает необходимость разработки методов, направленных на получение общей закономерности развития модели.

В этом случае «ядром» метода является информация о степени упорядоченности в системе, а параметром её отражающим становится информационный критерий. Информационный критерий характеризует степень приспособленности системы к определенной задаче и совпадает с понятием эффективности в системе и может характеризовать количественно один или нескольких параметров, изменения которых представляют случайные процессы, неподчиняющиеся классическим законам распределения случайных величин, то есть функционирующих в условиях неопределенности.

Для применения информационного критерия в сложной логистической транспортной системе, интегрирующей несколько видов транспорта необходимо сформировать структуру функционала на основании (2.35). По аналогии с (2.35), где x_{ij} – один из параметров j – го свойства, а $f_i(x_{ij})$ – функция распределения этого параметра будем иметь выражение для оценки нескольких видов транспорта по нескольким критериям эффективности:

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= A_{11}[f_{11}(x_{11})] \wedge A_{21}[f_{21}(x_{21})] \wedge \dots \wedge A_{m1}[f_{m1}(x_{m1})] \\ F_2 &= A_{12}[f_{12}(x_{12})] \wedge A_{22}[f_{22}(x_{22})] \wedge \dots \wedge A_{m2}[f_{m2}(x_{m2})] \\ &\quad \dots \\ F_n &= A_{nm}[f_{nm}(x_{nm})] \wedge A_{nm}[f_{nm}(x_{nm})] \wedge \dots \wedge A_{nm}[f_{nm}(x_{nm})] \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

$j = 1 \dots n, i = 1 \dots m$

где m – число параметров j – го свойства, соответствующее количеству исследуемых видов транспорта

j – количество исследуемых свойств

A_{nm} – функционал i – го параметра для j – го свойства

F_n – функционал j – го свойства

Тогда эффективность Φ_i для i -го состояния или вида транспорта логистической транспортной системы определяется по j -ой совокупности свойств общих для всех видов транспорта.

В этом случае формула (2.37) с учетом (3.3) трансформируется в следующее выражение:

$$\Phi_i = \sum_{j=1}^n \Phi_{ij} P(w_j) \quad (3.4)$$

где Φ_i – условная эффективность системы для отдельного состояния системы или вида транспорта, характеризуем набором j -ой совокупностью свойств;

$P(w_j)$ вероятность проявления исследуемых свойств.

Тогда для каждого вида транспорта, исходя из (3.4)

$$\sum_{j=1}^n P(w_j) = 1 \quad (3.5)$$

а, при интеграции нескольких видов транспорта выражение (2.38) в единый маршрут можно представить следующим образом.

$$\left\| \begin{matrix} X_{ij} \\ P_{ij} \end{matrix} \right\| = \left\| \begin{matrix} X_{1j}, X_{2j}, X_{3j}, \dots, X_{mj} \\ P_{1j}(w_j), P_{2j}(w_j), P_{3j}(w_j), \dots, P_{mj}(w_j) \end{matrix} \right\|, \quad (3.6)$$

где X_{mn} – события для каждого вида транспорта, определяемые совокупностью свойств,

P_{mn} – вероятности их проявления.

При этом при независимости событий неопределённость маршрута как источника информации может быть охарактеризована его энтропией:

$$H_i(X_{mn}) = - \sum_{i=1}^m P_{ij}(w_j) \log P(w_j) \quad (3.7)$$

Математическая модель поиска максимально возможной эффективности логистической транспортной системы для отдельных участков маршрута по совокупности присущих всем видам транспорта свойств (критериев качества), основанная аналитическом определении информационного критерия может быть записана в следующем виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Phi_i = \sum_{j=1}^n P_j X_{ij} \rightarrow \max, \\ \sum_{j=1}^n P_j = 1, 0 \leq P_j \leq 1, c_j \geq P_{j+1}, j = \overline{1, n-1} \\ B_{ij} = \begin{cases} \frac{A_{ij}}{\max_{1 \leq i \leq m} A_{ij}} \\ \frac{\min_{1 \leq i \leq m} A_{ij}}{A_{ij}} \end{cases}; B_{kj} = \max_j B_{ij}, \\ K_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{c_{ij}}, \text{ если } j \leq c_{ij}, \\ 0, \text{ если } j > c_{ij}, \end{cases} \\ j = 1 \dots n, \text{ где } K_{ij} \equiv P_j, B_{ij} \equiv X_{ij} \\ \Phi_i = \sum_{j=1}^n K_{ij} B_{ij}; \\ \Phi_{ij} = \max_{1 \leq i \leq m} \Phi_i \end{array} \right. \quad (3.8)$$

где X_{ij} - переменное значение параметра, принимающее текущее значение A_{ij} для исследуемого участка маршрута

B_{ij} – нормированное значение показателя A_{ij} качественных измерителей отдельных свойств системы или критериев целеполагания)

B_{kj} – максимальное значение нормированного показателя A_{ij} для отдельного вида транспорта на всей совокупности исследуемых свойств, $j = 1 \dots n$;

c_{ij} – принимаемое значение индекса j , соответствующее, условию: $B_{kj} = \max_j B_{ij}$;

K_{ij} - значение информационного критерия, соответствующего $P(w_j)$ вероятности проявления исследуемых свойств, при котором будет реализован максимум потенциала системы;

Φ_i - максимальная эффективность отдельного вида транспорта в текущем состоянии системы

Φ_{ij} – максимальная эффективность системы на отдельном участке маршрута на основании выбора максимально эффективного вида транспорта

3.2 Оценка достоверности модели информационного критерия для определения вероятностей эффективного состояния на отдельных участках логистической транспортной системы

Для оценки достоверности модели информационного критерия для определения вероятностей эффективного состояния на отдельных участках логистической транспортной системы проведем вычислительный эксперимент. Для проведения вычислительного эксперимента реализуем аналитическую модель (3.8) в исследовательском программном обеспечении, написанном на алгоритмическом языке C++.

Оценки достоверности модели информационного критерия для определения вероятностей эффективного состояния на отдельных участках логистической транспортной системы производятся на соответствии полученных в результате вычислений по случайной выборке исходных данных экспоненциальному распределению вероятностей эффективных состояний по отдельным параметрам исследуемых свойств.

Представим исходные данные для проведения вычислительного эксперимента в виде матрицы, состоящей из набора 5-и параметров для 4-х свойств.

$$\Phi_3 = \begin{vmatrix} P_{11}356 & P_{12}3,2 & P_{13}24 & P_{14}1043 \\ P_{21}241 & P_{22}4,3 & P_{23}34 & P_{24}1098 \\ P_{31}678 & P_{32}5,6 & P_{33}45 & P_{34}1114 \\ P_{41}457 & P_{42}7,7 & P_{43}46 & P_{44}1123 \\ P_{51}452 & P_{52}5,3 & P_{53}40 & P_{54}1456 \end{vmatrix} \quad (3.9)$$

Таблица 3.1 – Таблица формирования исходных данных для отдельного участка
логистической транспортной системы

Вид транспорта	F_n				
	$j - \text{го свойство}$				Φ_i
	1	2	...	n	
$i = 1$	X_{11} $= P_{11}A_{11}$	x_{11} $= P_{12}A_{12}$	...	x_{1n} $= P_{1n}A_{1n}$	Φ_1
$i = 2$	X_{21} $= p_{21}a_{21}$	X_{22} $= p_{22}a_{22}$	...	X_{2n} $= p_{2n}a_{2n}$	Φ_2
...	...	...	...	...	
$i = m$	X_{m2} $= P_{m1}A_{m1}$	X_{m1} $= P_{m1}A_{m1}$	...	X_{mn} $= P_{mn}A_{mn}$	Φ_m
Целеполагание	max	max	min	min	

Ниже на рисунках 3.1 ... 3.4 приведены интерфейсы процедуры вычислений
в программном обеспечении C++

Введите количество критериев (N) Введите количество решений (M)

	K0	K1	K2	K3
D0	356	3,2	24	1043
D1	241	4,3	34	1098
D2	678	5,6	45	1114
D3	457	7,7	46	1123
D4	452	5,3	40	1456
min-max	max	max	min	min

Рисунок 3.1 – Модуль ввода данных

Введите количество критериев (N) Введите количество решений (M)

	K0	K1	K2	K3
D0	0,163	0,123	0,298	0,221
D1	0,110	0,165	0,210	0,210
D2	0,310	0,214	0,159	0,207
D3	0,209	0,295	0,155	0,205
D4	0,207	0,203	0,179	0,158
► min-max	max	max	min	min

Рисунок 3.2 – Модуль нормирования данных

Введите количество критериев (N) Введите количество решений (M)

	K0	K1	K2	K3
D0	0,163	0,123	0,298	0,221
D1	0,110	0,165	0,210	0,210
D2	0,310	0,214	0,159	0,207
D3	0,209	0,295	0,155	0,205
D4	0,207	0,203	0,179	0,158
► min-max	max	max	min	min

			Laplace
► 1	P1>P2>P3>P4	D0=0.19; D1=0.16; D2=0.31; D3=0.25; D4=0.21; 3	D0=0,201
2	P1>P2>P4>P3	D0=0.17; D1=0.16; D2=0.31; D3=0.25; D4=0.21; 3	D1=0,174
3	P1>P3>P2>P4	D0=0.19; D1=0.16; D2=0.31; D3=0.18; D4=0.21; 3	D2=0,223
4	P1>P3>P4>P2	D0=0.23; D1=0.18; D2=0.31; D3=0.18; D4=0.21; 3	D3=0,216
5	P1>P4>P3>P2	D0=0.23; D1=0.18; D2=0.31; D3=0.21; D4=0.21; 3	D4=0,187
6	P1>P4>P2>P3	D0=0.17; D1=0.16; D2=0.31; D3=0.21; D4=0.21; 3	
7	P2>P1>P3>P4	D0=0.19; D1=0.16; D2=0.21; D3=0.25; D4=0.20; 4	
8	P2>P1>P4>P3	D0=0.17; D1=0.16; D2=0.21; D3=0.25; D4=0.20; 4	
9	P2>P3>P1>P4	D0=0.19; D1=0.16; D2=0.21; D3=0.23; D4=0.20; 4	
10	P2>P3>P4>P1	D0=0.21; D1=0.20; D2=0.21; D3=0.23; D4=0.20; 4	
11	P2>P4>P3>P1	D0=0.21; D1=0.20; D2=0.21; D3=0.25; D4=0.20; 4	

Рисунок 3.3 – Модуль процедуры вычислений

Введите количество критериев (N) Введите количество решений (M)

	K0	K1	K2	K3
D0	0,163	0,123	0,298	0,221
D1	0,110	0,165	0,210	0,210
D2	0,310	0,214	0,159	0,207
D3	0,209	0,295	0,155	0,205
D4	0,207	0,203	0,179	0,158
min-max	max	max	min	min

			Laplace
1	P1>P2>P3>P4	D0=0.19; D1=0.16; D2=0.31; D3=0.25; D4=0.21; 3	D0=0,201
2	P1>P2>P4>P3	D0=0.17; D1=0.16; D2=0.31; D3=0.25; D4=0.21; 3	D1=0,174
3	P1>P3>P2>P4	D0=0.19; D1=0.16; D2=0.31; D3=0.18; D4=0.21; 3	D2=0,223
4	P1>P3>P4>P2	D0=0.23; D1=0.18; D2=0.31; D3=0.18; D4=0.21; 3	D3=0,216
5	P1>P4>P3>P2	D0=0.23; D1=0.18; D2=0.31; D3=0.21; D4=0.21; 3	D4=0,187
6	P1>P4>P2>P3	D0=0.17; D1=0.16; D2=0.31; D3=0.21; D4=0.21; 3	
7	P2>P1>P3>P4	D0=0.19; D1=0.16; D2=0.21; D3=0.25; D4=0.20; 4	
8	P2>P1>P4>P3	D0=0.17; D1=0.16; D2=0.21; D3=0.25; D4=0.20; 4	
9	P2>P3>P1>P4	D0=0.19; D1=0.16; D2=0.21; D3=0.23; D4=0.20; 4	
10	P2>P3>P4>P1	D0=0.21; D1=0.20; D2=0.21; D3=0.23; D4=0.20; 4	
11	P2>P4>P3>P1	D0=0.21; D1=0.20; D2=0.21; D3=0.25; D4=0.20; 4	

X

D0=7
D1=0
D2=7
D3=10
D4=0

Рисунок 3.4 – Экран результатов расчёта вычислений

Особенностью разработанной модели и соответствующего программного обеспечения является то, что расчёт производится последовательно для ряда информационных состояний исследуемой системы. Ряд информационных состояний исследуемой системы состоит из набора приоритетов, определяемого количеством исследуемых свойств [93,94,95]. В данном случае для 4-х исследуемых свойств результаты расчёта представлены в виде совокупности 24-х возможных состояний приоритетов (таблица 3.2). Необходимость введения приоритетного соотношения между исследуемыми свойствами определяется практикой транспортных и экспедиторских компаний. Во всех компаниях в зависимости от условий их деятельности всегда существует набор предпочтений между исследуемыми свойствами.

Поэтому в разработанной модели информационного критерия для определения вероятностей эффективного состояния на отдельных участках логистической транспортной системы были учтены пожелания экспертов из состава участников рынка транспортах услуг, заключающихся в необходимости оценки предпочтений по критериям целеполагания. Блок-схема и алгоритм исследовательского ПО представлены на рисунках 3.5 и 3.6.

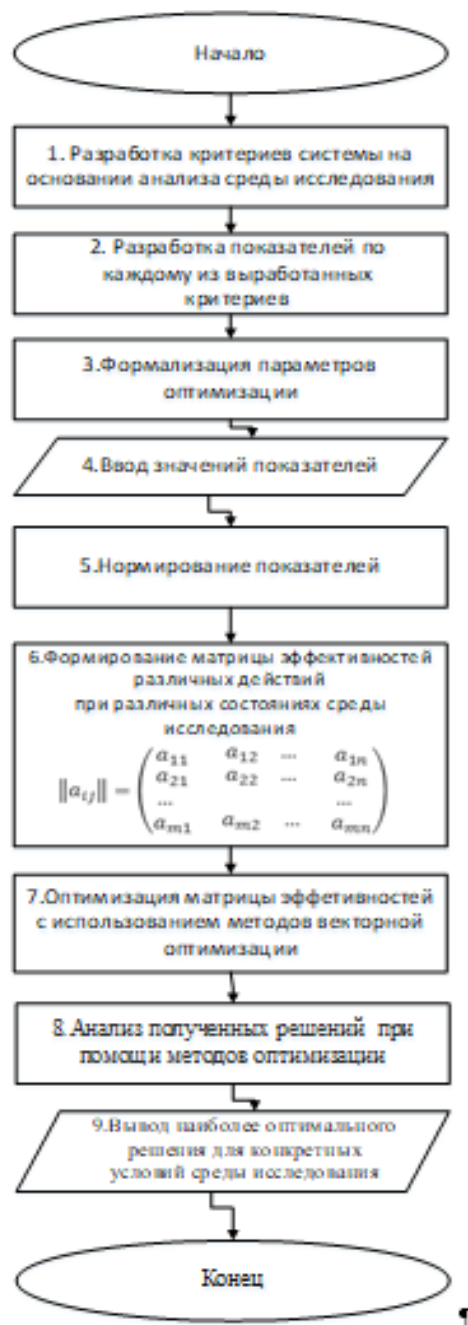


Рисунок 3.5 – Блок схема исследовательского ПО

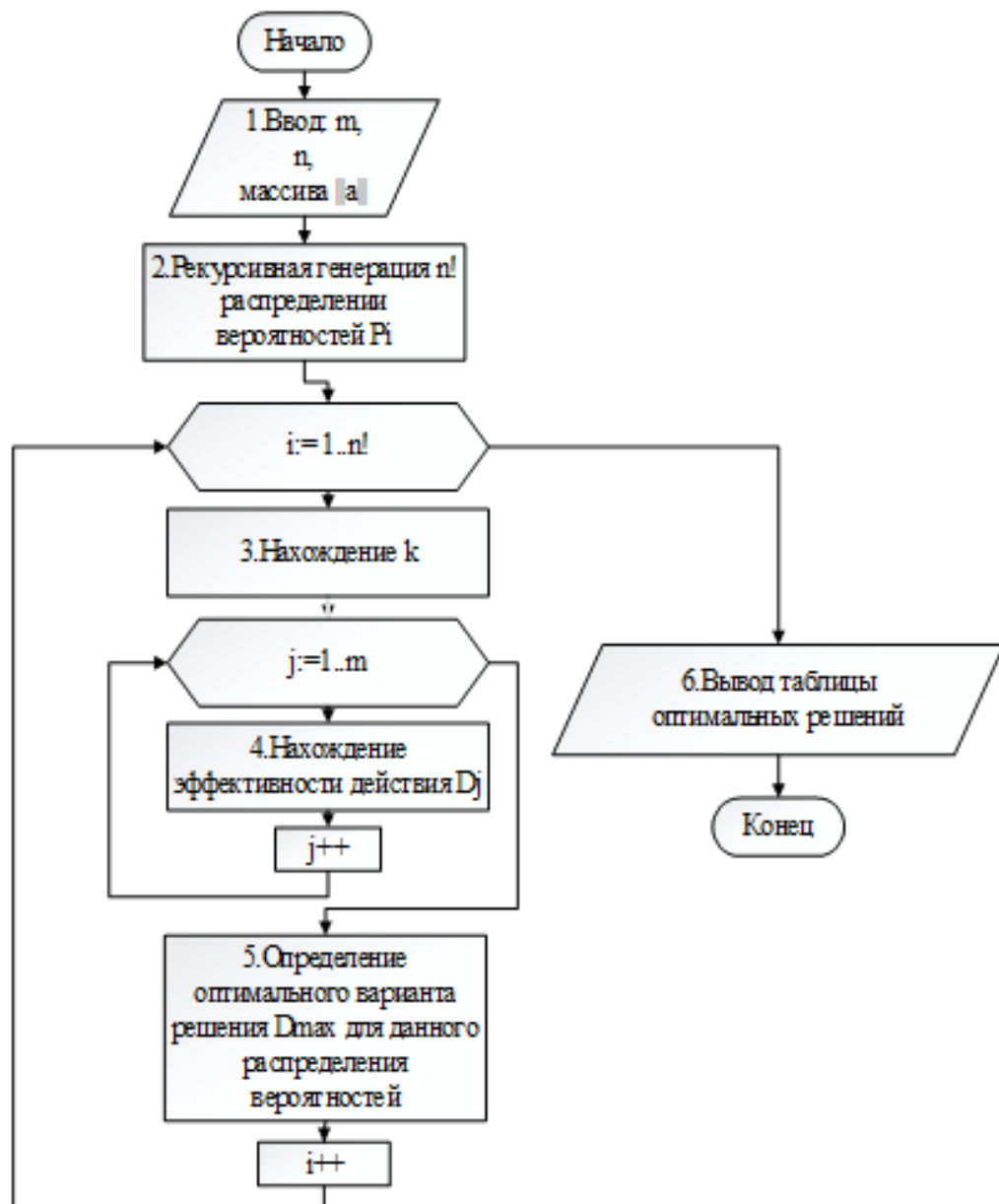


Рисунок 3.6 – Укрупнённая схема алгоритма исследовательского ПО

Результаты расчётов, произведенных с помощью вычислительного эксперимента представлены в таблице 3.2 и сведены в таблицу EXCEL (таблица 3.3), на основании которых были построены графики изменения информационного состояния исследуемой системы (рисунок 3.7).

Таблица 3.2 – Полный спектр данных результаты расчёта в виде набора предпочтений по критериям целеполагания

Номер предпочтения	Вид предпочтения	Результаты расчёта эффективности					Эффективности при отсутствии приоритета
1	P1>P2>P3>P4	D0=0,19	D1=0,16	D2=0,31	D3=0,25	D4=0,21	D0=0,201
2	P1>P2>P4>P3	D0=0,17	D1=0,16	D2=0,31	D3=0,25	D4=0,21	D1=0,174
3	P1>P3>P2>P4	D0=0,19	D1=0,16	D2=0,31	D3=0,18	D4=0,21	D2=0,223
4	P1>P3>P4>P2	D0=0,23	D1=0,18	D2=0,31	D3=0,18	D4=0,21	D3=0,216
5	P1>P4>P3>P2	D0=0,23	D1=0,18	D2=0,31	D3=0,21	D4=0,21	D4=0,187
6	P1>P4>P2>P3	D0=0,17	D1=0,16	D2=0,31	D3=0,21	D4=0,21	
7	P2>P1>P3>P4	D0=0,19	D1=0,16	D2=0,21	D3=0,25	D4=0,20	
8	P2>P1>P4>P3	D0=0,17	D1=0,16	D2=0,21	D3=0,25	D4=0,20	
9	P2>P3>P1>P4	D0=0,19	D1=0,16	D2=0,21	D3=0,23	D4=0,20	
10	P2>P3>P4>P1	D0=0,21	D1=0,20	D2=0,21	D3=0,23	D4=0,20	
11	P2>P4>P3>P1	D0=0,21	D1=0,20	D2=0,21	D3=0,25	D4=0,20	
12	P2>P4>P1>P3	D0=0,17	D1=0,16	D2=0,21	D3=0,25	D4=0,20	
13	P3>P2>P1>P4	D0=0,19	D1=0,16	D2=0,16	D3=0,23	D4=0,18	
14	P3>P2>P4>P1	D0=0,21	D1=0,20	D2=0,16	D3=0,23	D4=0,18	
15	P3>P1>P2>P4	D0=0,19	D1=0,16	D2=0,16	D3=0,18	D4=0,18	
16	P3>P1>P4>P2	D0=0,23	D1=0,18	D2=0,16	D3=0,18	D4=0,18	
17	P3>P4>P1>P2	D0=0,23	D1=0,18	D2=0,16	D3=0,18	D4=0,18	
18	P3>P4>P2>P1	D0=0,21	D1=0,20	D2=0,16	D3=0,18	D4=0,18	
19	P4>P2>P3>P1	D0=0,21	D1=0,20	D2=0,21	D3=0,25	D4=0,16	
20	P4>P2>P1>P3	D0=0,17	D1=0,16	D2=0,21	D3=0,25	D4=0,16	
21	P4>P3>P2>P1	D0=0,21	D1=0,20	D2=0,21	D3=0,18	D4=0,16	
22	P4>P3>P1>P2	D0=0,23	D1=0,18	D2=0,21	D3=0,18	D4=0,16	
23	P4>P1>P3>P2	D0=0,23	D1=0,18	D2=0,21	D3=0,21	D4=0,16	
24	P4>P1>P2>P3	D0=0,17	D1=0,16	D2=0,21	D3=0,21	D4=0,16	

Таблица 3.3 – Выборка результатов расчетов для отдельных предпочтений, соответствующих информационных ситуаций

Ряд предпочтений	Φ_1	Φ_2	Φ_3	Φ_4	Φ_5
P1>P2>P3>P4	0,31	0,25	0,21	0,19	0,16
P2>P1>P3>P4	0,25	0,21	0,2	0,19	0,16
P3>P2>P4>P1	0,23	0,21	0,2	0,18	0,16
P4>P2>P3>P1	0,25	0,23	0,21	0,2	0,16

