

На правах рукописи

**НИКИШОВ СЕРГЕЙ ИВАНОВИЧ**

**ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ АДАПТИВНО-  
ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЛОГИСТИКИ НА ПЛАТФОРМЕ  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Специальность 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством  
(логистика)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора экономических наук

**Санкт-Петербург – 2022**

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»

**Научный консультант:** доктор экономических наук, профессор  
**Брынцев Александр Николаевич**

**Официальные  
оппоненты:** доктор экономических наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный  
университет телекоммуникаций и  
информатики», и.о. ректора

**Карх Дмитрий Андреевич**

доктор экономических наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Уральский государственный  
экономический университет», профессор  
кафедры логистики и коммерции

**Кизим Анатолий Александрович.**

доктор экономических наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный  
университет», профессор кафедры мировой  
экономики и менеджмента

**Ведущая организация:** ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский  
политехнический университет Петра  
Великого»

Защита состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г. в \_\_\_ : \_\_\_ на заседании диссертационного совета Д 212.354.02 при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет» по адресу: Россия, 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А, ауд. \_\_\_.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте <http://www.unecon.ru/dis-sovety> Федерального бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет».

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Н.А. Гвилия

## I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Интегрированная логистика в рамках происходящих процессов цифровизации и коренных трансформаций в мировой экономике претерпевает существенные изменения. Широкое распространение вычислительных систем и новейших технологий, таких как нейронные сети, искусственный интеллект, интернет вещей, блокчейн и др. способствует их глубокому проникновению в логистические процессы. В результате стали образовываться новые виды логистических систем с применением «умных» решений и алгоритмов на основе информационно-коммуникационных технологий.

Применение интеллектуальных информационных систем неизбежно ведет к дальнейшему развитию интегрированной логистики с учётом современных вызовов. Адаптивные технологии в настоящее время получили достаточно широкое распространение, и логистика также не осталась в стороне. В технологические и логистические процессы активно внедряются инновационные решения. В настоящее время в логистике активно применяется технология штрихового, магнитного и 3D-кодирования товаров, автоматическое внесение информации в информационную систему, отслеживание статусов заказов, геолокация транспорта, контейнеров и т.д. Система статусов позволит своевременно отслеживать изменения в движении материальных потоков, выработать план реагирования на непредвиденные ситуации и выполнять автоматическое прогнозирование на основе нечётких моделей и алгоритмов искусственного интеллекта.

Вполне логично предположить, что формирование и развитие методологии адаптивно-интегрированной логистики будет происходить на основе внедрения новых функций и алгоритмов в корпоративные информационные системы, что повысит качество бизнес-процессов организаций в целом, а также позволит добиться сквозного управления потоковыми процессами. Эффективность функционирования предприятий будет при этом увеличиваться. Это обусловлено сокращением времени на принятие решений, ростом скорости обработки больших данных, мониторингом информационных массивов в режиме онлайн. Кроме того, оптимальное решение задач обеспечения закупок, производства, складских операций сохраняет свое предназначение, но механизмы и функции подвергаются непрерывным изменениям для повышения их эффективности (снижение издержек, повышение качества процессов, сокращение сроков и т.д.). Основным средством повышения эффективности является цифровизация наиболее затратных логистических процессов.

Современные логистические информационные системы обладают достаточно большим набором функций, но чем больше требований предъявляется к интеграционным процессам, тем сложнее становятся модели и тем сложнее становится осуществлять интеграцию логистических операторов из-за сильных различий в применяемых технологиях

логистического обеспечения. По данным Всемирного Банка индекс эффективности логистики в 2018 году вырос с 99 позиции до 75<sup>1</sup>. В то же время, по итогам 2019 года на рынке логистики для интернет-магазинов наблюдается существенное увеличение объемов экспресс-доставки посылок (EMS) Почтой России до 67%<sup>2</sup>. По итогам 2019 года объем интернет-покупок составил более 2 трлн. руб., что на 18% больше предыдущего года. По прогнозам аналитического агентства DataInsight к 2023 году покупки через интернет должны составить до 8,5% от розничного оборота страны. Однако пандемия коронавируса в 2020 году внесла значительные коррективы. В 2020 году прогноз к 2024 вырос до 19%<sup>3</sup>. Во время ограничения на передвижения физических лиц в условиях пандемии (март-апрель 2020г.) скачкообразно вырос объем курьерских доставок, например, у ПЭК.EasyWay прирост составил 170%, Пони экспресс – 40%, СДЭК – 41%<sup>4</sup>. Обострение внешнеполитической ситуации в 2022 году привело к глобальной перестройке цепей поставок, что подтверждает необходимость в автоматических сценариях по управлению конфигурациями различных цепей поставок. Приведенные аргументы говорят о повышении значимости логистических услуг для повышения эффективности которых необходима интеллектуализация и интеграция логистических процессов.