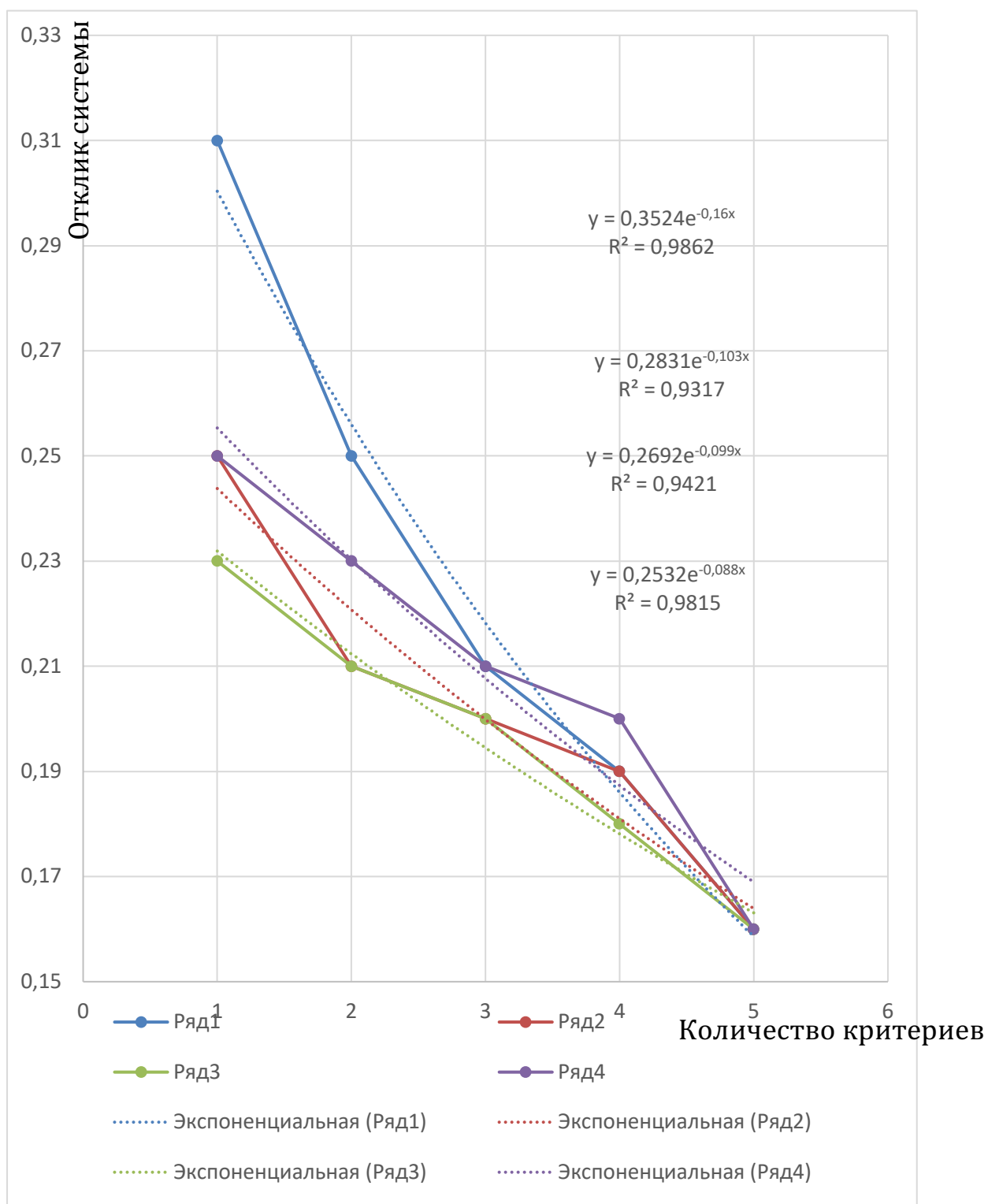


Рисунок 3.7 – Графики изменения информационного состояния в исследуемой системе на отдельном участке в порядке убывания энтропии (снятия неопределенности). Источник: [разработано автором]

Полученные результаты расчёта, продемонстрированные на графике 3.5 однозначно подтверждают, что количественная оценка эффективности

логистической системы на отдельном участке при использовании разработанной модели информационного критерия подчиняется убывающей экспоненциальной зависимости с высокой степенью детерминации (коэффициент детерминации во всех случаях выше 0,9). Характеристики полученных экспоненциальных зависимостей подчиняются постулату снятия неопределенности, сформулированному условием постановки задачи (3.2). Поэтому можно утверждать, что разработанная модель информационного критерия для определения вероятностей эффективного состояния на отдельных участках логистической транспортной системы является соответствующей условиям задачи (3.2) и является достоверной.

3.3 Разработка алгоритмов программного обеспечения определения оптимальной траектории объекта доставки грузов в интегрированной логистической транспортной сети

Разработка модели информационного критерия позволяет перейти к построению алгоритмов определения оптимальной траектории перемещения партии груза в интегрированной логистической транспортной сети. Для построения алгоритмов определения оптимальной траектории перемещения партии груза в интегрированной логистической транспортной сети применим алгоритм Беллмана–Форда модернизируем в соответствии с целями исследования. [96,97,98,99,100] При этом необходимо учитывать, что традиционный алгоритм решения задачи динамического программирования опирается на однокритериальную модель, то есть при определении траектории движения объекта (S) исследуется единственный показатель (3.1)). В нашем случае применение информационного критерия позволит расширить возможности алгоритма Беллмана-Форда для решения многокритериальных задач динамического программирования

$$S = \{B; X_0; \Phi_i; m(X), \Phi_{\max}(X, \Phi_i), S(X, \max_{1 \leq i \leq m} \Phi_i)\}, \quad (3.10)$$

где B — множество информационных состояний логистической транспортной сети;

X_0 — параметр начального состояния;

Φ_i — множество эффективных состояний логистической транспортной сети;

$m(X)$ — множество вариантов траектории в логистической транспортной системе— $(X \in B | \Phi_i)$;

$\Phi_{\max}(X, \Phi_i)$ — функция эффективного перехода при последовательном управлении в логистической транспортной системе;

$S(X, \max_{1 \leq i \leq m} \Phi_i)$ — функция снятия неопределенности в логистической транспортной системе.

Вычисление значений функции снятия неопределенности в логистической транспортной системе выполняется поэтапно и позволяет упорядочить перебор возможных вариантов оптимальной траектории. При этом при наличии альтернативных вариантов связи в системе (видов транспорта) отдается предпочтение наиболее эффективному по набору исследуемых критериев (рисунок 3.8).

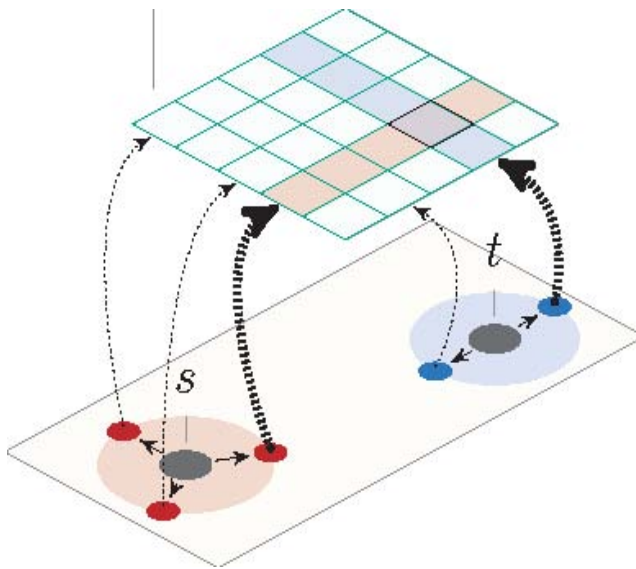


Рисунок 3.8 - Иллюстрация пересечения отдельных видов транспорта в алгоритме снятия неопределенности в логистической транспортной системе: S и t – альтернативы перемещения на различных видах транспорта

На рисунках 3.9, 3.10 и 3.11 представлен разработанный алгоритм программного обеспечения, реализующей задачу динамического программирования [101,102,103,104,105] по определению оптимальной траектории движения партии груза в интегрированной логистической транспортной системе.

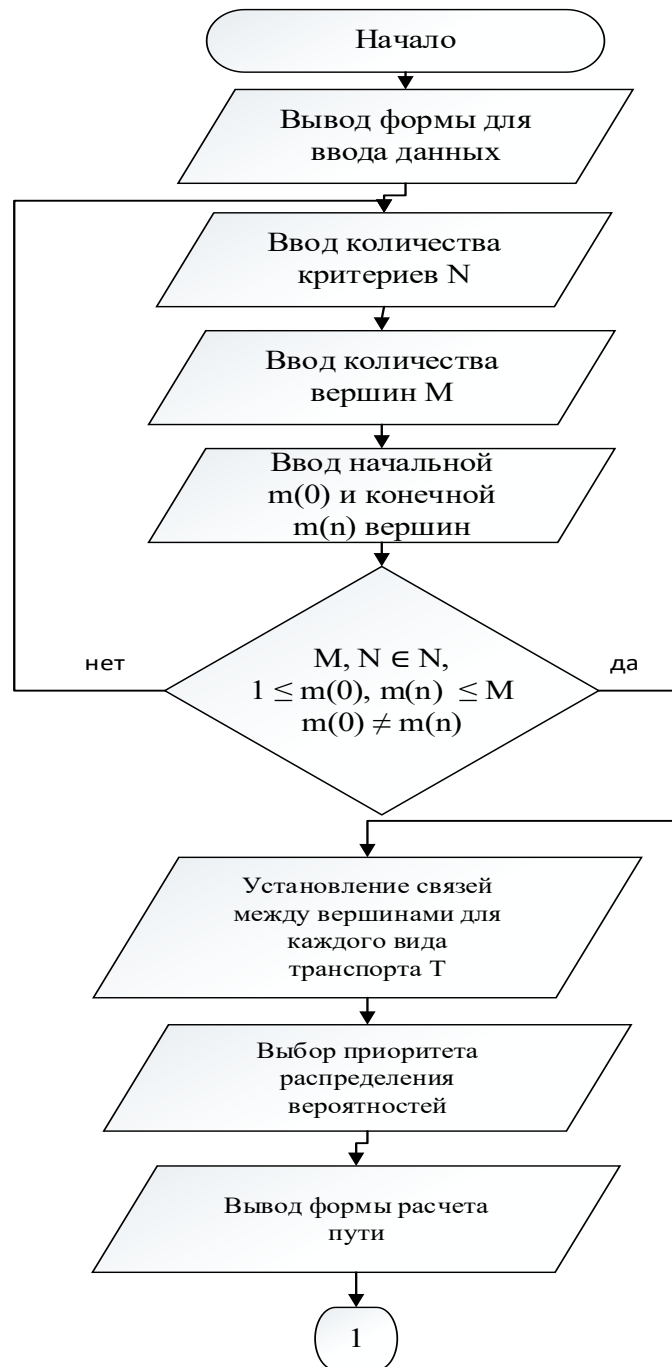


Рисунок 3.9 - Алгоритм программного обеспечения, реализующей задачу динамического программирования по определению оптимальной траектории движения партии груза в интегрированной логистической транспортной системе (начало). Источник: [разработано автором]

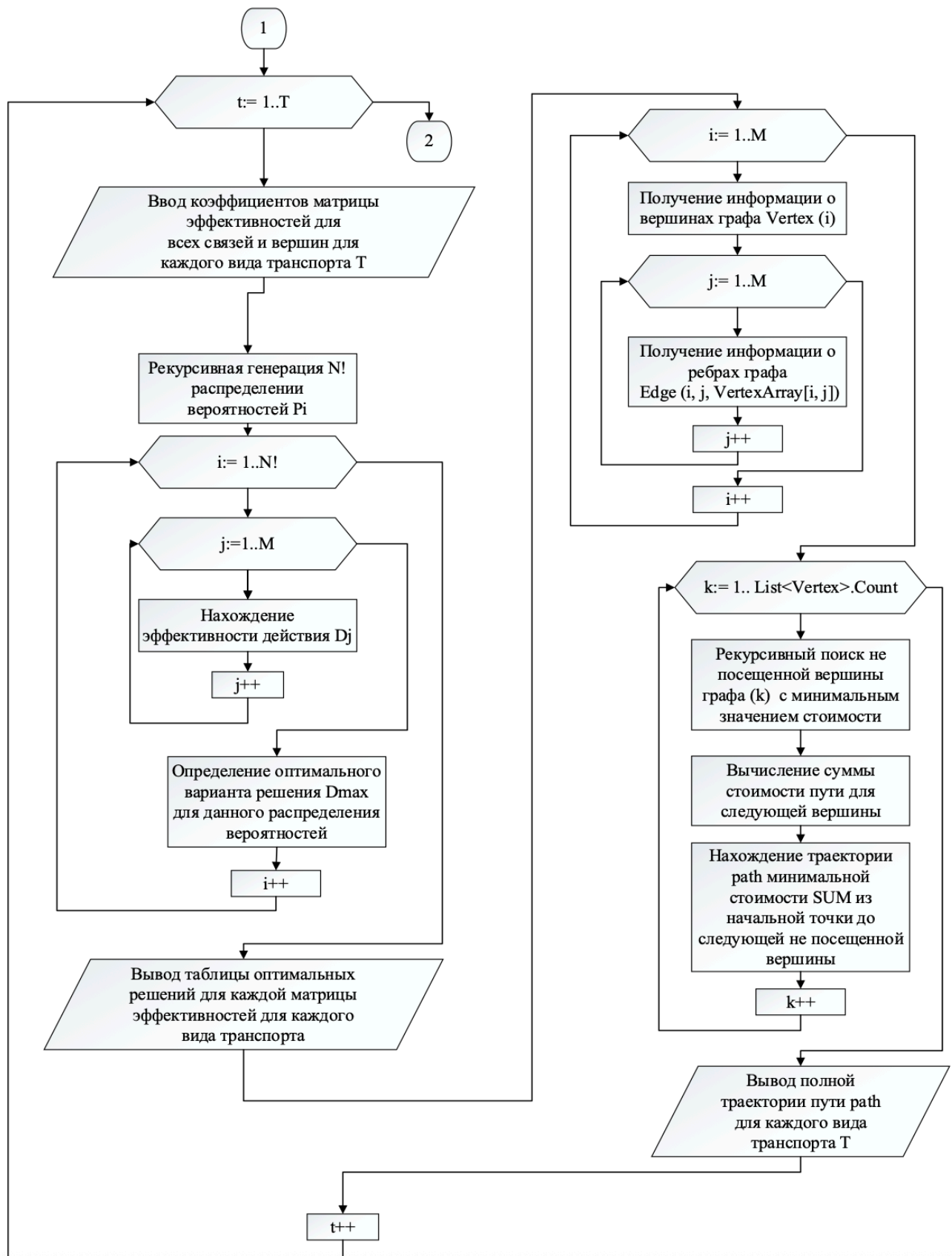


Рисунок 3.10 - Алгоритм программного обеспечения, реализующей задачу динамического программирования по определению оптимальной траектории

движения партии груза в интегрированной логистической транспортной системе
(продолжение). Источник: [разработано автором]



Рисунок 3.11 - Алгоритм программного обеспечения, реализующей задачу динамического программирования по определению оптимальной траектории движения партии груза в интегрированной логистической транспортной системе (окончание). Источник: [разработано автором]

Выводы по третьей главе

В третьей главе разрабатывались модели и алгоритмы получения оптимальных решений при перемещении грузов интегрированной логистической транспортной системе основанные на принципе последовательного снятия неопределённости.

Представленный научный подход обеспечивает единство измерителей эффективности в логистических транспортных системах и основан на управлении, прогнозирующем значения влияния факторного пространства на исследуемый процесс в целях повышения эффективности системы в целом.

Разработанный информационный критерий характеризует степень приспособленности системы к определенной задаче и совпадает с понятием эффективности и характеризует количественно несколько параметров, изменения которых представляют случайные процессы, неподчиняющиеся классическим законам распределения случайных величин, то есть функционирующих в условиях неопределенности.

Оценки достоверности разработанной модели информационного критерия для определения вероятностей эффективного состояния на отдельных участках логистической транспортной системы производилась по случайной выборке исходных данных на предмет соответствия экспоненциальному распределению вероятностей эффективных состояний по отдельным параметрам исследуемых свойств. Полученные результаты расчёта подтвердили, что количественная оценка эффективности логистической системы на отдельном участке при использовании разработанной модели информационного критерия подчиняется убывающей экспоненциальной зависимости с высокой степенью детерминации (коэффициент детерминации во всех случаях выше 0,9). Характер полученных экспоненциальных зависимостей починается постулату снятия неопределенности, сформулированному условием постановки задачи.

Разработка модели информационного критерия позволила перейти к построению алгоритмов определения оптимальной траектории перемещения

партии груза в интегрированной логистической транспортной сети. Для построения алгоритмов определения оптимальной траектории перемещения партии груза в интегрированной логистической транспортной сети модернизировался алгоритм Беллмана–Форда. Разработанный алгоритм программного обеспечения решает задачу динамического программирования по определению оптимальной траектории движения партии груза в интегрированной логистической транспортной системе по нескольким критериям эффективности в условиях стохастической неопределенности внешнего факторного пространства.

4 АПРОБАЦИЯ МЕТОДА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА В ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

4.1 Исходные данные для проведения вычислительного эксперимента по проектированию логистической транспортной сети

Целью проведения вычислительного эксперимента по проектированию логистической транспортной сети является подтверждение рабочей гипотезы исследования, заключающейся в следующем:

Любой измеритель результативности в логистической транспортной системе определяется двумя составляющим: численным показателем исследуемого процесса (транспортная составляющая) и значением его влияния на эффективность транспортного процесса (логистическая составляющая).

Объективно повлиять на первую составляющую в текущем состоянии системы невозможно без её реструктуризации и (или) изменения входов в систему

Вторая составляющая измерителя транспортного процесса определяется совокупностью влияния внешнего и внутреннего факторного пространства и является величиной переменной в зависимости от условий применения, в том числе и от вида транспорта.

Разработанный метод обеспечения единства измерителей эффективности в логистических транспортных системах основан на управлении значением влияния факторного пространства на исследуемый процесс с помощью информационного критерия в целях повышения эффективности системы в целом. Информационный критерий характеризует степень приспособленности системы к определенной задаче и совпадает с понятием эффективности в системе и может характеризовать количественно один или нескольких параметров, изменения которых представляют случайные процессы, неподчиняющиеся классическим законам распределения случайных величин, то есть функционирующих в условиях неопределенности.

Исходными данными для проверки рабочей гипотезы и апробации метода обеспечения единства измерителей эффективности различных видов транспорта в логистических транспортных системах является:

Транспортная сеть на территории РФ, соединяющая ряд крупных городов, и обеспеченная инфраструктурой для взаимодействия различных видов транспорта: автомобильного железнодорожного транспорта, авиационного морского и речного сообщений. Не все города включенные в исследуемую транспортную сеть обеспечены полным составом инфраструктуры для обеспечения всеми видами транспорта, но в целом в сети обеспечивается возможность альтернативного сообщения различными видами транспорта. Ниже приведены условные обозначения и наименования городов и порядковый номер включения их в исследуемую транспортную сеть:

Мр – г. Мурманск, (1)

Бл – г. Беломорск, (2)

СП – г. Санкт-Петербург, (3)

Яр – г. Ярославль, (4)

Ма – г. Москва, (5)

Рд – г. Ростов-на-Дону, (6)

Кр – г. Керчь, (7)

См – Симферополь (8)

Нр – г. Новороссийск (9)

Набор исследуемых показателей, характеризующих транспортную сеть во взаимодействии с отдельными видами транспорта, сгруппированны в три отдельных критерия эффективности. Критерии эффективности определены с учетом аналогичных показателей, применяемых для оценки эффективности протоколов маршрутизации (алгоритмов) и маршрутизаторов (программного обеспечения), разрабатываемых в странах ЕС.

- расстояние перемещения груза в одной единице подвижного состава между дискретными элементами логистической транспортной сети (км);

- время перемещения груза в одной единице подвижного состава между дискретными элементами логистической транспортной сети (сутки);
- тоннаж перемещения пакетированного на поддонах тарно-штучного груза в одной единице подвижного состава между дискретными элементами логистической транспортной сети (т).

Это показатели, отражающие транспортное производство, как физический процесс перемещения грузов во времени и в пространстве. Основным отличим методики применения данного набора показателей от принятых методик расчёта производственной программы по перевозкам в отдельных отраслях транспортного производства в РФ заключается в следующем. Традиционные методики расчёта производственных показателей нацелены на определении необходимого количества подвижного состава для перемещения заданного объема груза, то есть количественным объектом исследования традиционных методик является подвижной состав, а не груз, как объект перемещения. В нашем случае, когда необходимо оптимизировать транспортное производство в рамках интегрированной логистической транспортной сети, количественное соотношение привлекаемого подвижного состава для перевозки является частным (локальным) результатом, обеспечивающим оптимальную траекторию перемещения груза.

Инструментами вычислительного эксперимента по определению оптимальной траектории перемещения груза интегрированной логистической транспортной сети являются:

- Математическая модель определения для информационного критерия, последовательно снимающего значение неопределенности в исследуемой системе: формула (3.8);
- разработанные алгоритмы (рисунки 3.9, 3.10 и 3.11) и реализующие их программной обеспечение (алгоритмический язык C++)

На рисунке 4.1 представлена общая условная схема, содержащая представление блоков исходной информации для проведения вычислительного

эксперимента по оптимизации транспортного производства в интегрированной транспортно-логистической системе.

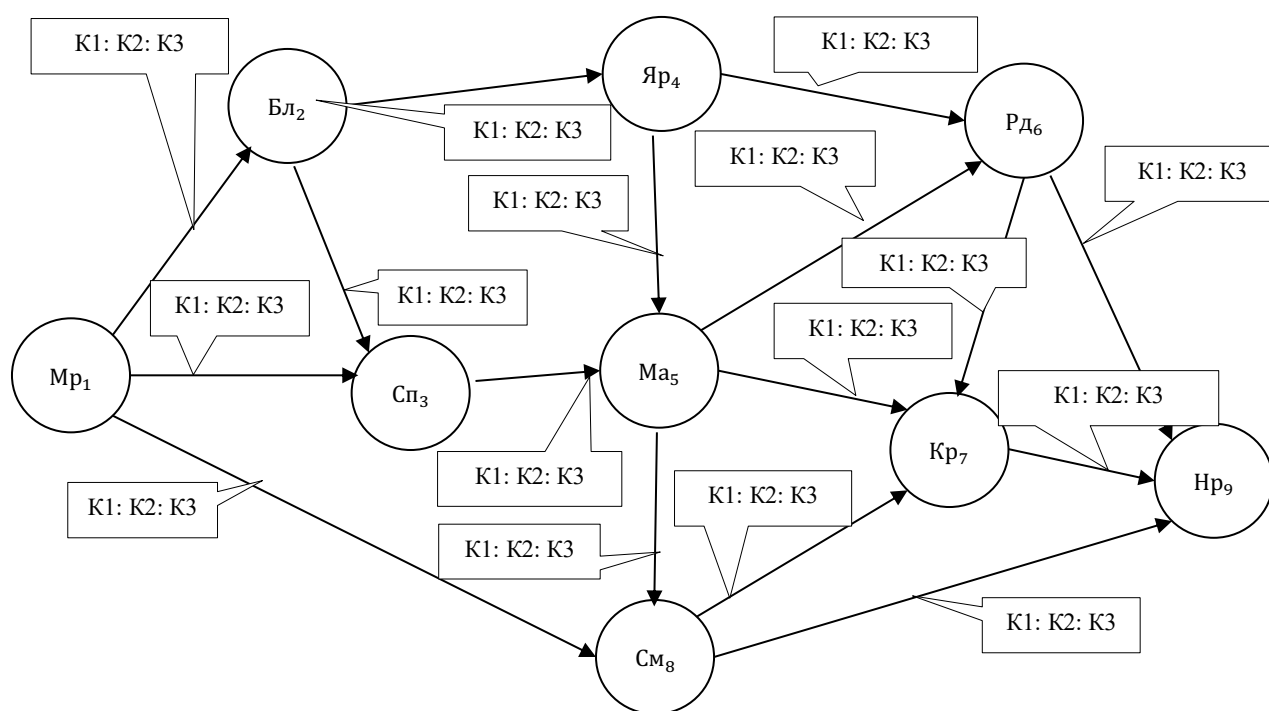


Рисунок 4.1 – Общая схема исследуемой интегрированной логистической транспортной системы с блоками представления исходной информации: (К1: К2: К3) – набор из трёх исследуемых показателей, характеризующих отдельную дискретную связь. Источник: [разработано автором]

Количество исследуемых критериев эффективности может быть достаточно большим и ограничено только вычислительными ресурсами применяемого оборудования. В рамках проведения вычислительного эксперимента применялись алгоритмы, позволяющие очень быстро (за доли секунды) выполнять расчёты вплоть до 9-ти критериев эффективности на стандартных компьютерах, то есть практически в «он-лайн» режиме. Важной особенностью разработанного программного обеспечения является то, что рост требований к вычислительным ресурсам зависит только от количества исследуемых критериев, но не зависит от количества показателей заключенных в отдельном критерии эффективности, также не зависит от количества элементов, включаемых в транспортную сеть, то есть

практически не зависит от количества исследуемых интегрированной логистической транспортной системе связей.

Фанатически применение разработанного программного обеспечения можно масштабировать как для отдельного предприятия, так для транспортного производства в целом.

На рисунках 4.2 (а, б, в, г и д) представлены условные транспортные схемы для отдельных видов транспорта, соответственно: автомобильного, железнодорожного, вечно (внутреннего водного), морского и авиационного сообщения интегрируемых в единую логистическую сеть. В случае, если условная связь в системе отдельного вида транспорта совпадает с условной связью в общей логистической системе она обозначена основной толстой линией (показатели критериев эффективности обозначен), в противном случае – пунктиром (показатели критериев эффективности на схеме отсутствуют). Для составления условной схемы автомобильного транспорта связи в системе определялись только для дорог автомобильных федерального значения с твёрдым покрытием.

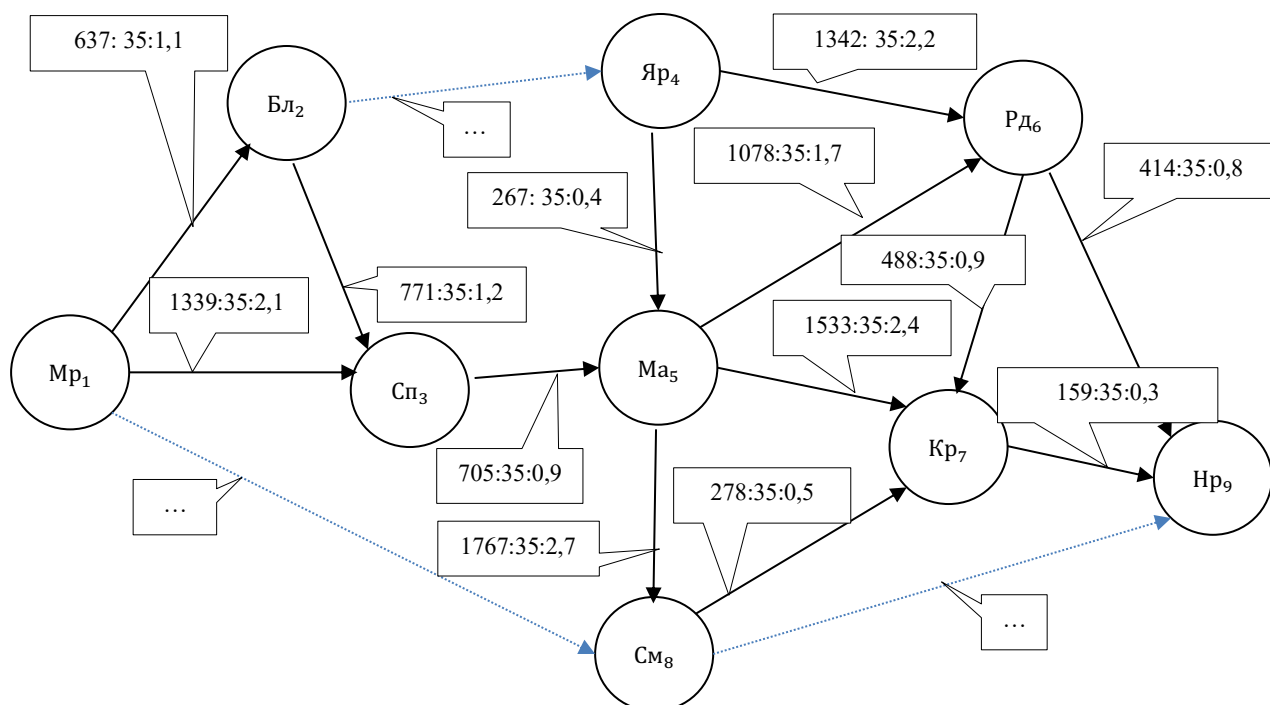


Рисунок 4.2 (а) – Схема автомобильных путей сообщения и значений показателей целеполагания в исследуемой логистической транспортной системе (ЛТС).

Источник: [разработано автором]

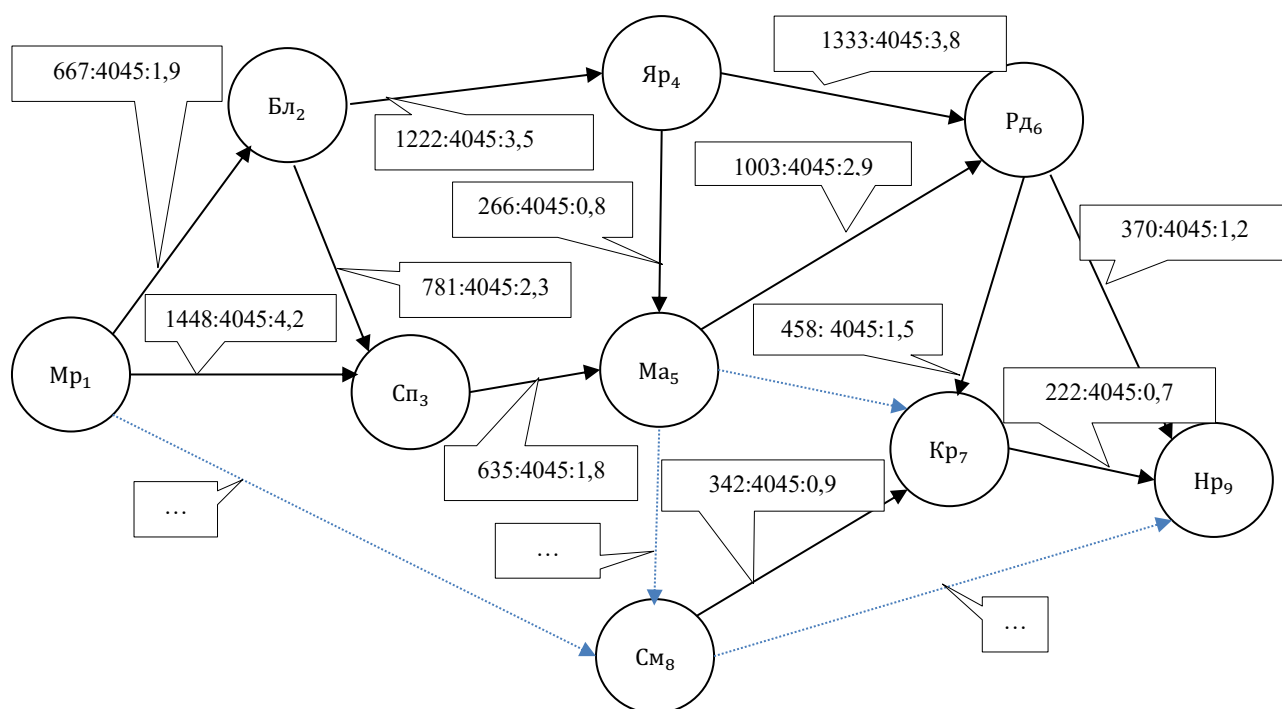


Рисунок 4.2 (б) – Схема железнодорожных путей сообщения и значений показателей целеполагания в исследуемой ЛТС. Источник: [разработано автором]

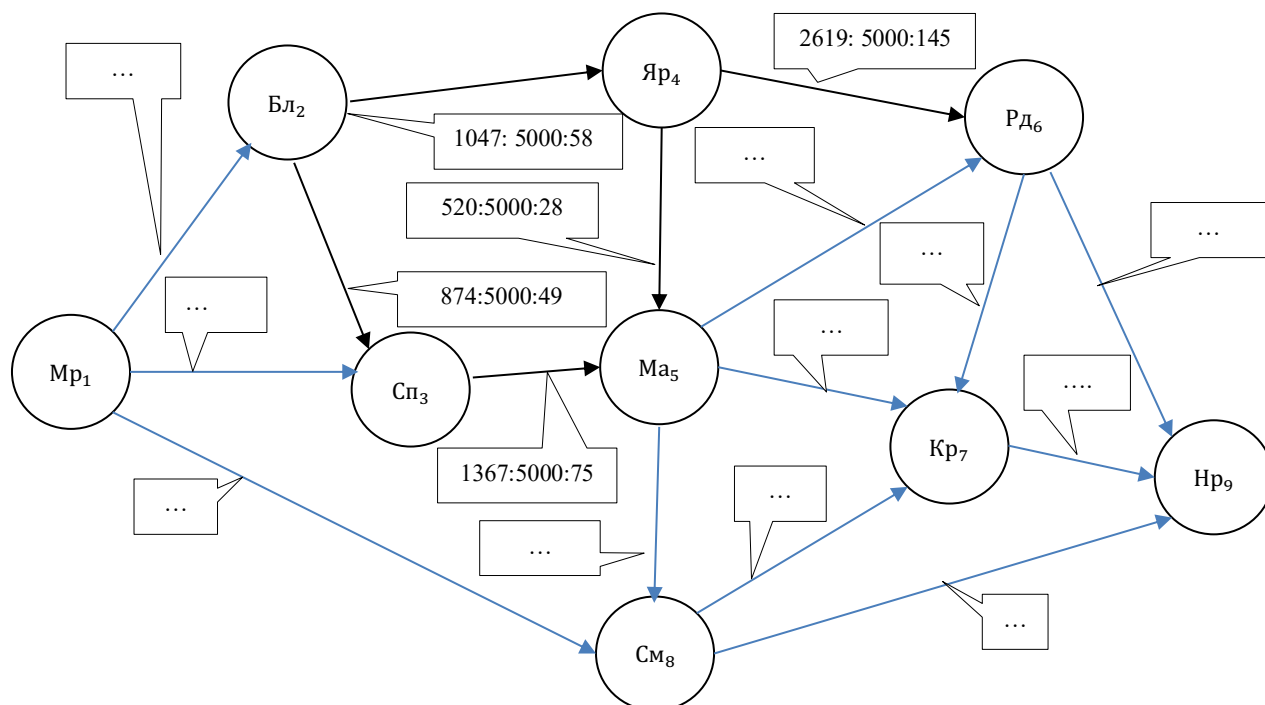


Рисунок 4.2 (в) – Схема внутренних водных (речных) путей сообщения и значений показателей целеполагания в исследуемой ЛТС. Источник: [разработано автором]

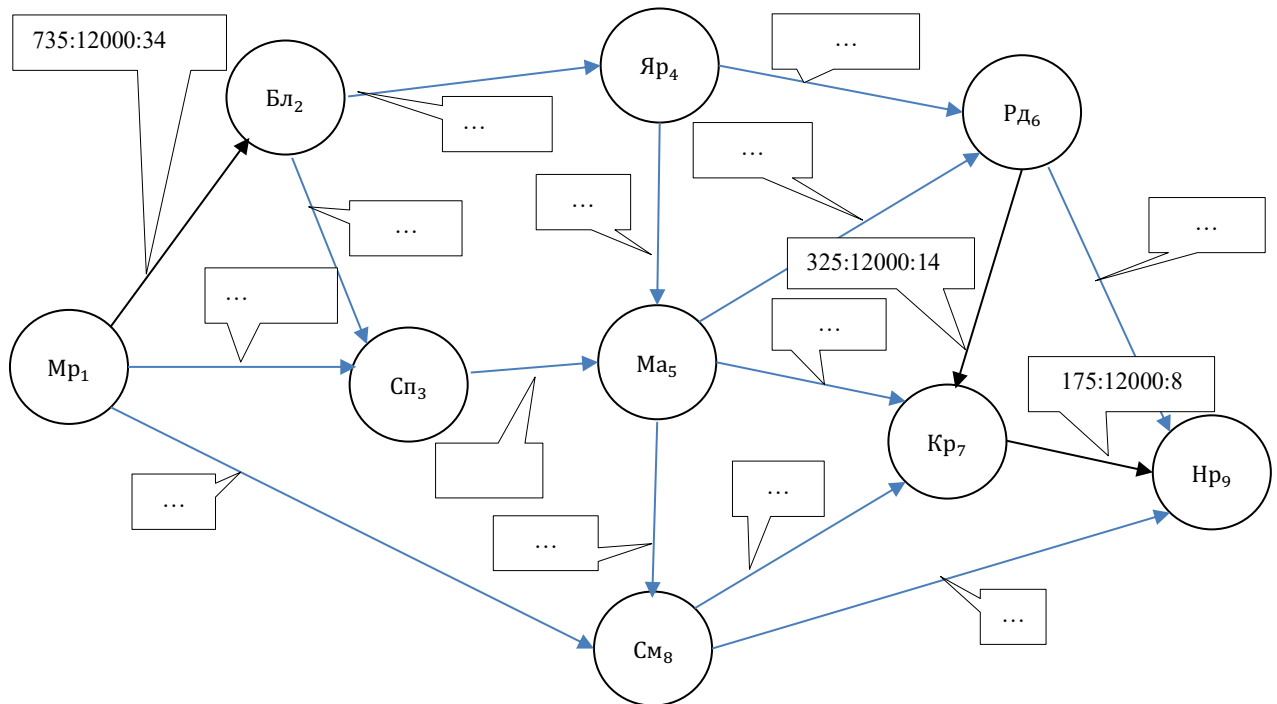


Рисунок 4.2 (z) – Схема внутренних морских путей сообщения и значений показателей целеполагания в исследуемой ЛТС. Источник: [разработано автором]

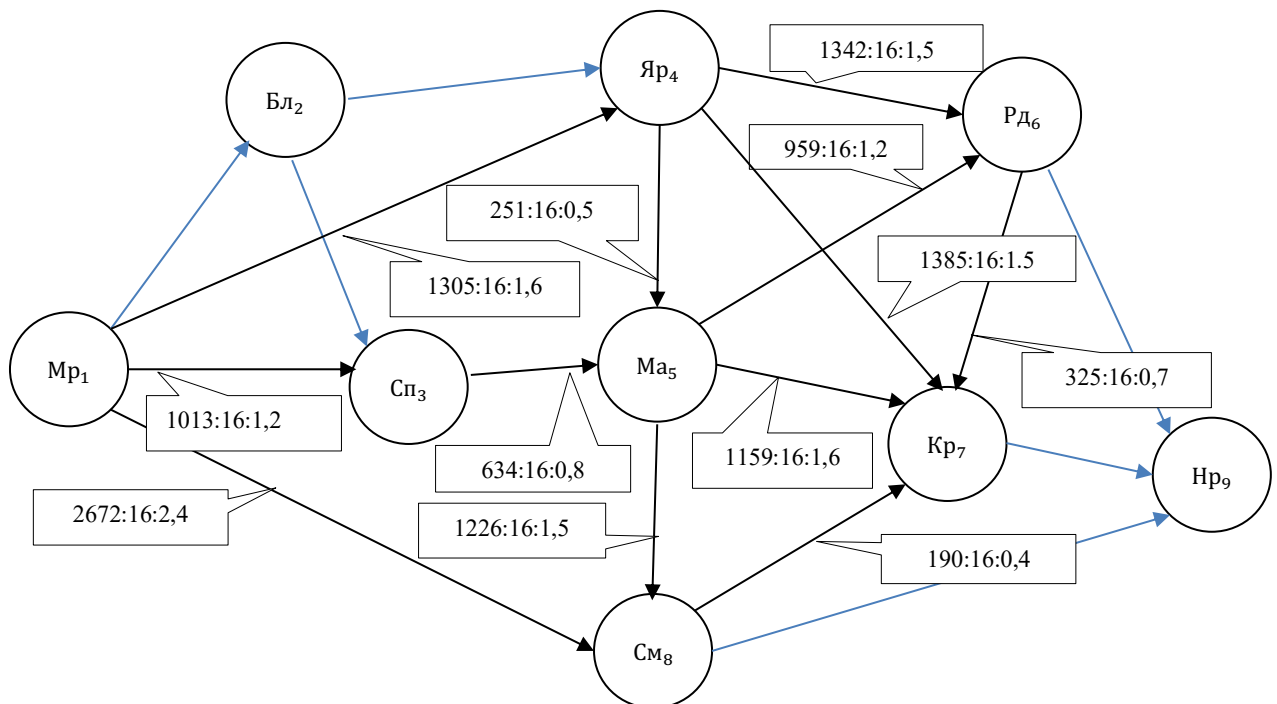


Рисунок 4.2 (d) – Схема авиационных путей сообщения и значений показателей целеполагания в исследуемой ЛТС. Источник: [разработано автором]

4.2 Описание последовательности вычислительного эксперимента по проектированию логистической транспортной сети в интерфейсах программного обеспечения

Описание последовательности вычислительного эксперимента по проектированию логистической транспортной сети представлено в интерфейсах разработанного программного обеспечения.

На первом этапе вычислительного эксперимента вводятся исходные данные, отражающие количество исследуемых критериев, количество вершин в ЛТС, номер начальной вершины (вершина отправления груза) и номер конечной вершины (вершина прибытия груза). Последняя функция позволяет проектировать оптимальные маршруты движения грузов и различных произвольных вершин к различным произвольным вершинам ЛТС, то есть ограничиваться набором вершин пути следования грузов. Данная особенность выгодно отличает разработанный маршрутизатор от маршрутизаторов на основе алгоритмов Дейкстры, алгоритмов на основе решения «задачи коммивояжёра» и др. распространённых моделей, а также «привязывать» разработанное ПО к геоинформационным платформам для создания цифровых аналитических платформ оптимизации грузодвижения в РФ. (рисунок 4.3).

На втором этапе формируются границы исследуемой системы, то есть атрибутивно задаются связи в исследуемой ЛТС. Данная функция поддерживается интерфейсом представленном на рисунке 4.4. Для того, чтобы обозначить связи, характеризующие наличие сообщения по отдельным видам транспорта в исследуемой системе необходимо для каждого обозначить отдельное соединение двух вершин на полном наборе их возможных сочетаний (рисунок 4.5). Также в данном интерфейсе определяется приоритет заданных критериев.

Количество возможных приоритетов определяется как $(m!)$ возможных сочетаний при $K = j \dots m$.

Form1

ВВЕДИТЕ ЧИСЛО ВЕРШИН

ВВЕДИТЕ ЧИСЛО КРИТЕРИЕВ

ВВЕДИТЕ НАЧАЛЬНУЮ ВЕРШИНУ

ВВЕДИТЕ КОНЕЧНУЮ ВЕРШИНУ

OK / НАЧАТЬ СНАЧАЛА

Установите связи между вершинами

Выберите приоритет

Рисунок 4.3 – Интерфейс ПО первичного ввода данных, определяющих границы ЛТС. Источник: [разработано автором]

Form1

ВВЕДИТЕ ЧИСЛО ВЕРШИН

ВВЕДИТЕ ЧИСЛО КРИТЕРИЕВ

ВВЕДИТЕ НАЧАЛЬНУЮ ВЕРШИНУ

ВВЕДИТЕ КОНЕЧНУЮ ВЕРШИНУ

OK / НАЧАТЬ СНАЧАЛА

Установите связи между вершинами

Авто	Жд	Авиа	Морской	Речной
1 2	1 2	1 2	1 2	1 2
1 3	1 3	1 3	1 3	1 3
1 4	1 4	1 4	1 4	1 4
1 5	1 5	1 5	1 5	1 5
1 6	1 6	1 6	1 6	1 6
1 7	1 7	1 7	1 7	1 7
1 8	1 8	1 8	1 8	1 8
1 9	1 9	1 9	1 9	1 9
2 3	2 3	2 3	2 3	2 3

ОПРЕДЕЛИТЬ СВЯЗИ

Рисунок 4.4 – Интерфейс формирования отдельных систем (по видам транспорта) путей сообщения в ЛТС. Источник: [разработано автором]

ВВЕДИТЕ ЧИСЛО ВЕРШИН: 9

ВВЕДИТЕ ЧИСЛО КРИТЕРИЕВ: 3

ВВЕДИТЕ НАЧАЛЬНУЮ ВЕРШИНУ: 1

ВВЕДИТЕ КОНЕЧНУЮ ВЕРШИНУ: 9

ОК / НАЧАТЬ СНАЧАЛА

Установите связи между вершинами

Выберите приоритет

Авто	Жд	Авиа	Морской	Речной
57 ☒	57 ☐	57 ☒	57 ☐	35 ☒
58 ☒	58 ☐	58 ☒	58 ☐	36 ☐
59 ☐	59 ☐	59 ☐	59 ☐	37 ☐
67 ☒	67 ☒	67 ☒	67 ☒	38 ☐
68 ☐	68 ☐	68 ☐	68 ☐	39 ☐
69 ☒	69 ☒	69 ☐	69 ☐	45 ☒
78 ☒	78 ☒	78 ☐	78 ☐	46 ☒
79 ☒	79 ☒	79 ☐	79 ☒	47 ☐
89 ☐	89 ☐	89 ☐	89 ☐	48 ☐

1 K1>K2>K3 ☐

2 K1>K3>K2 ☐

3 K2>K1>K3 ☐

4 K2>K3>K1 ☐

5 K3>K2>K1 ☐

6 K3>K1>K2 ☐

ОПРЕДЕЛИТЬ СВЯЗИ

Рисунок 4.5 – Интерфейс обозначения отдельных систем путей сообщения в ЛТС и критериальных предпочтений. Источник: [разработано автором]

На третьем этапе вычислительного эксперимента формируются блоки принятых отдельных показателей для каждой атрибутивно заданной связи и для каждого схемы сообщения (по видам транспорта):

- автомобильного [рисунок 4.6]
- железнодорожного [рисунок 4.7 (а), 4.7 (б)]
- речного [рисунок 4.8]
- авиационного [рисунок 4.9]
- морского [рисунок 4.10]

В случае адаптации разработанного ПО к геоинформационным платформам данные определяющее расстояние перевозки и ряд других показателей могут загружаться в систему автоматически. Все заносимые в систему данные показателей загружаются в программное обеспечение в собственных единицах измерения, но при соблюдении требования единого формата размерности по каждому отдельному показателю.