Не менее актуальной проблемой является согласование информации между участниками логистических цепочек. Не всегда представляется возможным удостовериться в качестве и достоверности полученной информации. Часто информация носит субъективный характер и зависит от личного восприятия сотрудника.

В условиях цифровизации экономики данная проблема является крайне актуальной задачей для повышения эффективности логистического взаимодействия. Логистика неизбежно будет трансформироваться под влиянием внешних факторов, что потребует применения научного подхода и разработки методологии адаптивно-интегрированной логистики с применением интеллектуальных технологий.

**Степень разработанности научной проблемы.** Вопросам формирования теоретических и методологических основ интегрированной логистики посвящено большое количество работ отечественных и зарубежных авторов, таких как: А.И. Афоничкин, И.Д. Афанасенко, В.В. Борисова, А.Н. Брынцев, В.Д. Герами, О.Н. Дунаев, Д.А. Карх, А.А. Кизим, П.В. Куренков, Л.А. Мясникова, Ю.М. Неруш, В.А. Нос, Д.Т. Новиков, С.В. Носков, Т.А. Прокофьева, О.Д. Проценко,

---

<sup>1</sup> Источник: The World Bank. <https://lpi.worldbank.org/>

<sup>2</sup> Источник: <https://www.kommersant.ru/doc/4125690> (дата обращения: 10.12.2021).

<sup>3</sup> [https://datainsight.ru/DI\\_eCommerce2020\\_2024](https://datainsight.ru/DI_eCommerce2020_2024) (дата обращения: 19.10.2021).

<sup>4</sup> <https://ria.ru/20200519/1571648316.html> (дата обращения: 19.10.2021).

И.О. Проценко, В.И. Сергеев, Е.А. Смирнова, Б.Г. Хаиров, В.В. Щербаков и других.

Среди зарубежных ученых следует отметить труды Д. Бауэрсокса, Дж.П. Дитмана, Д.Дж. Клосса, Д. Уотерса, Дж. Стока, Р. Слоуна, М. Кристофера, Дж. Менцера, К. Оливера, М. Вебера, Д.М. Ламберта и многих других.

Проблемами повышения качества логистических услуг занимались авторы: В.И. Бариленко, Ю.Г. Кузменко, В.Д. Секерин, Н.П. Карпова, и другие.

Проблемам управления рисками в цепях поставок посвящено значительное количество трудов российских ученых: Г.Л. Бродецкого, С.А. Калашникова, В.С. Лукинского, В.И. Моргунова, А.Г. Некрасова, Н.Г. Плетневой, В.И. Сергеева и других.

Вопросы моделирования и формирования цепей поставок раскрыты в работах: С.Е. Барыкина, В.В. Дыбской, К. Килгера, Д.М. Ламберта, А.В. Парфенова, Г.Ю. Силкиной, Дж. Стока, Т.Г. Шульженко и других.

Отмечая широту фундаментальных подходов по изучаемой проблематике, следует подчеркнуть, что цифровая трансформация экономики России в условиях глобализации, экономических санкций на фоне усиления рыночной конкуренции требуют углубления научно-практического анализа деятельности логистических провайдеров за счет применения адаптивных технологий для управления информационно-коммуникационными процессами, которые позволяют увеличить скорость доставки товаров, расширить пропускную способность сбытовых каналов, а также создать условия синхронного взаимодействия стейкхолдеров в режиме онлайн.

**Цель диссертационного исследования.** Разработать методологию формирования и развития адаптивно-интегрированной логистики для отечественных провайдеров-участников цепей поставок на основе применения компланарных потоков в условиях становления цифровой экономики России.

Для достижения поставленной цели исследования необходимо решить следующие задачи теоретического и прикладного характера:

- выполнить анализ основных факторов, влияющих на развитие интегрированной логистики
- проанализировать влияние информационных технологий на развитие логистического инструментария;
- определить необходимые и достаточные условия цифровой трансформации логистических бизнес-моделей в российской экономике;
- разработать теоретические и практические основы методологии развития адаптивно-интегрированной логистики;

- предложить методику автоматизированного проектирования логистических потоков;
- определить факторы развития логистических провайдеров до уровня 5PL+ на платформе искусственного интеллекта;
- разработать модель автоматизации принятия управленческих решений на основе технологий искусственного интеллекта;
- создать модель развития логистического провайдера в условиях виртуализации взаимоотношений;
- дать развёрнутый анализ рисков логистических провайдеров при внедрении методологии адаптивно-интегрированной логистики;
- провести количественную и качественную оценку эффекта от автоматизации логистических бизнес-процессов.