В ПО, в соответствии с разработанными алгоритмами производится нормирование показателей для перехода к единой количественной шкале оценки. Единая количественная шкала оценки эффективности транспортного производства является универсальной для всех видов транспорта и позволяет объективно сравнивать измерители эффективности отдельных видов транспорта для отдельных дискретных состояний ЛТС. Также обязательным условием является учет критериев целеполагания. Данная функция осуществляется переводом совокупности показателей по каждому отдельному критерию в относительные единицы, отражающие направленность критериев на минимум или максимум.

Form1

ВВЕДИТЕ ЧИСЛО ВЕРШИН: 9
 ВВЕДИТЕ ЧИСЛО КРИТЕРИЕВ: 3
 ВВЕДИТЕ НАЧАЛЬНУЮ ВЕРШИНУ: 1
 ВВЕДИТЕ КОНЕЧНУЮ ВЕРШИНУ: 9

ОК / НАЧАТЬ СНАЧАЛА

Установите связи между вершинами: Выберите приоритет

Авто	Жд	Авиа	Морской	Речной
5 7 ☒	5 7 ☐	5 7 ☒	5 7 ☐	3 5 ☒
5 8 ☒	5 8 ☐	5 8 ☒	5 8 ☐	3 6 ☐
5 9 ☐	5 9 ☐	5 9 ☐	5 9 ☐	3 7 ☐
6 7 ☒	6 7 ☒	6 7 ☒	6 7 ☒	3 8 ☐
6 8 ☐	6 8 ☐	6 8 ☐	6 8 ☐	3 9 ☐
6 9 ☒	6 9 ☒	6 9 ☐	6 9 ☐	4 5 ☐
7 8 ☒	7 8 ☒	7 8 ☐	7 8 ☐	4 6 ☒
7 9 ☒	7 9 ☒	7 9 ☐	7 9 ☒	4 7 ☐
8 9 ☐	8 9 ☐	8 9 ☐	8 9 ☐	4 8 ☐

Выберите приоритет

1	K1>K2>K3	☒
2	K1>K3>K2	☐
3	K2>K1>K3	☐
4	K2>K3>K1	☐
5	K3>K2>K1	☐
6	K3>K1>K2	☒

Авто

Вершины	K1	K2	K3
1 2	637	35	1.1
1 3	1339	35	2.1
min-т	min	max	min

Вершины	K1	K2	K3
2 3	771	35	1.2
min-т	min	max	min

Вершины	K1	K2	K3
3 5	705	35	0.9
min-т	min	max	min

Вершины	K1	K2	K3
4 5	267	35	0.4
4 6	1342	35	2.2
min-т	min	max	min

Вершины	K1	K2	K3
5 6	1078	35	1.7
5 7	1533	35	2.4
5 8	278	35	0.5
min-т	min	max	min

Вершины	K1	K2	K3
6 7	488	35	0.9
6 9	414	35	0.8
min-т	min	max	min

Вершины	K1	K2	K3
7 8	278	35	0.5
7 9	159	35	0.3
min-т	min	max	min

ЗАНЕСТИ ДАННЫЕ

Рисунок 4.6 – Интерфейс ввода данных для автомобильной системы путей сообщения в ЛТС и установки критериальных предпочтений. Источник:

[разработано автором]

Form1

ВВЕДИТЕ ЧИСЛО ВЕРШИН 9

ВВЕДИТЕ ЧИСЛО КРИТЕРИЕВ 3

ВВЕДИТЕ НАЧАЛЬНУЮ ВЕРШИНУ 1

ВВЕДИТЕ КОНЕЧНУЮ ВЕРШИНУ 9

OK / НАЧАТЬ СНАЧАЛА

Установите связи между вершинами

Выберите приоритет

Авто	Стоим.	Жд	Авиа	Морской	Речной
5 7	☒	5 7	☒	5 7	3 5
5 8	☒	5 8	☒	5 8	3 6
5 9	☒	5 9	☒	5 9	3 7
6 7	☒	6 7	☒	6 7	3 8
6 8	☒	6 8	☒	6 8	3 9
6 9	☒	6 9	☒	6 9	4 5
7 8	☒	7 8	☒	7 8	4 6
7 9	☒	7 9	☒	7 9	4 7
8 9	☒	8 9	☒	8 9	4 8

1 K1>K2>K3 ☒

2 K1>K3>K2 ☐

3 K2>K1>K3 ☐

4 K2>K3>K1 ☐

5 K3>K2>K1 ☐

6 K3>K1>K2 ☐

Жд

Вершины	K1	K2	K3
1 2	☒		
1 3			
min-n	min	min	min
2 3	☒		
2 4			
min-n	min	min	min
3 5	☒		
min-n	min	min	min
4 5	☒		
4 6			
min-n	min	min	min
5 6	☒		
min-n	min	min	min
6 7	☒		
6 9			
min-n	min	min	min
7 8	☒		
7 9			
min-n	min	min	min

ЗАНЕСТИ ДАННЫЕ

Рисунок 4.7 (а) – Интерфейс ввода данных для ж/д системы путей сообщения в ЛТС и установки критериальных предпочтений. Источник: [разработано автором]

Form1

ВВЕДИТЕ ЧИСЛО ВЕРШИН 9

ВВЕДИТЕ ЧИСЛО КРИТЕРИЕВ 3

ВВЕДИТЕ НАЧАЛЬНУЮ ВЕРШИНУ 1

ВВЕДИТЕ КОНЕЧНУЮ ВЕРШИНУ 9

OK / НАЧАТЬ СНАЧАЛА

Установите связи между вершинами

Выберите приоритет

Авто	Стоим.	Жд	Авиа	Морской	Речной
5 7	☒	5 7	☒	5 7	3 5
5 8	☒	5 8	☒	5 8	3 6
5 9	☒	5 9	☒	5 9	3 7
6 7	☒	6 7	☒	6 7	3 8
6 8	☒	6 8	☒	6 8	3 9
6 9	☒	6 9	☒	6 9	4 5
7 8	☒	7 8	☒	7 8	4 6
7 9	☒	7 9	☒	7 9	4 7
8 9	☒	8 9	☒	8 9	4 8

1 K1>K2>K3 ☒

2 K1>K3>K2 ☐

3 K2>K1>K3 ☐

4 K2>K3>K1 ☐

5 K3>K2>K1 ☐

6 K3>K1>K2 ☐

Жд

Вершины	K1	K2	K3
1 2	667	4045	1.9
1 3	1448	4045	4.2
min-n	min	max	min
2 3	1222	4045	3.5
2 4	781	4045	2.3
min-n	min	max	min
3 5	635	4045	1.8
min-n	min	max	min
4 5	266	4045	0.8
4 6	1333	4045	3.8
min-n	min	max	min
5 6	1003	4045	1.5
min-n	min	max	min
6 7	458	4045	1.5
6 9	370	4045	1.2
min-n	min	max	min
7 8	342	4045	0.9
7 9	222	4045	0.7
min-n	min	max	min

ЗАНЕСТИ ДАННЫЕ

Таблица оптимальных решений

Вид	4	K2>K3>K1	D1=1; 1
Дет.	5	K3>K2>K1	D1=1; 1
Дет.	6	K3>K1>K2	D1=1; 1
Дет.	1	K1>K2>K3	D1=1; 1
Дет.	2	K1>K3>K2	D1=1; 1
Дет.	3	K2>K1>K3	D1=1; 1
Дет.	4	K2>K3>K1	D1=1; 1
Дет.	5	K3>K2>K1	D1=1; 1
Дет.	6	K3>K1>K2	D1=1; 1
Дет.	1	K1>K2>K3	D1=0.7267; D2=0.333; D2=0.2733; D2=0.5; 1
Дет.	2	K1>K3>K2	D1=0.84; D2=0.2733; D2=0.5; 1
Дет.	3	K2>K1>K3	D1=0.7267; D2=0.5; 1
Дет.	4	K2>K3>K1	D1=0.673; D2=0.5; 1
Дет.	5	K3>K2>K1	D1=0.846; D2=0.327; D2=0.2733; D2=0.5; 1
Дет.	6	K3>K1>K2	D1=0.846; D2=0.2733; D2=0.5; 1
Дет.	1	K1>K2>K3	D1=0.256; D2=0.2295; D2=0.199; 2
Дет.	2	K1>K3>K2	D1=0.236; D2=0.199; 2
Дет.	3	K2>K1>K3	D1=0.333; D2=0.333; 2
Дет.	4	K2>K3>K1	D1=0.333; D2=0.333; 2
Дет.	5	K3>K2>K1	D1=0.2645; D2=0.2355; 2
Дет.	6	K3>K1>K2	D1=0.236; D2=0.199; 2
Дет.	1	K1>K2>K3	D1=0.4795; D2=0.541; 2
Дет.	2	K1>K3>K2	D1=0.4767; D2=0.541; 2
Дет.	3	K2>K1>K3	D1=0.5; D2=0.5205; 2
Дет.	4	K2>K3>K1	D1=0.5; D2=0.5233; 2
Дет.	5	K3>K2>K1	D1=0.4855; D2=0.5233; 2
Дет.	6	K3>K1>K2	D1=0.4767; D2=0.535; 2
Дет.	1	K1>K2>K3	D1=0.432; D2=0.636; 2
Дет.	2	K1>K3>K2	D1=0.413; D2=0.636; 2
Дет.	3	K2>K1>K3	D1=0.5; D2=0.568; 2
Дет.	4	K2>K3>K1	D1=0.5; D2=0.587; 2
Дет.	5	K3>K2>K1	D1=0.4375; D2=0.587; 2
Дет.	6	K3>K1>K2	D1=0.413; D2=0.6305; 2

Рисунок 4.7 (б) – Интерфейс ввода данных для ж/д системы путей сообщения в ЛТС, установки критериальных предпочтений и автоматизированного расчёта количественных оценок эффективности. Источник: [разработано автором]

Form1

ВВЕДИТЕ ЧИСЛО ВЕРШИН: 9
 ВВЕДИТЕ ЧИСЛО КРИТЕРИЕВ: 3
 ВВЕДИТЕ НАЧАЛЬНУЮ ВЕРШИНУ: 1
 ВВЕДИТЕ КОНЕЧНУЮ ВЕРШИНУ: 9

ОК / НАЧАТЬ СНАЧАЛА

Установите связи между вершинами

Выберите приоритет

Речной

Вершины	K1	K2	K3
2 3	847	5000	58
2 4	1047	5000	49
min	min	max	min

ТАБЛИЦА ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ

Вид	Решение	Оценки
4	K2>K3>K1	D1=1; 1
5	K3>K2>K1	D1=1; 1
6	K3>K1>K2	D1=1; 1
1	K1>K2>K3	D1=1; 1
2	K1>K3>K2	D1=1; 1
3	K2>K1>K3	D1=1; 1
4	K2>K3>K1	D1=1; 1
5	K3>K2>K1	D1=1; 1
6	K3>K1>K2	D1=1; 1
1	K1>K2>K3	D1=0.7267; D2=0.333; D3=0.2733
2	K1>K3>K2	D1=0.84; D2=0.2733; D3=0.2295
3	K2>K1>K3	D1=0.7267; D2=0.5; D3=0.2295
4	K2>K3>K1	D1=0.673; D2=0.5; D3=0.2295
5	K3>K2>K1	D1=0.846; D2=0.327; D3=0.2295
6	K3>K1>K2	D1=0.846; D2=0.2733; D3=0.2295
1	K1>K2>K3	D1=0.236; D2=0.199; D3=0.333
2	K1>K3>K2	D1=0.333; D2=0.333; D3=0.333
3	K2>K1>K3	D1=0.333; D2=0.333; D3=0.333
4	K2>K3>K1	D1=0.2645; D2=0.2355; D3=0.2355
5	K3>K2>K1	D1=0.236; D2=0.199; D3=0.333
6	K3>K1>K2	D1=0.236; D2=0.199; D3=0.333
1	K1>K2>K3	D1=0.4795; D2=0.541; D3=0.541
2	K1>K3>K2	D1=0.4767; D2=0.541; D3=0.541
3	K2>K1>K3	D1=0.5; D2=0.5205; D3=0.5205
4	K2>K3>K1	D1=0.5; D2=0.5233; D3=0.5233
5	K3>K2>K1	D1=0.4855; D2=0.5233; D3=0.5233
6	K3>K1>K2	D1=0.4767; D2=0.535; D3=0.535
1	K1>K2>K3	D1=0.432; D2=0.636; D3=0.636
2	K1>K3>K2	D1=0.413; D2=0.636; D3=0.636
3	K2>K1>K3	D1=0.5; D2=0.568; D3=0.568
4	K2>K3>K1	D1=0.5; D2=0.587; D3=0.587
5	K3>K2>K1	D1=0.4375; D2=0.587; D3=0.587
6	K3>K1>K2	D1=0.413; D2=0.6305; D3=0.6305
1	K1>K2>K3	D1=0.6247; D2=0.408; D3=0.408

ЗАНЕСТИ ДАННЫЕ

Рисунок 4.8 – Интерфейс ввода данных для речной системы путей сообщения в ЛТС, и автоматизированного расчёта количественных оценок эффективности .

Источник: [разработано автором]

Form1

ВВЕДИТЕ ЧИСЛО ВЕРШИН: 9
 ВВЕДИТЕ ЧИСЛО КРИТЕРИЕВ: 3
 ВВЕДИТЕ НАЧАЛЬНУЮ ВЕРШИНУ: 1
 ВВЕДИТЕ КОНЕЧНУЮ ВЕРШИНУ: 9

ОК / НАЧАТЬ СНАЧАЛА

Установите связи между вершинами

Выберите приоритет

Авиа

Вершины	K1	K2	K3
1 3	1013	16	1.2
1 4	1305	16	1.6
1 8	2672	16	2.4
min	min	max	min

ТАБЛИЦА ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ

Вид	Решение	Оценки
4	K2>K3>K1	D1=1; 1
5	K3>K2>K1	D1=1; 1
6	K3>K1>K2	D1=1; 1
1	K1>K2>K3	D1=1; 1
2	K1>K3>K2	D1=1; 1
3	K2>K1>K3	D1=1; 1
4	K2>K3>K1	D1=1; 1
5	K3>K2>K1	D1=1; 1
6	K3>K1>K2	D1=1; 1
1	K1>K2>K3	D1=0.7267; D2=0.333; D3=0.2733
2	K1>K3>K2	D1=0.84; D2=0.2733; D3=0.2295
3	K2>K1>K3	D1=0.7267; D2=0.5; D3=0.2295
4	K2>K3>K1	D1=0.673; D2=0.5; D3=0.2295
5	K3>K2>K1	D1=0.846; D2=0.327; D3=0.2295
6	K3>K1>K2	D1=0.846; D2=0.2733; D3=0.2295
1	K1>K2>K3	D1=0.236; D2=0.199; D3=0.333
2	K1>K3>K2	D1=0.333; D2=0.333; D3=0.333
3	K2>K1>K3	D1=0.333; D2=0.333; D3=0.333
4	K2>K3>K1	D1=0.2645; D2=0.2355; D3=0.2355
5	K3>K2>K1	D1=0.236; D2=0.199; D3=0.333
6	K3>K1>K2	D1=0.236; D2=0.199; D3=0.333
1	K1>K2>K3	D1=0.4795; D2=0.541; D3=0.541
2	K1>K3>K2	D1=0.4767; D2=0.541; D3=0.541
3	K2>K1>K3	D1=0.5; D2=0.5205; D3=0.5205
4	K2>K3>K1	D1=0.5; D2=0.5233; D3=0.5233
5	K3>K2>K1	D1=0.4855; D2=0.5233; D3=0.5233
6	K3>K1>K2	D1=0.4767; D2=0.535; D3=0.535
1	K1>K2>K3	D1=0.432; D2=0.636; D3=0.636
2	K1>K3>K2	D1=0.413; D2=0.636; D3=0.636
3	K2>K1>K3	D1=0.5; D2=0.568; D3=0.568
4	K2>K3>K1	D1=0.5; D2=0.587; D3=0.587
5	K3>K2>K1	D1=0.4375; D2=0.587; D3=0.587
6	K3>K1>K2	D1=0.413; D2=0.6305; D3=0.6305
1	K1>K2>K3	D1=0.6247; D2=0.408; D3=0.408

ЗАНЕСТИ ДАННЫЕ

Рисунок 4.9 – Интерфейс ввода данных для авиа-системы путей сообщения в ЛТС, и автоматизированного расчёта количественных оценок эффективности .

Источник: [разработано автором]

Form1

ВВЕДИТЕ ЧИСЛО ВЕРШИН

ВВЕДИТЕ ЧИСЛО КРИТЕРИЕВ

ВВЕДИТЕ НАЧАЛЬНУЮ ВЕРШИНУ

ВВЕДИТЕ КОНЕЧНУЮ ВЕРШИНУ

ОК / НАЧАТЬ СНАЧАЛА

Установите связи между вершинами

Выберите приоритет

Авто	Стоим	Жд	Стоим	Авиа	Стоим	Морской	Стоим	Речной	Стоим
5 7	☒	0.2	5 7	☐	0	5 7	☐	3 5	☒
5 8	☒	0.6	5 8	☐	0	5 8	☐	3 6	☐
5 9	☐	1	5 9	☐	0	5 9	☐	3 7	☐
6 7	☒	0.4	6 7	☒	0.47	6 7	☒	3 8	☐
6 8	☐	1	6 8	☐	0	6 8	☐	3 9	☐
6 9	☒	0.5	6 9	☒	0.53	6 9	☐	4 5	☒
7 8	☒	0.4	7 8	☒	0.44	7 8	☐	4 6	☒
7 9	☒	0.6	7 9	☒	0.60	7 9	☒	4 7	☐
8 9	☐					8 9	☐		

	1	2	3	4	5	6
1	K1>K2>K3	☒				
2	K1>K3>K2	☐				
3	K2>K1>K3	☐				
4	K2>K3>K1	☐				
5	K3>K2>K1	☐				
6	K3>K1>K2	☐				

Морской

Вершины	K1	K2	K3
1 2	735	120...	34
min-п	min	max	min

Вершины	K1	K2	K3
6 7	325	120...	14
min-п	min	max	min

Вершины	K1	K2	K3
7 9	175	120...	8
min-п	min	max	min

ЗАНЕСТИ ДАННЫЕ

Рисунок 4.10 – Интерфейс ввода данных для морской системы путей сообщения в ЛТС, и автоматизированного расчёта количественных оценок эффективности.

Источник: [разработано автором]

После введения блока исходных данных и перевода их в единый формат количественных оценок выполняется автоматизированное построение графом отдельных систем сообщения различных видов транспорта. Фактически построение отдельных систем различных видов транспорта в количественных оценках является третьим этапом вычислительного эксперимента, но автоматизации процессов в разработанном ПО позволяет выполнять его параллельно второму этапу. На рисунках 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14 последовательно отражены операции выполнения третьего этапа вычислительного эксперимента – построение графов систем сообщения отдельных видов транспорта с оценкой связей в едином количественном формате.



Рисунок 4.11 - Построение графа систем сообщения автомобильного транспорта с оценкой связей в едином количественном формате. Источник: [разработано автором]

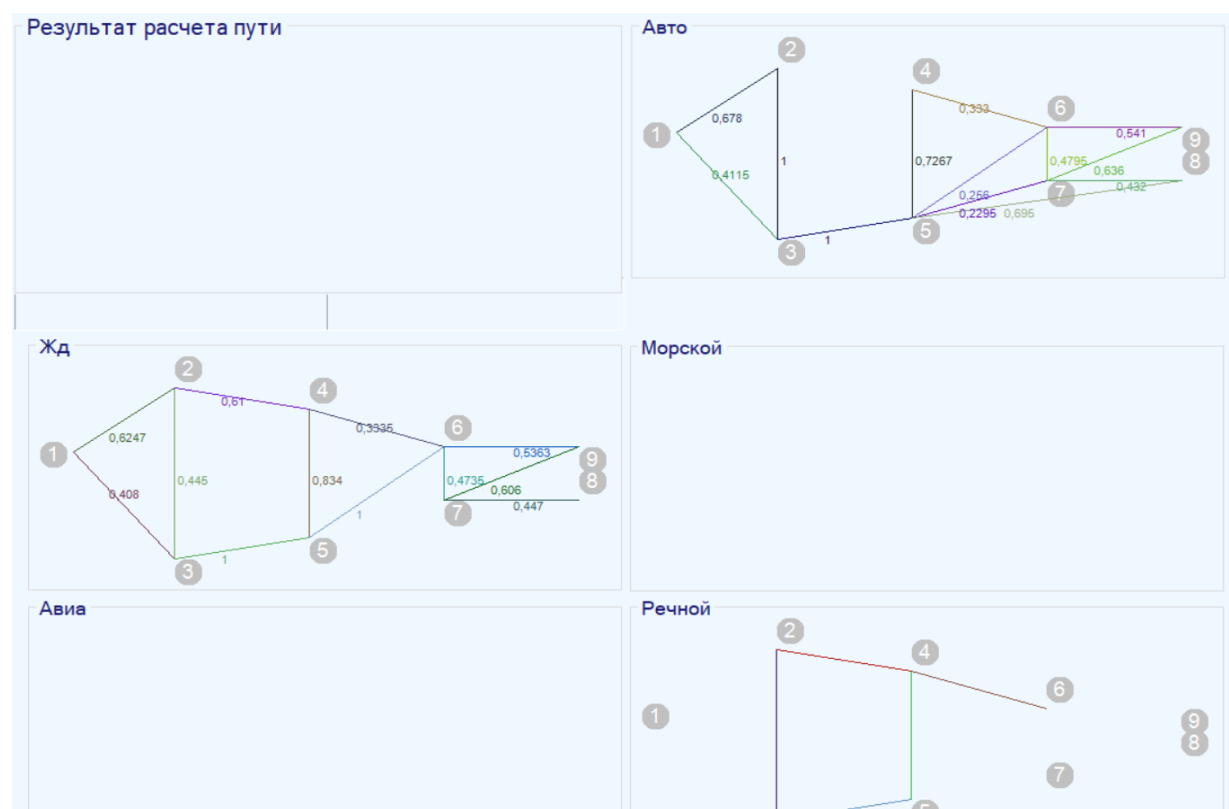


Рисунок 4.12 - Построение графа систем сообщения железнодорожного транспорта с оценкой связей в едином количественном формате. Источник: [разработано автором]

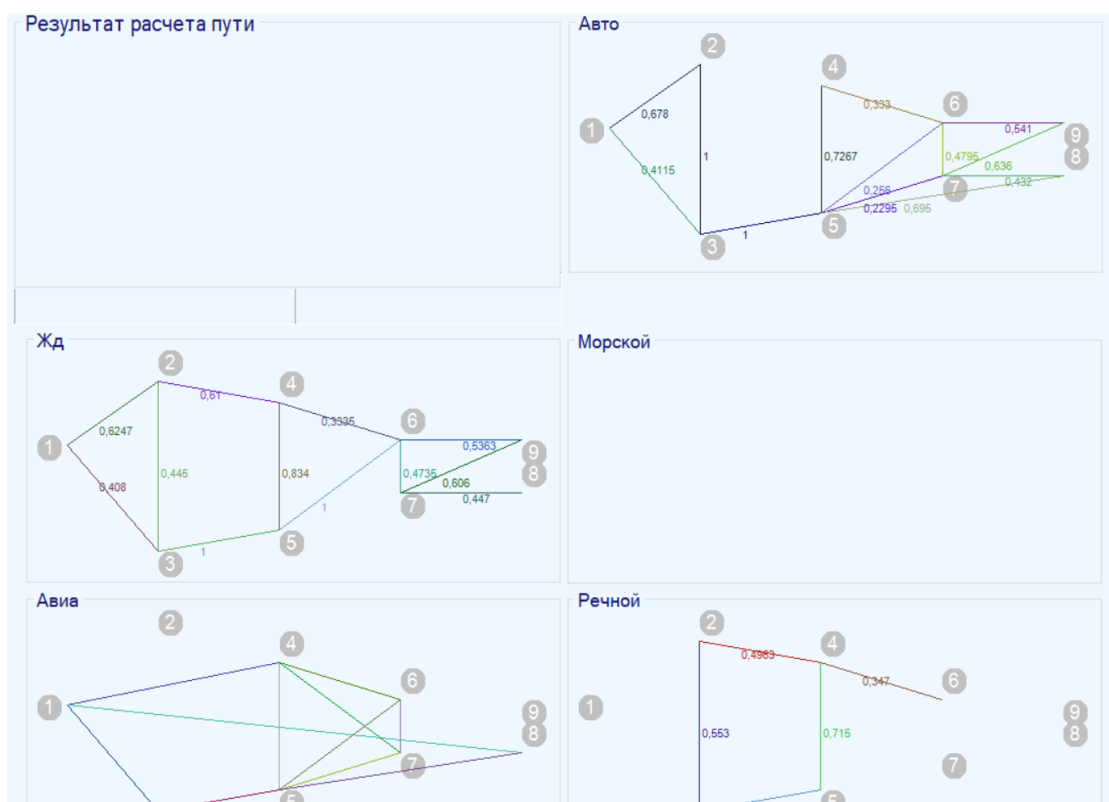


Рисунок 4.13 - Построение графа систем сообщения речного транспорта с оценкой связей в едином количественном формате. Источник: [разработано автором]

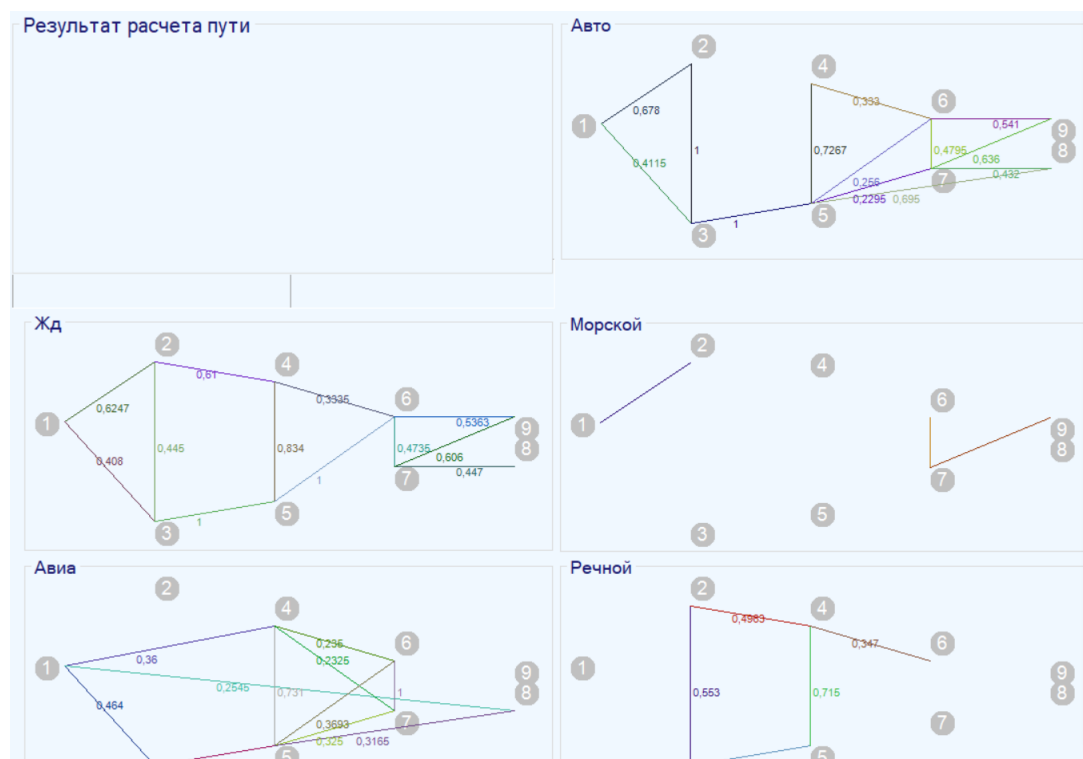


Рисунок 4.14 - Построение графа систем сообщения морского транспорта с оценкой связей в едином количественном формате. Источник: [разработано автором]

На рисунках 4.15 представлены результаты построения графов систем сообщения отдельных видов транспорта с оценкой связей в едином количественном формате с последующим автоматическим их объединением в единую интегрированную логистическую транспортную систему. Интеграция в едином количественном формате оценок эффективности различных видов транспорта позволяет определить оптимальную в соответствии с информационным критерием траекторию перемещения как отдельных партий груза, так и отдельных единиц подвижного состава.

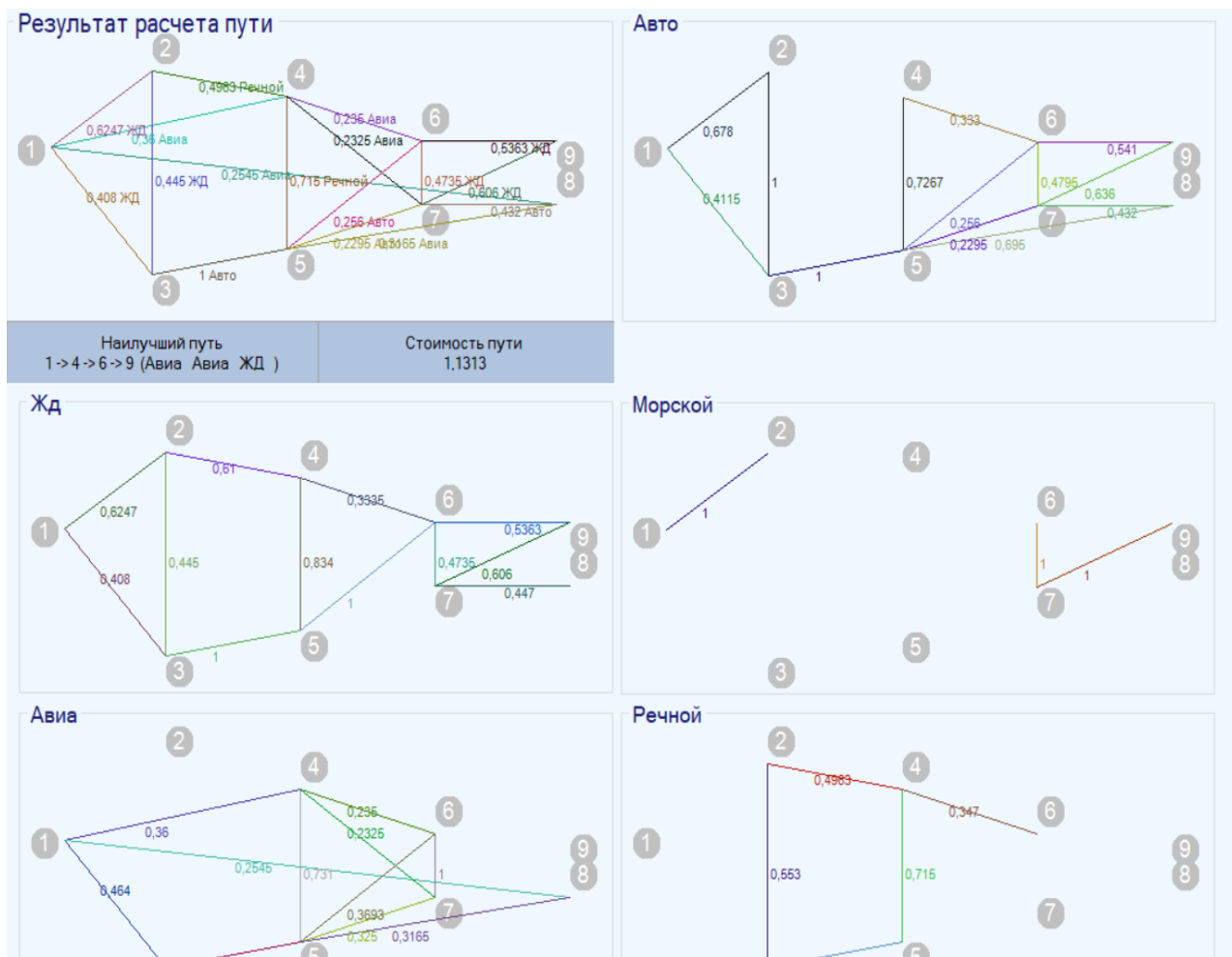


Рисунок 4.15 – Заключительный интерфейс построения графов систем сообщения отдельных видов транспорта с оценкой связей в едином количественном формате с последующим автоматическим их объединением в единую интегрированную логистическую транспортную систему. Источник: [разработано автором]

4.3 Анализ результатов вычислительного эксперимента по проектированию логистической транспортной сети доставки грузов из г. Мурманска в г. Новороссийск

Произведём сравнительную оценку эффективности перемещения одной партии груза, позволяющей разместить её в отдельной единице подвижного состава для каждого из рассматриваемых видов транспорта на пути следования из г. Мурманск в г. Новороссийск. В результате вычислительного эксперимента было получено полная совокупность эффективностей перемещения одной партии груза на всем поле возможных информационных состояний по трём исследуемым критериям (рисунок 4.16).



Рисунок 4.16 – Оценка эффективности перемещения груза для всех дискретных состояний ИЛТС. Источник: [разработано автором]

Анализ полученных результатов ВЭ показывает, что если предпочтение отдается критерию время доставки для одной партии грузов, то в этом случае доминируют эффективные оценки авиационного сообщения, но если количество перевозимого (тоннаж) перевозимого груза увеличивается тогда преимущество переходит к автомобильному и ж/д транспорту. На рисунках 4.17 и 4.18 представлены оценки перемещения груза отдельно на автомобильном, железнодорожном транспорте.

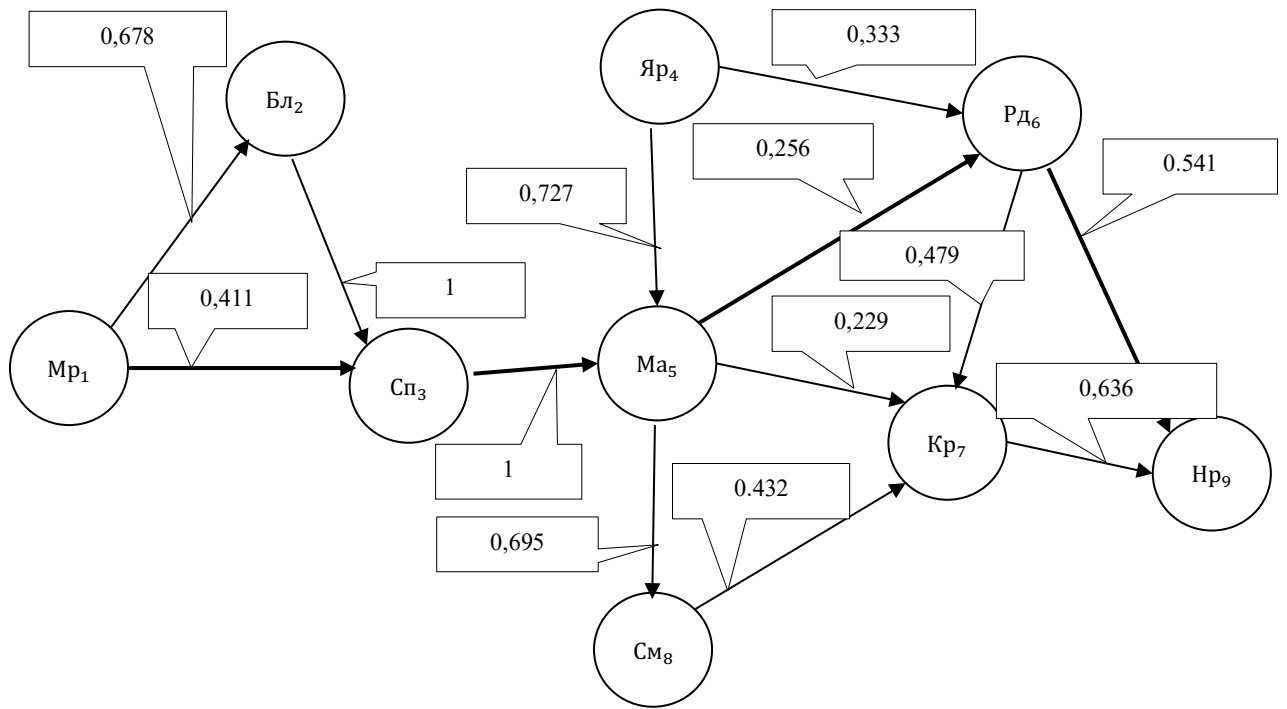


Рисунок 4.17 – Оценки перемещения груза автомобильным транспортом.

Источник: [разработано автором]

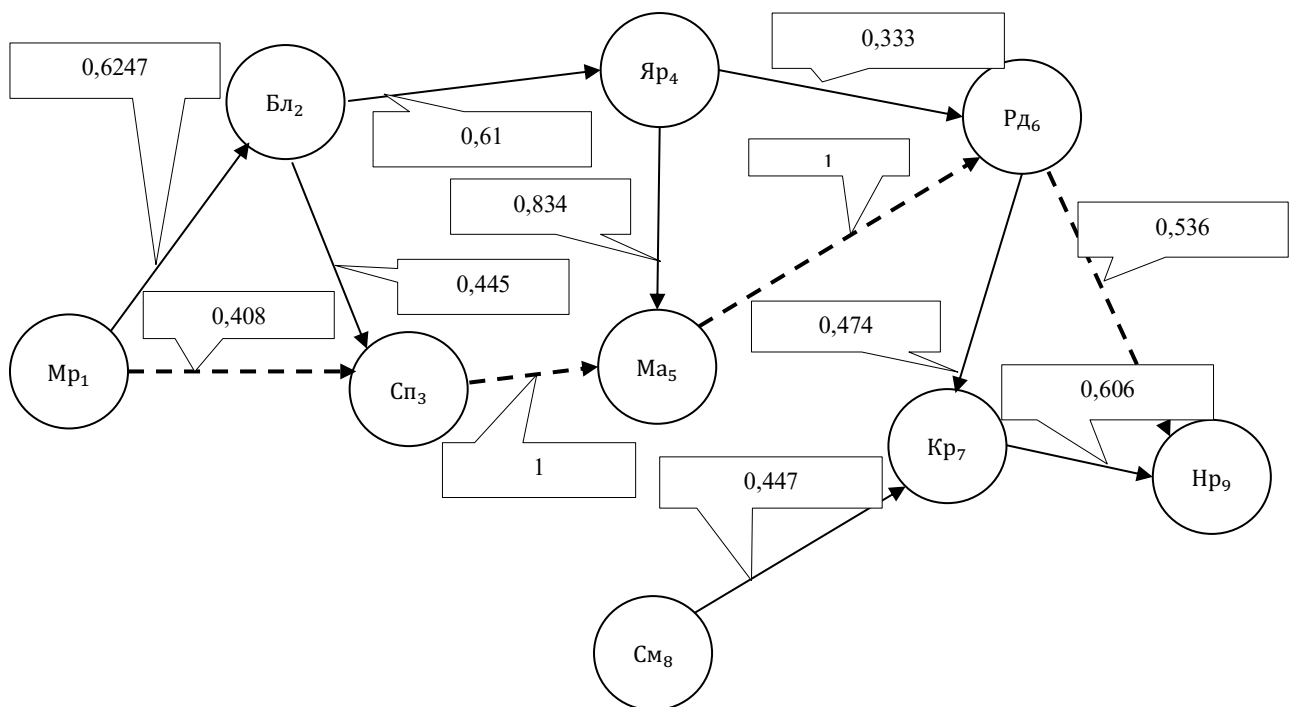


Рисунок 4.17 – Оценки перемещения груза железнодорожным транспортом.

Источник: [разработано автором]

В этом случае в ПО была синтезирована была получена интегрированная схема перемещения груза в ИЛТС (рисунок 4.19). Результаты расчёта оценок эффективности перемещения груза в ИЛТС превышают результаты расчётов эффективностей в автомобильном и железнодорожном сообщении. График, отражающий результаты расчёта представлен на рисунке 4.20.

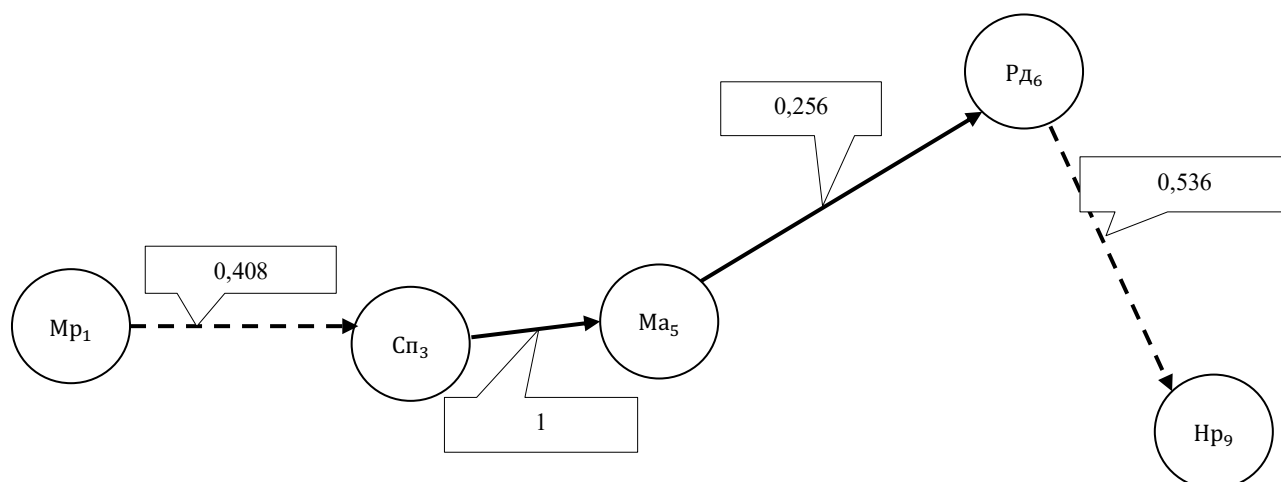


Рисунок 4.2 (б) – Схема железнодородных путей сообщения и значений показателей целеполагания в исследуемой ЛТС. Источник: [разработано автором]

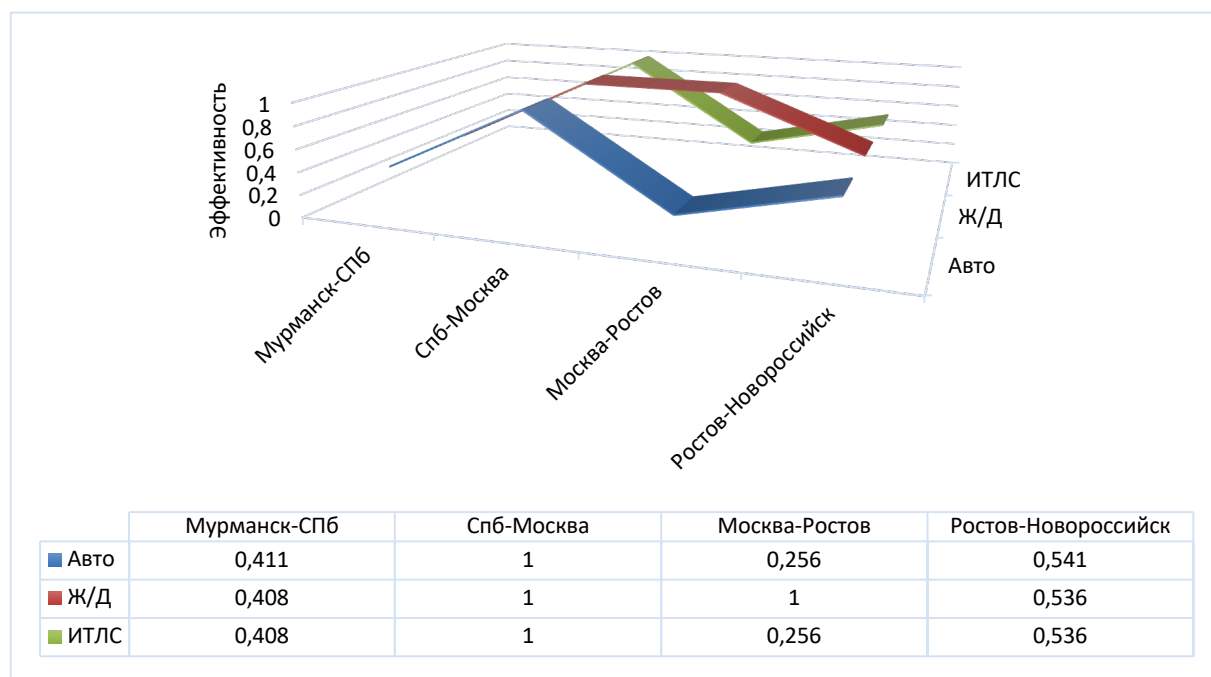


Рисунок 4.20 - График, отражающий результаты расчёта оценок эффективности по отдельным участкам маршрута в автомобильном, ж/д сообщении и в ИЛТС.

Источник: [разработано автором]

Результаты сравнения количественных оценок эффективности перемещения одной партии груза показывают, что по эффективности перемещения в ИЛТС выше эффективности автомобильного сообщения на 0,36%, а по сравнению с ж/д сообщением на 3,8 %. На рисунке 4.21 представлены результаты отклика оценок эффективностей при исследовании трёх видов сообщения автомобильного, железнодорожного и в синтезированной ИЛТС

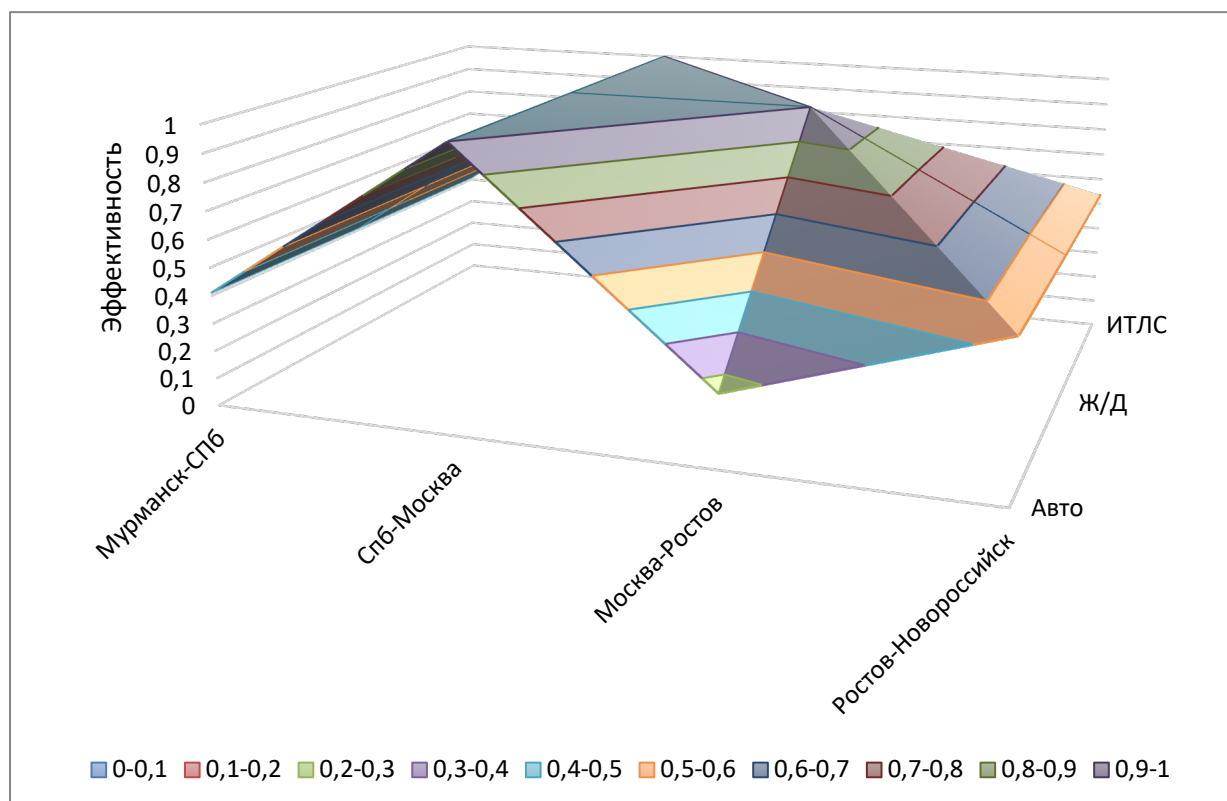


Рисунок 4.21 - Результаты функции отклика оценок эффективностей при исследовании трёх видов сообщения автомобильного, железнодорожного и в синтезированной ИЛТС. Источник: [разработано автором]

Обозначив через $F(\Phi_i)$ полную совокупность всех состояний эффективности ИЛТС (Φ_i) можно сформулируем задачу определения эффективности при изменении исследуемого показателя в следующем виде

$$\max_{F \in F(\Phi_i)} \max_{i=1,2,\dots,n} S(X^{i-1}, X^i) . \quad (4.1)$$

Учитывая, что оптимальная траектория перемещения одной партии является минимаксной, а $S(X)$ определяется уравнением функции Беллмана

$$S = \{B; X_0; \Phi_i; m(X), \Phi_{max}(X, \Phi_i), S(X, \max_{1 \leq i \leq n} \Phi_i)\} \quad (4.2)$$

можно смоделировать изменение состояния эффективности (прирост) при увеличении количества перемещаемого груза от 1 до 100 партий. В этом случае рассчитывается изменение математического ожидания накопленного увеличения максимального эффекта (рисунок 4.22)

$$\text{Ряд 1: } \Delta_j^{(\text{авто})} = \sum_i^{100} [F_{\text{итлс}}(\Phi_i) - F_{\text{авто}}(\Phi_{i-1})], \text{ где } i = 1, 2, \dots, 100 \quad j = 1, 2, 3 \quad (4.3)$$

$$\text{Ряд 2: } \Delta_j^{(\text{ж/д})} = \sum_i^{100} [F_{\text{итлс}}(\Phi_i) - F_{\text{ж/д}}(\Phi_{i-1})], \text{ где } i = 1, 2, \dots, 100 \quad j = 1, 2, 3 \quad (4.4)$$

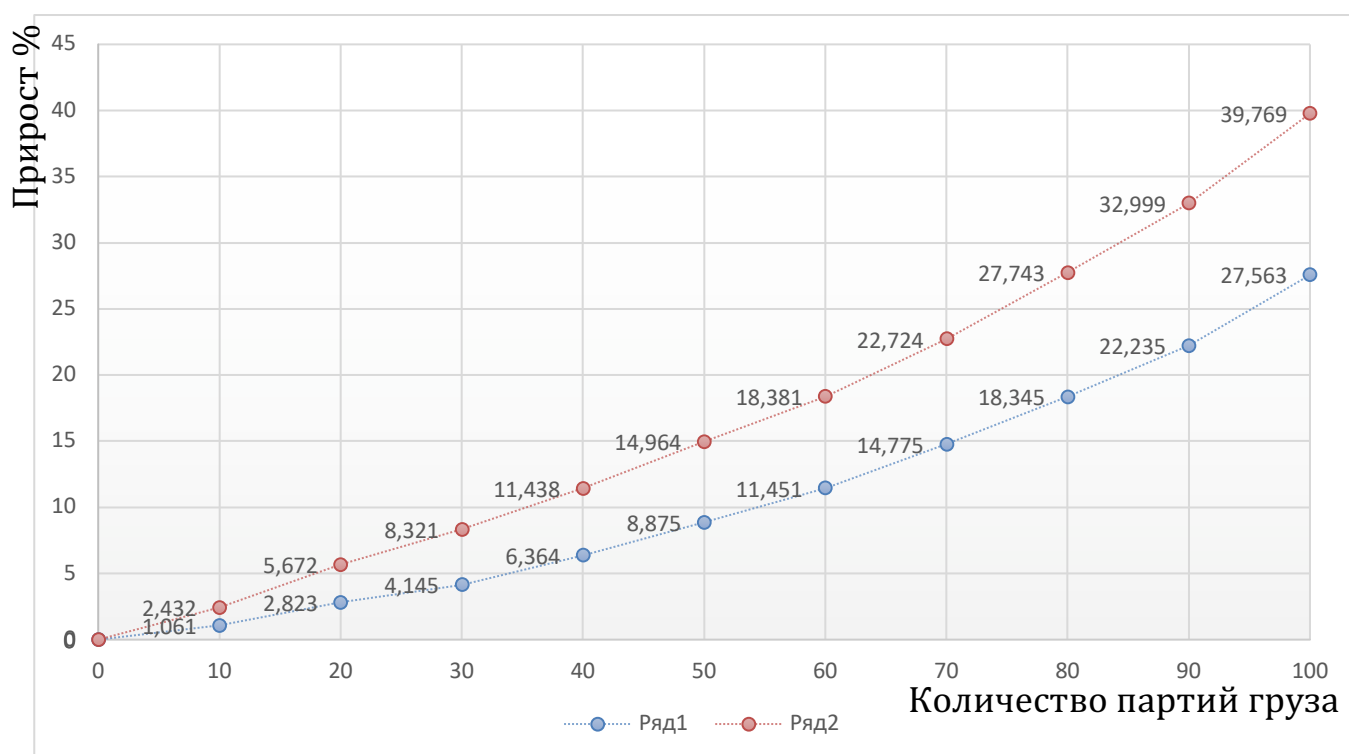


Рисунок 4.22 – Результаты моделирования изменение состояния эффективности (прирост) при увеличении количества перемещаемого груза от 1 до 100 партий.

Источник: [разработано автором]

Выводы по четвертой главе

В четвертой главе апробировался метод обеспечения единства измерителей эффективности различных видов транспорта в логистических транспортных системах путем проведения вычислительного эксперимента. Целью проведения вычислительного эксперимента являлось подтверждение рабочей гипотезы исследования, о возможности применения разработанного информационного критерия для синтеза интегрированной логистической транспортной системы.

Исходными данными для проверки рабочей гипотезы и апробации метода обеспечения единства измерителей эффективности различных видов транспорта в логистических транспортных системах является: транспортная сеть на территории РФ, соединяющая ряд крупных городов, и обеспеченная инфраструктурой для взаимодействия различных видов транспорта; набор исследуемых показателей, характеризующих транспортную сеть и во взаимодействии с отдельными видами транспорта, сгруппированных в три отдельных критерия эффективности (тоннах, расстояние и время) доставки груза.

Инструментами вычислительного эксперимента по определению оптимальной траектории перемещения груза интегрированной логистической транспортной сети являлись: математическая модель определения для информационного критерия, последовательно снимающего значение неопределённости в исследуемой системе и разработанные алгоритмы и реализующие их программное обеспечение (алгоритмический язык C++). Важной особенностью разработанного программного обеспечения является то, что рост требований к вычислительным ресурсам зависит только от количества исследуемых критериев, но не зависит от количества показателей, заключенных в отдельном критерии эффективности, также не зависит от количества элементов, включаемых в транспортную сеть, то есть практически не зависит от количества исследуемых в интегрированной логистической транспортной системе связей.

Результатом вычислительного эксперимента стало построение графов систем сообщения отдельных видов транспорта с оценкой связей в едином количественном формате с последующим автоматическим их объединением в единую интегрированную логистическую транспортную систему. Интеграция в едином количественном формате оценок эффективности различных видов транспорта позволяет определить оптимальную в соответствии с информационным критерием траекторию перемещения как отдельных партий груза, так и отдельных единиц подвижного состава.

Произведенный анализ результатов вычислительного эксперимента по проектированию логистической транспортной сети доставки грузов из г. Мурманска в г. Новороссийск, позволил сделать следующие выводы:

1) в результате вычислительного эксперимента была получена полная совокупность эффективностей перемещения одной партии груза на всем поле возможных информационных состояний по трём исследуемым критериям

2) если предпочтение отдается критерию время доставки для одной партии грузов, то в этом случае доминируют эффективные оценки авиационного сообщения, но если количество перевозимого (тоннаж) перевозимого груза увеличивается тогда преимущество переходит к автомобильному и ж/д транспорту.

3) результаты сравнения количественных оценок эффективности перемещения одной партии груза показывают, что по эффективности перемещения в ИЛТС выше эффективности автомобильного сообщения на 0,36%, а по сравнению с ж/д сообщением на 3,8 %.

4) при моделировании состояния эффективности (прирост) при увеличении количества перемещаемого груза от 1 до 100 партий преимущество ИЛТС увеличивается по сравнению с автомобильным сообщением до 27%, а по сравнению с железнодорожным сообщением до 39%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе выполненных научно-методических исследований, реализованных в новых математических моделях, алгоритмах и оригинальном программном обеспечении разработан метод обеспечения единства измерителей эффективности различных видов транспорта в логистических транспортных системах. В диссертации были получены научные результаты.

1. Систематизированы данные по условиям функционирования логистических транспортных систем, которые можно определить как неоднозначные, что является прямым следствием разнородности по качественному признаку входящих в исследуемую систему совокупности различных видов транспорта измерителей; сложные – когда в систему входит большое количество элементов и большое количества связей между ними, а к тому же присутствует многоуровневость системы, когда элементы (объекты) в системе расположены на нескольких иерархических уровнях; нестабильные по информационному состоянию системы, что определяется значительной динамикой её измерителей; неопределённые, то есть, когда неизвестны вероятностные законы распределения случайных величин влияния факторов на параметры исследуемой системы.

2. Разработан метод, обеспечивающий единство измерителей эффективности функционирования логистических транспортных систем.

3. Разработана модель информационного критерия, характеризующего степень приспособленности системы к определенной задаче, позволяющая оперировать несколькими параметрами, изменения которых представляют случайные процессы, неподчиняющиеся классическим законам распределения случайных величин, то есть функционирующих в условиях неопределенности

Оценки достоверности разработанной модели информационного критерия подтвердили, что количественная оценка эффективности логистической системы на отдельном участке при использовании разработанной модели информационного критерия подчиняется убывающей экспоненциальной зависимости с высокой степенью детерминации (коэффициент детерминации во всех случаях выше 0,9).

Характер полученных экспоненциальных зависимостей починается постулату снятия неопределенности, сформулированному условием постановки задачи.

4. На основе модели информационного критерия были построены алгоритмы и ПО для определения оптимальной траектории перемещения партии груза в интегрированной логистической транспортной сети. Для построения алгоритмов определения оптимальной траектории перемещения партии груза в интегрированной логистической транспортной сети модернизировался алгоритм Беллмана–Форда. Разработанный алгоритм для программного обеспечения решает задачу динамического программирования по определению оптимальной траектории движения партии груза в интегрированной логистической транспортной системе по нескольким критериям эффективности в условиях стохастической неопределенности внешнего факторного пространства.

5. Апробация метода обеспечения единства измерителей эффективности различных видов транспорта в логистических транспортных системах путем проведения вычислительного эксперимента. Результатом вычислительного эксперимента стало построение графов систем сообщения отдельных видов транспорта с оценкой связей в едином количественном формате с последующим автоматическим их объединением в единую интегрированную логистическую транспортную систему. Интеграция в едином количественном формате оценок эффективности различных видов транспорта позволяет определить оптимальную в соответствии с информационным критерием траекторию перемещения как отдельных партий груза, так и отдельных единиц подвижного состава.

Произведенный анализ результатов вычислительного эксперимента по проектированию логистической транспортной сети доставки грузов из г. Мурманска в г. Новороссийск, позволил сделать следующие выводы:

1. в результате вычислительного эксперимента была получена полная совокупность эффективностей перемещения одной партии груза на всем поле возможных информационных состояний по трём исследуемым критериям

2. если предпочтение отдается критерию время доставки для одной партии грузов, то в этом случае доминируют эффективные оценки авиационного

сообщения, но если количество перевозимого (тоннаж) перевозимого груза увеличивается тогда преимущество переходит к автомобильному и ж/д транспорту.

3. результаты сравнения количественных оценок эффективности перемещения одной партии груза показывают, что по эффективности перемещения в ИЛТС выше эффективности автомобильного сообщения на 0,36%, а по сравнению с ж/д сообщением на 3,8 %.

4. при моделировании состояния эффективности (прирост) при увеличении количества перемещаемого груза от 1 до 100 партий преимущество ИЛТС увеличивается по сравнению с автомобильным сообщением до 27%, а по сравнению с железнодорожным сообщением до 39%.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АТС – автотранспортное средство

АТП – автотранспортное предприятие

ИППР – информационное пространство принятия решений

ИС – информационная ситуация

КВП – коэффициенты весомости показателей

ЛПР – лицо принимающее решение

ЛТС – логистическая транспортная система

ИЛТС – интегрированная логистическая транспорта система

МДК – метод доминирования критериев

МО – математическое описание

ПО – программное обеспечение

ПРР – погрузочно-разгрузочные работы

ЦФР – центр физического распределения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федоткина, О.В. Эффективность транспортно-логистический отрасли России: новые вызовы в эпоху цифровизации/О.В. Федоткина//Интеллектуальные транспортные системы России. Информационно-аналитический журнал и портал// Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.itsjournal.ru/articles/smart-logistic/effektivnost-transportno-logisticheskoy-otrasli-rossii-novye-vyzovy-v-epokhu-tsifrovoy-transformatsi/>. Дата обращения: 08.10. 2024 г.
2. Развитие рынка международной логистики в 2022 году: ожидания и риски. — Электронный ресурс. Режим доступа: https://telsgroup.ru/media_center/tels_in_the_press/razvitie-rynka-mezhdunarodnoy-logistiki-v-2022-godu-ozhidaniya-i-riski/ Дата обращения: 08.10. 2024 г.
3. Строительный рынок. Грузоперевозки/ Электронный ресурс. Режим доступа: <https://vsedlyastroiki.ru/ru/stroitelnyiy-ryinok-obzoryi-issledovaniya/gruzoperevozki/> Дата обращения: 09.10. 2024 г.
4. Структура перевозок грузов по видам транспорта по Российской Федерации/ РОССТАТ// Электронный ресурс. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport>. Дата обращения: 09.10. 2024 г.
5. Объемы перевозок по видам транспорта по Российской Федерации/ РОССТАТ// Электронный ресурс. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport>. Дата обращения: 09.10. 2024 г.
6. Государственная транспортная политика Российской Федерации. Концепция // Автомобильный транспорт. - 1998. - № 1. - С. 65-72.
7. Государственная транспортная политика Российской Федерации. Концепция // Автомобильный транспорт. - 1998. - № 2. - С. 34-41.

8. Дмитриев, Е. Пути повышения эффективности перевозок/Е. Дмитриев // Автомобильный транспорт. - 2001. - № 3. - С. 26-29.
9. Интеллектуальные транспортные системы. Цифровые инструменты управления транспортом. Материалы III Международная научно-практическая конференция ТРАНСПОРТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЕ БУДУЩЕЕ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТОМ 24 и 25 мая 2018 г., Москва, МАДИ.
10. Абдюшева, Д. Р. Анализ современного состояния транспортного комплекса России/ / Д.Р. Абдюшева, //Вестник университета. 2018. № 8. С. 56–61
11. Абдюшева, Д.Р. Характеристика структуры перевозок транспортного логистического комплекса/ Д.Р. Абдюшева, А.А. Степанов// УПРАВЛЕНИЕ. Межотраслевой менеджмент. Т. 7 № 4 / 2019. С.24-31.
12. I.Finance. ВВП России по годам: 1991 – 2024. Электронный ресурс/ Режим доступа. <http://global-finances.ru/vvp-rossii-po-godam/> Дата обращения 11.10.2024 г.
13. Прогноз экономики России за период 2018 по 2024 г. Электронный ресурс/ Режим доступа. <https://www.kubsu.ru/sites/default/files/users/21431/portfolio/prezentaciya.pdf> Дата обращения 11.10.2024 г.
14. «Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, утверждённой Правительством РФ от 27 ноября 2021 года №3363-р.
15. «Стратегические направления в области цифровизации транспортной отрасли Российской Федерации до 2030 г», утвержденные распоряжением Правительством РФ от 3 ноября 2023 г., № 3097-р.
16. Указ Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 «О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации».
17. Указ Президента Российской Федерации от 13 мая 2017 г. №208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года»

18. Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 года № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации»
19. Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года».
20. Покровская О. Д. Логистические транспортные системы России в условиях новых санкций/О.Д. Покровская // Бюллетень результатов научных исследований. — 2022. — Вып. 1. — С. 80–94. DOI: 10.20295/2223-9987-2022-1-80-94.
21. Рынок международной логистики в 2022 — как это будет? — URL: <https://novelco.ru/press-tsentr/rynok-mezhdunarodnoy-logistiki-v-2022-kak-eto-budet/> Дата обращения 11.10.2024 г.
22. Развитие рынка международной логистики в 2022 году: ожидания и риски. — URL: https://telsgroup.ru/media_center/tels_in_the_press/razvitie-rynka-mezhdunarodnoy-logistiki-v-2022-godu-ozhidaniya-i-riski/. Дата обращения 11.10.2024 г.
23. Rozin M. Stereotypes of Transport Logistics in Geopolitical Analytics / M. Rozin, V. Ryabtsev, V. Svechkarev // Transportation Research Procedia. — 2022— Vol. 61. — Pp. 285–288. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.01.047>. Дата обращения 12.10.2024 г.
24. Kurbatova A. Rational Precious Metals Supply Schemes. E3S Web of Conferences 138, 01039 / A. Kurbatova, P. Kurenkov, A. Safronova, M. Kuzina // International Scientific Conference “Construction and Architecture: Theory and Practice for the Innovation Development” (CATPID-2019). — URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913801039/> Дата обращения 12.10.2024 г.
25. Cui Z. How does COVID-19 pandemic impact cities’ logistics performance? Evidence from China’s highway freight transport / Z. Cui, X. Fu, J. Wang et al. //

- Transport Policy. Available online 4 March 2022. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.03.002>. Дата обращения 12.10.2024 г.
26. Bayramov V. Collateral damage: The Western sanctions on Russia and the evaluation of implications for Russia's post-communist neighbourhood / V.Bayramov, N. Rustamli, G. Abbas // International Economics. — August 2020. — Vol. 162. — Pp. 92–109. — URL: <https://doi.org/10.1016/j>. Дата обращения 12.10.2024 г.
 27. Запад вводит против России новые санкции. — URL: <https://lenta.ru/brief/2022/03/05/cost/>. Дата обращения 12.10.2024 г.
 28. Концепция создания терминально-логистических центров на территории РФ. — М., 2012. — 79 с. — URL: <https://cargo.rzd.ru/api/media/resources/c/5/121/74208>. Дата обращения 13.10.2024 г.
 29. History of Intelligent Transportation Systems // U.S. department of transportation, report FHWA-JPO-16-329, 2016.
 30. Титов А. В., Гаврилина Н. Е. и др. Управление логистическими системами от транспортного узла до транспортно-логистического кластера /А.В. Титов, Н.Е. Гаврилина, под общ. ред. А. В. Титова. Прага: Sociosféra-CZ, 2016. 120 с.
 31. Панасенко, Н.Н. Контейнеризация международной транспортной системы/Н.Н. Панасенко, П.В. Яковлев//Вестник АГТУ. Сер. Морская техника и технология. 2016. №4. С.103-115.
 32. Daniel Delling, Martin Holzer, Kirill Müller, Frank Schulz, and Dorothea Wagner. High-performance multi-level routing. In The Shortest Path Problem: Ninth DIMACS Implementation Challenge, volume 74 of DIMACS Book, pages 73–92. American Mathematical Society, 2009.
 33. Daniel Delling, Bastian Katz, and Thomas Pajor. Parallel computation of best connections in public transportation networks. ACM Journal of Experimental Algorithmics, 17(4):4.1–4.26, July 2012.

34. Andrew V. Goldberg and Renato F. Werneck. Computing point-to-point shortest paths from external memory. In *Proceedings of the 7th Workshop on Algorithm Engineering and Experiments (ALENEX'05)*, pages 26–40. SIAM, 2005.
35. Roy Goldman, N.R. Shivakumar, Suresh Venkatasubramanian, and Hector Garcia-Molina. Proximity search in databases. In *Proceedings of the 24th International Conference on Very Large Databases (VLDB 1998)*, pages 26–37. Morgan Kaufmann, August 1998.
36. Sungwon Jung and Sakti Pramanik. An efficient path computation model for hierarchically structured topographical road maps. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 14(5):1029–1046, September 2002.
37. Ning Jing, Yun-Wu Huang, and Elke A. Rundensteiner. Hierarchical encoded path views for path query processing: An optimal model and its performance evaluation. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 10(3):409–432, May 1998.
38. Tim Kieritz, Dennis Luxen, Peter Sanders, and Christian Vetter. Distributed time-dependent contraction hierarchies. In *Proceedings of the 9th International Symposium on Experimental Algorithms (SEA'10)*, volume 6049 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 83–93. Springer, May 2010.
39. Laurent Flindt Muller and Martin Zachariasen. Fast and compact oracles for approximate distances in planar graphs. In *Proceedings of the 14th Annual European Symposium on Algorithms (ESA'07)*, volume 4698 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 657–668. Springer, 2007/
40. Frank Schulz, Dorothea Wagner, and Karsten Weihe. Dijkstra's algorithm on-line: An empirical case study from public railroad transport. *ACM Journal of Experimental Algorithmics*, 5(12):1–23, 2000.
41. Frank Schulz, Dorothea Wagner, and Christos Zaroliagis. Using multi-level graphs for timetable information in railway systems. In *Proceedings of the 4th Workshop on Algorithm Engineering and Experiments (ALENEX'02)*, volume 2409 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 43–59. Springer, 2002.

42. Sabine Storandt. Route planning for bicycles – Exact constrained shortest paths made practical via contraction hierarchy. In Proceedings of the Twenty-Second International Conference on Automated Planning and Scheduling, pages 234–242, 2012.
43. Mikkel Thorup. Integer priority queues with decrease key in constant time and the single source shortest paths problem. In 35th ACM Symposium on Theory of Computing, pages 149–158, New York, NY, USA, 2003. ACM.
44. Mikkel Thorup. Compact oracles for reachability and approximate distances in planar digraphs. Journal of the ACM, 51(6):993–1024, 2004.
45. Peter Sanders and Dominik Schultes. Highway hierarchies hasten exact shortest path queries. In Proceedings of the 13th Annual European Symposium on Algorithms (ESA’05), volume 3669 of Lecture Notes in Computer Science, pages 568–579. Springer, 2005.
46. Peter Sanders and Dominik Schultes. Robust, almost constant time shortest-path queries in road networks. In The Shortest Path Problem: Ninth DIMACS Implementation Challenge, volume 74 of DIMACS Book, pages 193–218. American Mathematical Society, 2009.
47. T. Ikeda, Min-Yao Hsu, H. Imai, S. Nishimura, H. Shimoura, T. Hashimoto, K. Tenmoku, and K. Mitoh. A fast algorithm for finding better routes by AI search techniques. In Proceedings of the Vehicle Navigation and Information Systems Conference (VNSI’94), pages 291–296. ACM Press, 1994.
48. Концепции облачных технологий IaaS, PaaS, SaaS, MaaS, CaaS и XaaS/ZEL-Услуги/ Электронный ресурс/Режим доступа: <https://www.zeluslugi.ru/info-czentr/stati/iaas-paas-saas-maas-caas-xaas>. Дата обращений 24.09.2024
49. Al-Debei, M. M., El-Haddadeh, R., & Avison, D. (2008). Defining the business model in the new world of digital business. In Proceedings of the Americas Conference on Information Systems (AMCIS) (Vol. 2008, pp. 1-11).

50. Мишарин, А.С. Актуализация Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 год/ А.С. Мишарин, О.В. Евсеев//Транспорт Российской Федерации» № 2 (45) 2013 г, С 4-13.
51. Пятахин, А. В. Повышение эффективности перевозок груза автотранспортом на основе эколого-экономических методов : специальность 08.00.05 "Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности, в т.ч.: экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами; управление инновациями; региональная экономика; логистика; экономика труда; экономика народонаселения и демография; экономика природопользования; экономика предпринимательства; маркетинг; менеджмент; ценообразование; экономическая безопасность; стандартизация и управление качеством продукции; землеустройство; рекреация и туризм)" : диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Пятахин Андрей Вячеславович, 2006. – 157 с. – EDN IDOQKF.
52. Ляпин, С. А. Повышение эффективности управления процессами перевозок в открытых автотранспортных системах : специальность 05.22.08 "Управление процессами перевозок" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Ляпин Сергей Александрович. – Москва, 2009. – 367 с. – EDN NQLPVD.
53. Николин, В.И. Грузовые автомобильные перевозки/ В.И. Николин, Е.Е. Ветвицкий, С.М. Молчалин. – Омск: Вариант-Сибирь, 2004. – 480 с.
54. Миротин, Л.Б. Транспортная логистика: Учебник для транспортных вузов. / Л.Б. Миротин, Ы.Е. Ташбаев, В.А. Гудков. Под общ. ред. Л.Б. Миротина. – М.: Издательство «Экзамен», 2002. – 512 с.
55. Грузовые автомобильные перевозки: учебник для вузов / А.В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Куликов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 560 с.
56. Горев, А.Э. Грузовые автомобильные перевозки: учеб. пособие/ А.Э. Горев 5-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 288 с.

57. Виленский, П.Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов с учетом реальных характеристик экономической среды/П.Л. Виленский, В.Н. Лившиц // Аудит и финансовый анализ. - 2000. - № 3. — С. 97-137.
58. Гончарук О. В. Экономическая эффективность транспортно-технологических систем/О.В. Гончарук. - М.: Наука, 1991.-128с.
59. Гудков, В.А. Взаимодействие видов транспорта: Учебное пособие/ В.А. Гудков, В.Н. Тарновский// - ПО «Полиграф»; Волгоград, 1994.- 104 с.
60. Клейнер, Г.Б. Предприятие в нестабильной экономической среде: риски, стратегии, безопасность/ Г.Б. Клейнер, В.Л. Тамбовцев, Р.М. Качалов.Под общ. ред. Б.Г. Клейнера. - М.:Экономика,1997.- 280 с.
61. Курганов В.М. Современный менеджмент. Теория и практика управления / В.М. Курганов//Монография. - М.: Книжный мир, 2004. -182 с.
62. Афанасьев, Л.Л. Единая транспортная система и автомобильные перевозки/ Л.Л. Афанасьев, Н.Б. островский, С.М. Цукерберг. - М.: Транспорт, 1984.336с.
63. Батурин, А.П. Оптимальное развитие транспортных систем/ А.П. Батурин. - М.: Транспорт, 1991. -176с.
64. Бауэрсокс, Д.. Логистика: Интегрированная цепь поставок/ Д. Бауэрсокс, Д. Клосс. - М.: Олимп - Бизнес, 2001- 640с.
65. Вельможин, А.В. Теория транспортных процессов и систем/ А.В. Вельможин, В.А Гудков, Л.Б. Миротин. -М.: Транспорт, 1998.-167с.
66. Львов, Д.С. Экономика развития/ Д.С. Львов. - М.: "Экзамен", 2002. - 512 с.
67. Плоткин, Б.К. Экономико-математические методы и модели в логистике: Учебное пособие. /Б.К. Плоткин, Л.А. Делюкин. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2010. – 96 с.
68. Терентьев, А.В. Развитие метода районирования/ А.В. Терентьев // Материалы 4-ой международной научно-практической конференции. Инновации на транспорте и в машиностроении. – СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2016. – С. 127-13.

69. Терентьев, А.В. Методы определения множества Парето в некоторых задачах линейного программирования / А.В. Терентьев, Б.Д. Прудовский // Записки Горного института. Том 211. – СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2015. – С. 89-90.
70. Карелина, М.Ю. Аналитическое определение весовых коэффициентов при многокритериальной оценке эффективности автотранспортных средств /М.Ю. Карелина, И.В. Арифуллин, А.В. Терентьев//Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). - 2018. [№ 1 \(52\)](#) С.3-9.
71. Терентьев, А.В. Аналитическое определение весовых коэффициентов при многокритериальной оценке эффективности автотранспортных средств /М.Ю. Карелина, И.В. Арифуллин, А.В. Терентьев//Вестник МАДИ. - 2018. № 1 (52)
72. Таха. Введение в исследование операций / Таха, Хемди А. – М.: ИД «Вильямс», 2005. – 912 с.
73. Базилевский, М.П. Программно-математическое обеспечение автоматизации многокритериального выбора регрессионных моделей: автореф. дис. к-та. техн. наук: 05.13.18 / Базилевский Михаил Павлович. – Иркутск, 2012. -19 с.
74. Колесов, Ю.Б. Компонентные технологии математического моделирования: учеб. пособие / Ю.Б. Колесов, Ю.Б. Синиченков. – СПб.: Издательство Политехнического университета, 2013. - 233 с.
75. Грешилов, А.А. Математические методы построения прогнозов/А.А. Грешилов, В.А. Стакун, Л.А. Стакун. – М.: Радио и связь, 1997. – 112 с.
76. Луман, Н. Введение в системную теорию/ Н. Луман// — Из-во «Логос», 2007. - 360 с.
77. Кудж, С.А. Многоаспектность рассмотрения сложных систем/ С.А. Кудж // Перспективы науки и образования. 2014, №1. – С. 38-43
78. Шикин, Е. В. Математические методы и модели в управлении / Е. В. Шикин, А. Г. Чхартишвили. - М.: Дело, 2000. 440 с.

79. Карманов В.Г. Математическое программирование. /В.Г. Карманов - М.: Физматлит, 2000.
80. Городецкий С.Ю. Нелинейное программирование и многоэкстремальная оптимизация/ С.Ю. Городецкий, В.А. Гришагин – Н. Новгород: ННГУ, 2007.
81. Джарратано, Д. Экспертные системы: принципы разработки и программирование / Д. Джарратано, Г. Райли. 4-е изд.: Пер. с англ. - М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. - 1152 с.
82. Ногин, В.Д. Основы теории оптимизации / В.Д. Ногин. И.О. Протоद्याконов, И.И. Евлампиев. - М.: Высшая школа, 1986. - 383 с.
83. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат: пер. с англ. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. -798 с
84. Антонова, А.С. Многокритериальное принятие решений в условиях риска на основе интеграции мультиагентного, имитационного, эволюционного моделирования и численных методов [Электронный ресурс] / А.С. Антонова, К.А. Аксёнов // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4(2), - Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1466>.
85. Мушик, Э. Методы принятия технических решений / Э. Мушик, П. Мюллер. Пер. с нем. – М.: Мир, 1990. -208 с.
86. Подиновский, В.В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В.В. Подиновский, В.Д. Ногин. - М.: Наука, 1982. - С.9-64.
87. Саати, Томас Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети / Томас Л. Саати. Пер. с англ., науч. ред. А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 360 с.
88. Колесов, Ю.Б. Моделирование систем. Объектно-ориентированный подход: учеб. пособие / Ю. Б. Колесов, Ю. Б. Сениченков. – СПб.: БХВ-Питер, 2006. – 192 с.
89. Хоменюк, В.В. Элементы теории многокритериальной оптимизации/ В.В. Хоменюк. - М.: Наука, 1983, -С.8-25.

90. Черноруцкий, И.Г. Методы принятия решений / И.Г. Черноруцкий. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.
91. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений/П. Фишберн – М.: Наука, 1978. – 352 с С.3-9.
92. Петровский А.Б. Теория принятия решений. /А.Б. Петровский. - М.: Изд. центр «Академия», 2009, - 400 с.
93. Негойце, К. Применение теории систем к проблемам управления / К. Негойце. М.: Мир, 1981. 179 с.
94. Райфа, Г. Анализ решений. Введение в проблему выбора в условиях неопределенности: [пер. с англ.] / Г. Райфа; [под ред. С. В. Емельянова]. М.: Наука, 1977. 406 с.
95. Прикладные нечеткие системы / под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно. М.: Мир, 1993. 368 с.
96. Ротштейн, А. П. Нечеткий многокритериальный выбор альтернатив: метод наихудшего случая / А. П. Ротштейн // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2009. № 3. С. 51—55.
97. Рыжов, А. П. Элементы теории нечетких множеств и измерения нечеткости / А. П. Рыжов. М.: Диалог-МГУ, 1998. 116 с.
98. Кузьмин, В. Б. Построение групповых решений в пространствах четких и нечетких бинарных отношений / В. Б. Кузьмин. М.: Наука, 1982. 168 с.
99. Левин, В. И. Новое обобщение операций над нечеткими множествами / В. И. Левин // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2001. № 1. С. 143—146.
100. Нечеткие множества и теория возможностей: [пер. с англ.] / под ред. Р. Р. Ягера, С. И. Травкина. М.: Радио и связь, 1986. 405 с.
101. Орловский, С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / С. А. Орловский. М.: Наука. 1981. 208 с.
102. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
103. Тэрано, Т. Прикладные нечеткие системы / Т. Тэрано. М.: Мир, 1993. 368 с.

104. Ухоботов, В. И. Введение в теорию нечетких множеств и ее приложения: учеб. пособие / В. И. Ухоботов. Челябинск: УрСЭИ АТ и СО, 2005. 133 с.
105. Оптимизация функций и динамических процессов. / Сост. Городецкий С.Ю., Павлюченок З.Г., Савельев В.П. – Н.Новгород: ННГУ, 2001.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица расстояний между основными пунктами внутренних водных путей Европейской части РФ в километрах

Астрахань, порт																												
3571	Беломорск, пристань																											
3186	456	Вознесенье, пассажирская пристань																										
438	3088	2703	Волгоград, порт																									
745	3400	3015	312	Волгодонск, порт																								
3120	451	66	2637	2949	Вытегра, пристань																							
2138	1433	1048	1655	1967	982	Нижний Новгород, порт																						
2877	1167	782	2394	2706	716	739	Дубна (пристань Большая Волга)																					
1723	1848	1463	1240	1552	1397	415	1154	Казань, порт																				
2992	1282	897	2509	2821	831	854	115	1269	Тверь, порт																			
2444	1127	742	1961	2273	676	306	433	721	548	Кострома, порт																		
1296	2275	1890	813	1125	1824	842	1581	427	1696	1148	Самара, порт																	
3604	874	418	3121	3433	484	1466	1200	1881	1315	1160	2308	Санкт-Петербург, порт																
3044	1334	949	2561	2873	883	906	167	1321	282	600	1748	1367	Москва, Южный порт															
2546	2815	2430	2063	2375	2364	1382	2121	967	2236	1688	1250	2848	2288	Пермь, порт														
3553	823	367	3070	3382	433	1415	1149	1830	1264	1109	2257	51	1316	2797	Шлиссельбург, пристань													
3351	220	236	2868	3180	231	1213	947	1628	1062	907	2055	654	1114	2595	603	Повенецкий, рейд												
1011	3666	3281	578	266	3215	2233	2972	1818	3087	2539	1391	3699	3139	2641	3648	3446	Ростов-на-Дону, порт											
2611	960	575	2128	2440	509	473	266	888	381	167	1315	993	433	1855	942	740	2706	Рыбинск, порт										
2129	2398	2013	1646	1958	1947	965	1704	550	1819	1271	833	2431	1871	417	2380	2178	2224	1438	Сарапул, пристань									
862	2709	2324	379	691	2258	1276	2015	861	2130	1582	434	2742	2182	1684	2691	2489	957	1749	1267	Саратов, порт								
3397	667	211	2914	3226	277	1259	993	1674	1108	953	2101	207	1160	2641	156	447	3492	786	2224	2535	Свирица, пристань							
2798	3067	2682	2315	2627	2616	1634	2373	1219	2488	1940	1502	3100	2540	252	3049	2847	2893	2107	669	1936	2893	Соликамск, порт						
1506	2065	1680	1023	1335	1614	632	1371	217	1486	938	210	2098	1538	1040	2047	1845	1601	1105	623	644	1891	1292	Ульяновск, порт					
2478	2747	2362	1995	2307	2296	1314	2053	899	2168	1620	1182	2780	2220	972	2729	2527	2573	1787	555	1616	2573	1224	972	Уфа, порт				
1864	1707	1322	1381	1693	1256	274	1013	141	1128	580	568	1740	1180	1108	1689	1487	1959	747	691	1002	1533	1360	358	1040	Челоксары, порт			
2777	794	409	2294	2606	343	639	373	1054	488	333	1481	827	540	2021	776	574	2872	166	1604	1915	620	2273	1271	1953	913	Череповец, порт		
2524	1047	662	2041	2353	596	386	353	801	468	80	1998	1080	520	1768	1029	827	2619	87	1351	1662	873	2020	1018	1700	600	253	Ярославль, порт	



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ АВТОМОБИЛЬНОГО
ТРАНСПОРТА
(ОАО «НИИАТ»)
ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР
125480, г. Москва, ул. Героев Панфиловцев д. 24
Тел.: (495) 496-55-23, факс: (495) 495-63-36
www.niiat.ru

12.05.2025 № 0132-04/719
на № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор

В.В. Машков



Акт внедрения

результатов диссертационного исследования

Соловьева Николая Владимировича

на тему: «Метод обеспечения единства измерителей эффективности различных видов транспорта в логистических транспортных системах», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.9. «Логистические транспортные системы»

Настоящий акт составлен о том, что результаты диссертационного исследования Соловьева Николая Владимировича, а именно разработанный научный подход к определению измерителей эффективности различных видов транспорта в логистических транспортных системах, позволяет решать задачу динамического программирования при определении оптимальных маршрутов перемещения грузов в интегрированных логистических транспортных системах по нескольким критериям эффективности и в условиях стохастической неопределенности внешнего факторного пространства.

Предложенный автором метод обеспечения единства измерителей эффективности различных видов транспорта в логистических транспортных системах, основанный на информационном критерии, позволяет максимально использовать потенциальные возможности транспортной системы предприятий с учетом специфических особенностей и параметров взаимодействия различных видов транспорта.

Можно констатировать, что разработанные в диссертационном исследовании научно-прикладные инструменты позволяют проектировать системы сообщения, состоящие из отдельных видов транспорта, с оценкой связей в едином количественном формате и последующим автоматическим их объединением в единую интегрированную логистическую транспортную систему. Интеграция в едином количественном формате оценок эффективности различных видов транспорта позволяет определить оптимальные, в соответствии с информационным критерием, маршруты перемещения как отдельных партий груза, так и отдельных единиц подвижного состава.

Результаты диссертационного исследования применены при исполнении контракта от 24.06.2024 г. №009/ОК-24 на выполнение научно-исследовательской работы по теме «Разработка научно обоснованных предложений по расчету,

установлению и мониторингу значений показателей региональных стандартов транспортного обслуживания населения, направленных, в том числе на развитие сервисов интеллектуальных транспортных систем, повышение качества функционирования региональных транспортных систем и работы автомобильного транспорта»

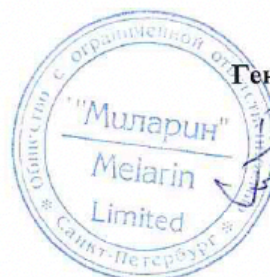
Заместитель генерального директора
по проектной и контрольной деятельности



М.А. Кудряшов

Общество с ограниченной ответственностью «Миларин»

198320, город Санкт-Петербург, город Красное Село, улица Свободы, 63, литер А
ИНН 7805120198, КПП 780701001, ОГРН 1037811051101
Тел/факс:(812) 741-15-72; E-mail: melarin@melarin.ru



«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор
ООО «Миларин»
А.Б. Носков

Акт внедрения

результатов диссертационной работы Соловьева Николая Владимировича на тему:
«Метод обеспечения единства измерителей эффективности различных видов транспорта в логистических транспортных системах», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.9. «Логистические транспортные системы»

Настоящий акт составлен в том, что разработанный в диссертации Соловьева Николая Владимировича научный подход к решению оптимизационных задач транспортной логистики, основанный на использовании информационного критерия, применяется в практической деятельности ООО «Миларин».

Разработанный автором метод обеспечения единства измерителей эффективности в логистических транспортных системах при внедрении его производство позволяет:

- формировать сложные логистические транспортные системы с оптимизацией провозных возможностей и производительности работы подвижного состава;
- интегрировать в управление логистическими транспортными системами цифровые технологии, унифицирующие количественные и качественные измерители эффективности транспортного процесса.

Результатом применения метода обеспечения эффективности транспортного процесса является формирование единой логистическую транспортной системы, позволяющей формировать оптимальные маршруты подвижного состава предприятия по большому количеству актуальных критериев: время доставки, грузооборот и затраты на перевозки.

Заместитель генерального директора
ООО «Миларин»
Кандидат экономических наук

/Носков А.А.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2025616031

**Программное обеспечение «Математическая модель
оценки ожидания рисков при логистических
транспортных перевозках»**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
"Государственный университет управления" (ГУ)*

Авторы: *Соловьев Николай Владимирович (RU), Терентьев
Алексей Вячеславович (RU), Карелина Мария Юрьевна
(RU), Судоргин Роман Олегович (RU)*



Заявка № 2025614788

Дата поступления 12 марта 2025 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 12 марта 2025 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 0692e7a1a6300b5442401670bca2026
Владелец: **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 10.07.2024 по 03.10.2025

Ю.С. Зубов

Фрагменты листинга программы для ЭВМ

```

namespace WindowsFormsApp2
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        GraphicForm graphicForm = new GraphicForm();
        Calculation1 MainCalculation = new Calculation1();
        Criterions MainCriterions = new Criterions();
        public int[,] Connection; // массив вершин связей (с нулями в последствии)
        public int[] ConnectionValue; // массив значений связей
        public int[,] ConnectionForAllTransport; // массив вершин связей для всех видов транспорта
        TaskCompletionSource<bool> _tcs;
        Graphics g; // объект класса графикс
        bool button3Visible = true; // видимость кнопки "занести данные"
        bool isColumnAdded = true; // добавление третьего столбца в dataGridView1
        bool CalculationButtonVis = true; // видимость кнопки "выбрать"
        string CONN = ""; // количество связей каждой вершины
        string CONN_zero = ""; // количество связей каждой вершины с нулями
        int CheckgridTabIndex = 0; // для запоминания таблицы видов транспорта
        DataGridView[] arrayGrid = new DataGridView[8];
        GroupBox[] boxes = new GroupBox[5];
        MainCriterions.SetN (temp);
        MainCriterions.FindProbabilityArray ();
        ChoosingK();
        return true;
    }
    private bool ReadStartVertex() // считывает начальную вершину
    {
        int temp;
        try
        {
            temp = int.Parse(textBox3.Text);
        }
        catch (FormatException)
        {
            MessageBox.Show("Введите порядковый номер начальной вершины");
            return false;
        }
        catch (NullReferenceException)
        {
        }
    }

```

```

    MessageBox.Show("Введите порядковый номер начальной вершины");
    return false;
}
catch (ArgumentNullException)
{
    MessageBox.Show("Введите порядковый номер начальной вершины");
    return false;
} if (
temp >
MainCalculation.GetV())
{
    MessageBox.Show("Порядковый номер начальной вершины не должен превышать порядковый
номер конечной вершины ");
    return false;
} if (
temp == MainCalculation.GetV())
{
    MessageBox.Show("Порядковый номер начальной вершины не должен равняться порядковому
номеру конечной вершины ");
    return false;
} if (
temp <
1)
{
    MessageBox.Show("Порядковый номер начальной вершины не должен быть меньше 1 ");
    return false;
}
MainCriteria.SetFirstVertex(temp);
return true;
}
private void CreateTableForConect(int M) // создание таблицы, M - количество вершин
{
    foreach (DataGridView grid in CheckGroupBox.Controls.OfType<DataGridView>())
    {
        grid.RowHeadersWidth = 35;
        ...
        SettingConnectionsToTheCheckBox(M, grid);
        MainCalculation.SetConnectionVertex(Connection);
    }
    CarCheckDataGrid.Columns[0].HeaderText = "Автом";
    TrainCheckDataGrid.Columns[0].HeaderText = "Жд";
    PlaneCheckDataGrid.Columns[0].HeaderText = "Авиа";

```

```

SeaCheckDataGrid.Columns[0].HeaderText = "Морской";
RiverCheckDataGrid.Columns[0].HeaderText = "Речной";
}

private void SettingConnectionsToTheCheckBox(int M, DataGridView grid)
grid[0, i].Value = testoutput;
testoutput = "";
k = k + 2;
}
}

private void button1_Click(object sender, EventArgs e) // кнопка ОК
{
if (!ReadInputValues() || !ReadInputCriteria() || !ReadStartVertex() || !ReadEndVertex()) return;
graphicForm.Show();
foreach (GroupBox box in graphicForm.Controls.OfType<GroupBox>())
{
g = box.CreateGraphics();
box.Visible = true;
}

graphicForm.resultBox.Text = "Результат расчета пути";
graphicForm.boxForGraphic0.Text = "Авто";
graphicForm.boxForGraphic1.Text = "Жд";
graphicForm.boxForGraphic2.Text = "Авиа";
graphicForm.boxForGraphic3.Text = "Морской";
graphicForm.groupBox4.Text = "Речной";
graphicForm.label1.Text = "";
graphicForm.label2.Text = "";
this.TopMost = true;
MainCalculation.SetCOUNT_connectArr(0);
MainCalculation.SetZeroCOUNT_M(0);
MainCalculation.SetZerorowIter(0);
isColumnAdded = true;
button3Visible = true;
button3.Visible = false;
OutputGridView.Rows.Clear();
InputGridView.Rows.Clear();
CreateTableForConect(MainCalculation.GetV());
delete_label.Text = "";
button4.Visible = true;
foreach (DataGridView grid in DataGroupBox.Controls.OfType<DataGridView>())
{
DeletingRowsGrid(grid);
grid.Visible = false;
}
graphicForm.resultBox.BringToFront();

```

```

}
private void DeletingRowsGrid(DataGridView grid)
{
    int numRows = grid.Rows.Count;
    for (int i = 0; i < numRows; i++)
    {
        try
        {
            int max = grid.Rows.Count - 1;
            grid.Rows.Remove(grid.Rows[max]);
        }
        catch (Exception exe)
        {
            MessageBox.Show("You can't delete A row " + exe, "WTF",
            MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Information);
        }
    }
}

private void DrawGraphic(int Vert_count, int numberOfgrid)
{
    Brush br = new SolidBrush(Color.White); // цвет текста
    Brush br_col = new SolidBrush(Color.Silver); // цвет эллипсов
    Font fnt = new System.Drawing.Font("Arial", (float)14); // шрифт
    int x = 10;
    int y = 20;
    int y_offset = 190;
    int grid_X = 0; // сдвиг для разных видов транспорта
    int grid_Y = 0;
    switch (numberOfgrid)
    {
        {
        case 0:
        {
            break;
        };
        case 1:
        {
            grid_Y = 300;
            break;
        };
        case 2:
        {

```



```

grid_Y = 600;
break;
};
case 3:
{
grid_X = 550;
break;
};
case 4:
{
grid_X = 550;
grid_Y = 300;
break;
};
}
int count = 0;
int[,] Coordinates = new int[Vert_count, 2]; // коорд вершин связей
int[,] Coordinates_elips = new int[Vert_count, 2]; // коорд эллипсов
int[] DeleteArrey = new int[Vert_count];
for (int i = 0; i < DeleteArrey.Length; i++)
DeleteArrey[i] = 1;
MainCalculation.SetDeleteArr(DeleteArrey);
foreach (GroupBox box in graphicForm.Controls.OfType<GroupBox>())
DrowingEveryKindOfTransportBox(ref Vert_count, br, br_col, fnt, ref x, y, y_offset, ref count,
Coordinates, Coordinates_elips, box);
MainCalculation.SetCoordinates_elips(Coordinates_elips);
MainCalculation.SetCoordinates(Coordinates);
g.Dispose();
}
private void DrowingEveryKindOfTransportBox(ref int Vert_count, Brush br, Brush br_col, Font fnt, ref int
x, int y, int y_offset, ref int count, int[,] Coordinates, int[,] Coordinates_elips, GroupBox box)
{
if (Vert_count % 2 == 0)
{
int sign = 0; // сдвиг связей
int temp = 0;
while (Vert_count > 0)
{
g.FillEllipse(br_col, x, y + sign, 25, 25);
Coordinates[count, 0] = x;
Coordinates[count, 1] = y + sign + 30;
Coordinates_elips[count, 0] = x;
Coordinates_elips[count, 1] = y + sign;
g.DrawString((count + 1).ToString(), fnt, br, x + 4, y + 1 + sign);

```

```

count++;
g.FillEllipse(br_col, x, y + y_offset - sign, 25, 25);
Coordinates[count, 0] = x;
Coordinates[count, 1] = y - sign + y_offset;
Coordinates_elips[count, 0] = x;
Coordinates_elips[count, 1] = y + y_offset - sign;
g.DrawString((count + 1).ToString(), fnt, br, x + 4, y + y_offset - sign + 1);
count++;
sign = sign + temp + 20;
temp += 15;
x = x + 120;
Vert_count = Vert_count - 2;
}
}
else
{
g.FillEllipse(br_col, x, y + 80, 25, 25);
g.DrawString("1", fnt, br, x + 4, y + 81);
Coordinates[count, 0] = x + 30;
Coordinates[count, 1] = y + 90;
Coordinates_elips[count, 0] = x;
Coordinates_elips[count, 1] = y + 80;
x = x + 120;
count++;
Vert_count = Vert_count - 1;
int sign = 0; // сдвиг связей
int temp = 0;
while (Vert_count > 0)
{
g.FillEllipse(br_col, x, y + sign, 25, 25);
Coordinates[count, 0] = x;
Coordinates[count, 1] = y + sign + 30; //30 - сдвиг верхних связей
Coordinates_elips[count, 0] = x;
Coordinates_elips[count, 1] = y + sign;
g.DrawString((count + 1).ToString(), fnt, br, x + 4, y + 1 + sign);
count++;
g.FillEllipse(br_col, x, y + y_offset - sign, 25, 25);
Coordinates[count, 0] = x;
Coordinates[count, 1] = y - sign + y_offset;
Coordinates_elips[count, 0] = x;
Coordinates_elips[count, 1] = y + y_offset - sign;
g.DrawString((count + 1).ToString(), fnt, br, x + 4, y + y_offset - sign + 1);
count++;
sign = sign + temp + 20;

```

```

temp += 15;
x += 120;
Vert_count = Vert_count - 2;
}
}
private void button4_Click(object sender, EventArgs e)
// Кнопка "определить связи", считывание Чекбоксов
{
AsyncWorkingWithCheckBoxes();
}
async Task AsyncWorkingWithCheckBoxes()
{
boxes[0] = graphicForm.boxForGraphic0;
boxes[1] = graphicForm.boxForGraphic1;
boxes[2] = graphicForm.boxForGraphic2;
boxes[3] = graphicForm.boxForGraphic3;
boxes[4] = graphicForm.groupBox4;
InputGridView.Rows.Clear();
AlldataGridView.Rows.Clear();
button3.Visible = true;
int[,.] ConnectionArrForFive = new int[5, Connection.GetUpperBound(0) + 1,
Connection.GetUpperBound(1) + 1];
KindOfTransportLabel.Visible = true;
int K_row = MainCriteria.GetFactorialN() < MainCriteria.GetM() ? MainCriteria.GetM() :
MainCriteria.GetFactorialN();
foreach (DataGridView grid in CheckGroupBox.Controls.OfType<DataGridView>())
{
g = boxes[grid.TabIndex].CreateGraphics();
DrawGraphic(MainCalculation.GetV(), grid.TabIndex);
SettingConnectionsToTheCheckBox(MainCalculation.GetV(), grid);
ReadingGridCheckBoxes(Connection, grid); // добавляем нули в connection
for (int i = 0; i < Connection.GetUpperBound(0) + 1; i++)
for (int j = 0; j < Connection.GetUpperBound(1) + 1; j++)
ConnectionArrForFive[grid.TabIndex, i, j] = Connection[i, j];
g = boxes[grid.TabIndex].CreateGraphics();
MainCalculation.SetConnectionVertex(Connection);
DrowningLinesBetweenVertexes(); // рисуем связи
KindOfTransportLabel.Text = $"{grid.Columns[0].HeaderText}";
button4.Visible = false;
button3.Visible = true;
EnteringData(ConnectionArrForFive, grid.TabIndex);
SetCheckGridTabIndex(CheckGroupBox.Controls.IndexOf(grid));
}
}

```

```

_tcs = new TaskCompletionSource<bool>();
// продолжение работы цикла после нажатия
await _tcs.Task;
}
}

private void SetCheckGridTabIndex(int tabIndex) => CheckgridTabIndex = tabIndex;
private int GetCheckGridTabIndex() => CheckgridTabIndex;
private void DrawingLinessBetweenVertexes()
{
    int[,] Coordinates = MainCalculation.GetCoordinates();
    int[,] Colour = MainCalculation.SetColor(MainCalculation.GetV());
    for (int i = 0; i < Connection.GetUpperBound(0) + 1; i++)
    {
        if (Connection[i, 0] != 0) // Рисуем линию
        {
            Pen p = new Pen(Color.FromArgb(Colour[i, 0], Colour[i, 1], Colour[i, 2]), 1); // цвет линии и
            ширина
            g.DrawLine(p, Coordinates[Connection[i, 0] - 1, 0], Coordinates[Connection[i, 0] - 1, 1],
            Coordinates[Connection[i, 1] - 1, 0], Coordinates[Connection[i, 1] - 1, 1]);
        }
    }
    g.Dispose();
}

private void ReadingGridCheckBoxes(int[,] ConnectionArr, DataGridView grid)
{
    for (int i = 0; i < grid.RowCount; i++)
    {
        bool isCellChecked = (bool)grid.Rows[i].Cells[1].Value;
        if (!isCellChecked)
        {
            ConnectionArr[i, 0] = 0;
            ConnectionArr[i, 1] = 0;
        }
    }
}

private void EnteringData(int[,] arr, int iteration)
{
    arrayGrid[0] = dataVertex1;
    arrayGrid[1] = dataVertex2;
    arrayGrid[2] = dataVertex3;
    arrayGrid[3] = dataVertex4;
    arrayGrid[4] = dataVertex5;
    arrayGrid[5] = dataVertex6;
}

```

```

arrayGrid[6] = dataVertex7;
arrayGrid[7] = dataVertex8;
int count = 0;
int tempi = 1;
int k = 0;
DataGroupBox.Controls[tempi - 1].Visible = true;
if (MainCriteria.GetM() != 0)
    CreatingTableForGropBox(arrayGrid[tempi - 1], MainCriteria.GetM(), MainCriteria.GetN(),
        countConect, tempi);
count = 0;
tempi++;
countConect++;
}
}

private void CreatingTableForGropBox(DataGridView grid, int M, int N, int COUNT_connect1, int[]
COUNT_connect2)
{
    grid.Rows.Clear();
    grid.RowCount = M;
    grid.ColumnCount = N;
    grid.TopLeftHeaderCell.Value = "Связи ";
    private void button3_Click(object sender, EventArgs e) // занести данные в общую таблицу для
нормализации
    {
        boxes[0] = graphicForm.boxForGraphic0;
        boxes[1] = graphicForm.boxForGraphic1;
        boxes[2] = graphicForm.boxForGraphic2;
        boxes[3] = graphicForm.boxForGraphic3;
        boxes[4] = graphicForm.groupBox4;

arrayGrid[0] = CarCheckDataGrid;
arrayGrid[1] = TrainCheckDataGrid;
arrayGrid[2] = RiverCheckDataGrid;
arrayGrid[3] = PlaneCheckDataGrid;
arrayGrid[4] = SeaCheckDataGrid;
foreach (DataGridView grid in DataGroupBox.Controls.OfType<DataGridView>())
{
    if (grid.RowCount < 2) continue;
    if (!CheckingEnteredDataInGrid(grid)) return;

```

```

} int K_row =
MainCriteria.GetFactorialN() <
MainCriteria.GetM() ?
MainCriteria.GetM() :
MainCriteria.GetFactorialN();
AddingCoustsIntoGridsUsingThePriorityOfCriteria(K_row, arrayGrid[GetCheckGridTabIndex()]);
foreach (DataGridView grid in DataGroupBox.Controls.OfType<DataGridView>())
if (grid.RowCount > 1)
{
Normalization(grid);
SolvingMulticriteriaEquation(grid.RowCount - 1, grid);
OutputAllData();
DrawingCostOfCommunication(grid);
ConnectionValue = new int[Connection.GetLength(0)];
for (int i = 0; i < Connection.GetLength(0); i++)
{
ConnectionValue[i] =
Convert.ToInt32(Math.Round(double.Parse(arrayGrid[GetCheckGridTabIndex()][2, i].Value.ToString()) *
10000, 0));
if (ConnectionValue[i] == 0) ConnectionValue[i] = 999999999;
}
arrayGrid[GetCheckGridTabIndex()].Columns[2].DefaultCellStyle.Alignment =
DataGridViewContentAlignment.MiddleCenter;
}
ProhibitingToEditGrid(OutputGridView); // запрет редактирования
ProhibitingToEditGrid(dataGridView2);
ProhibitingToEditGrid(arrayGrid[GetCheckGridTabIndex()]);
label6.Visible = true;
button3.Visible = false;
foreach (DataGridView grid in DataGroupBox.Controls.OfType<DataGridView>())
{
DeletingRowsGrid(grid);
grid.Visible = false;
}
_tcs.SetResult(false);
if (_tcs.Task.IsCompleted)
{
double[,] ConnectionValueForAllTransport = new double[arrayGrid[0].RowCount, 2];
for (int i = 0; i < arrayGrid[0].RowCount; i++)
{
double minvalue = double.MaxValue;
foreach (DataGridView grid in CheckGroupBox.Controls.OfType<DataGridView>())
if (double.Parse(grid[2, i].Value.ToString()) != 0 && double.Parse(grid[2, i].Value.ToString()) <
minvalue)

```

```

{
    minvalue = double.Parse(grid[2, i].Value.ToString());
    ConnectionValueForAllTransport[i, 1] = double.Parse(grid[2, i].Value.ToString());
    ConnectionValueForAllTransport[i, 0] = grid.TabIndex;
}
}

g = graphicForm.resultBox.CreateGraphics();
DrawGraphic(MainCalculation.GetV(), arrayGrid[0].TabIndex);
SettingConnectionsToTheCheckBox(MainCalculation.GetV(), arrayGrid[0]);

AddingZerosIntoTheConnection(ConnectionValueForAllTransport);
g = graphicForm.resultBox.CreateGraphics();
MainCalculation.SetConnectionVertex(Connection);
DrowningLinesBetweenVertexes(); // рисуем связи
SettingConnectionsToTheCheckBox(MainCalculation.GetV(), arrayGrid[0]);
DrowningCostsForResultBoxBetweenVertexes(ConnectionValueForAllTransport); // рисуем
значения связей
SettingConnectionValue(ConnectionValueForAllTransport);
FindingTheBestWay(ConnectionValueForAllTransport);
}
}

private void DrowningCostsForResultBoxBetweenVertexes(double[,] connectionValueForAllTransport)
{
    string[] kindOfTransport = { "Автом", "ЖД", "Авиа", "Морской", "Речной" };
    int[,] Colour = MainCalculation.GetColor();
    Font fnt = new System.Drawing.Font("Arial", (float)8); // шрифт
    double[] decisionArrROW = new double[connectionValueForAllTransport.GetLength(0)];
    for (int i = 0; i < connectionValueForAllTransport.GetLength(0); i++)
        decisionArrROW[i] = connectionValueForAllTransport[i, 1];
    g = graphicForm.resultBox.CreateGraphics();
    int[,] Coordinate = MainCalculation.GetCoordinates();
    int[,] teeemp = GetConnection();
    int x1, x2, y1, y2;
    for (int i = 0; i < teeemp.GetLength(0); i++)
    {
        Brush color = new SolidBrush(Color.FromArgb(Colour[i, 0], Colour[i, 1], Colour[i, 2]));
        x1 = Coordinate[teeemp[i, 0] - 1, 0];
        y1 = Coordinate[teeemp[i, 0] - 1, 1];
        x2 = Coordinate[teeemp[i, 1] - 1, 0];
        y2 = Coordinate[teeemp[i, 1] - 1, 1];
        if (decisionArrROW[i] == 0) continue;
        else
        {
            if (x1 == x2) g.DrawString((Math.Round(decisionArrROW[i], 4)).ToString() + " " +

```

```

kindOfTransport[(int)connectionValueForAllTransport[i, 0]], fnt, color, x1 + 1, y1 + (y2 - y1) / 2);
if (y1 == y2) g.DrawString((Math.Round(decisionArrROW[i], 4)).ToString() + " " +
kindOfTransport[(int)connectionValueForAllTransport[i, 0]], fnt, color, x1 + (x2 - x1) / 2, y1 - 1);
if (x1 != x2 && y1 != y2)
g.DrawString((Math.Round(decisionArrROW[i], 4)).ToString() + " " +
kindOfTransport[(int)connectionValueForAllTransport[i, 0]], fnt, color, x1 + (x2 - x1) / 3, y1 + (y2 - y1) / 3);
}
}
}
private void FindingTheBestWay(double[,] connectionValueForAllTransport)
{
string[] kindOfTransport = { "Автом", "ЖД", "Авиа", "Морской", "Речной" };
var graph = new Graph();
SettingConnectionsToTheCheckBox(MainCalculation.GetV(), arrayGrid[0]);
for (int i = 1; i <= MainCalculation.GetV(); i++) // задаем номера вершин
graph.AddVertex(Convert.ToString(i));
for (int i = 0; i < MainCalculation.GetConnectionVertex().GetLength(0); i++) // задаем значение связей
graph.AddEdge(Convert.ToString(Connection[i, 0]), Convert.ToString(Connection[i, 1]),
ConnectionValue[i]); ///
var Bellman_short = new Bellman_short(graph);
var path = Bellman_short.FindShortestPath("1", MainCalculation.GetV().ToString());

if (textBox3.Text == "")
path = Bellman_short.FindShortestPath("1", MainCriteriaions.GetEndVertex().ToString());
else
path = Bellman_short.FindShortestPath(MainCriteriaions.GetFirstVertex().ToString(),
MainCriteriaions.GetEndVertex().ToString());
int counter = Bellman_short.COUNTER;
int[] patharr = path.Replace(" ", "").ToCharArray().Select(i => int.Parse(i.ToString())).ToArray();
int[,] tempPathValue = new int[patharr.GetLength(0) - 1, 2];
for (int i = 0; i < patharr.GetLength(0) - 1; i++)
{
tempPathValue[i, 0] = patharr[i];
tempPathValue[i, 1] = patharr[i + 1];
}
string kindOfTransportWay = "";
for (int j = 0; j < tempPathValue.GetUpperBound(0) + 1; j++)
{
for (int i = 0; i < Connection.GetUpperBound(0) + 1; i++)
{
if (tempPathValue[j, 0] == Connection[i, 0] && tempPathValue[j, 1] == Connection[i, 1])
{
kindOfTransportWay = kindOfTransportWay +
kindOfTransport[(int)connectionValueForAllTransport[i, 0]].ToString() + " ";
}
}
}
}

```



```

break;
}
}
}

int sum = 0;
for (int i = 0; i < tempPathValue.GetUpperBound(0) + 1; i++)
for (int j = 0; j < Connection.GetUpperBound(0) + 1; j++)
if ((tempPathValue[i, 0] == Connection[j, 0]) && (tempPathValue[i, 1] == Connection[j, 1]))
{
sum += ConnectionValue[j];
break;
}
if (sum == 999999999) MessageBox.Show("нет связи между начальной и конечной вершинами");
else
{
double temp = sum * 0.0001;
graphicForm.label1.BringToFront();
graphicForm.label2.BringToFront();
graphicForm.label1.BackColor = Color.LightSteelBlue;
graphicForm.label2.BackColor = Color.LightSteelBlue;
graphicForm.label1.Text = "Наилучший путь" + 'Än' + path.Replace(" ", "->").ToString() + " (" +
kindOfTransportWay + ")";
graphicForm.label2.Text = "Стоимость пути" + 'Än' + temp;
}
}

private void SettingConnectionValue(double[,] ConnectionValueForAllTransport)
{
ConnectionValue = new int[Connection.GetLength(0)];
for (int i = 0; i < Connection.GetLength(0); i++)
{
ConnectionValue[i] = (int)(ConnectionValueForAllTransport[i, 1] * 10000);
if (ConnectionValue[i] == 0) ConnectionValue[i] = 999999999;
}
}

private void AddingZerosIntoTheConnection(double[,] ConnectionValueForAllTransport)
{
for (int i = 0; i < Connection.GetLength(0); i++)
if (ConnectionValueForAllTransport[i, 1] == 0)
{
Connection[i, 0] = 0;
Connection[i, 1] = 0;
}
}

```

```

private void DrawingCostOfCommunication(DataGridView grid)
{
    int[,] Colour = MainCalculation.GetColor();
    Font fnt = new System.Drawing.Font("Arial", (float)8); // шрифт
    int k = 0;
    int x1, x2, y1, y2;
    int tempCount = grid.RowCount - 1;
    for (int i = 0; i < teeemp.GetLength(0); i++) // цикл поправить
    {
        if (teeemp[i, 0] != 0)
        {
            Brush color = new SolidBrush(Color.FromArgb(Colour[i, 0], Colour[i, 1], Colour[i, 2]));
            arrayGrid[GetCheckGridTabIndex()][2, i].Value = Math.Round(decisionArrROW[k], 4);
            x1 = Coordinate[teeemp[i, 0] - 1, 0];
            y1 = Coordinate[teeemp[i, 0] - 1, 1];
            x2 = Coordinate[teeemp[i, 1] - 1, 0];
            y2 = Coordinate[teeemp[i, 1] - 1, 1];
            if (x1 == x2) g.DrawString((Math.Round(decisionArrROW[k], 4)).ToString(), fnt, color, x1 + 1, y1 +
            (y2 - y1) / 2); if (y1 == y2) g.DrawString((Math.Round(decisionArrROW[k], 4)).ToString(), fnt, color, x1 + (x2 - x1)
            / 2, y1 - 1);
            if (x1 != x2 && y1 != y2)
            g.DrawString((Math.Round(decisionArrROW[k], 4)).ToString(), fnt, color, x1 + (x2 - x1) / 3, y1 +
            (y2 - y1) / 3);
            teeemp[i, 0] = 0;
            k++;
            tempCount--;
        } if (
        tempCount == 0) break;
    }
}

private void ProhibitingToEditGrid(DataGridView grid)
{
    for (int i = 0; i < grid.RowCount; i++)
    for (int j = 0; j < grid.ColumnCount; j++)
        grid.Rows[i].Cells[j].ReadOnly = true;
}

private void SolvigMulticriteriaEquation(int M, DataGridView grid)

```