**Объектом исследования** являются информационные потоки и особенности их перераспределения в цепях поставок.

**Предмет исследования:** принципы, методы и алгоритмы, формирующие основу методологии адаптивно-интегрированного управления логистическими провайдерами.

**Теоретическая основа исследования.** В качестве теоретической базы были использованы научные работы как отечественных, так и зарубежных учёных, занимающихся вопросами развития интегрированной логистики и проектирования цепей поставок, системного анализа и моделирования систем, повышения эффективности и виртуализации логистических процессов.

**Методологическая основа исследования.** В качестве методологической базы при решении поставленных задач использовались индуктивные и дедуктивные методы познания, синтез и анализ знаний, фундаментальные методы логистики и управления цепями поставок, методы системного анализа и моделирования, экономико-математические методы, методы теории нечётких множеств, методы проектирования информационных систем.

При проведении анализа использовались системный подход, методы сравнительного анализа, методы обобщения и другие методы извлечения знаний.

Полученные результаты носят объективный и доказательный характер за счет применения системного подхода при проведении исследования.

**Информационная база исследования** формировалась посредством отбора официальных источников статистических данных, таких как Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации и Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, а также ресурсы аналитических агентств Data Insight, BCG, The World Bank и других. Использовались данные научных исследований, публикаций, монографий российских и зарубежных авторов,

материалы научных монографий и статей по теме исследования.

**Обоснованность результатов исследования.** Анализ результатов исследований других учёных, занимавшихся и занимающихся проблематикой проектирования интегрированных цепей поставок и виртуализации взаимоотношений, подтверждает актуальность и обоснованность полученных научных выводов. Теоретические выводы и заключения, сделанные в данной работе, основаны на фундаментальных исследованиях признанных специалистов данной отрасли, являются легко проверяемыми и доказуемыми, а также являются дальнейшим развитием теоретической базы. Обоснования научных заключений построены на информационной базе, включающей в себя результаты исследований и данные официальной статистики, а также аналитические материалы по теме исследования.

**Достоверность результатов исследования** обеспечивается применением современных методик сбора, обработки и анализа исходных данных, методов системного анализа и моделирования, позволивших получить аргументированные научные выводы, которые обсуждались на научных и практических всероссийских и международных конференциях, а также публикацией основных положений в виде статей ведущих научных изданиях, рекомендованных ВАК и журналах, размещенных в базах данных SCOPUS.

**Соответствие диссертации Паспорту научной специальности.** Диссертационная работа выполнена в рамках Паспорта научных специальностей ВАК Минобрнауки России 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством: раздел 4. Логистика, п. 4.1. Теоретические и концептуальные проблемы логистики и управления цепями поставок, их народнохозяйственная значимость; п. 4.12. Моделирование сетевой структуры цепей поставок и конфигурации логистических сетей; п. 4.17. Моделирование и оптимизация параметров логистических бизнес-процессов.

**Научная новизна исследования** заключается в разработке авторской методологии формирования и развития адаптивно-интегрированной логистики на платформе информационно-интеллектуального управления потоковыми процессами, а также комплекса организационно-экономических мероприятий, направленных на повышение эффективности хозяйственной деятельности логистических провайдеров, участников цепей поставок в условиях цифровой экономики, которые отражаются в положениях, выносимых на защиту.

**Наиболее существенные результаты исследования, обладающие научной новизной и полученные лично соискателем, заключаются в следующем:**

1. Выявлены и обоснованы предпосылки повышения конкурентоспособности отечественных логистических провайдеров за счет применения интеллектуальных информационно-коммуникационных

технологий, позволяющих увеличить скорость построения их бизнес-процессов, а также создать условия для более плотного взаимодействия всех заинтересованных сторон (С. 18-45).

2. Предложена авторская классификация информационных потоков с учётом новых характеристик классификационных признаков. Введены новые понятия: «адаптивно-интегрированная логистика», раскрывающее экономическую сущность логистических провайдеров в сфере управления цепями поставок в виртуальной среде; «компланарный поток», характеризующий логистические процессы в цифровой среде, а также позволяющий определить необходимые параметры и условия построения алгоритмов для максимально полной автоматизации логистических процессов в режиме реального времени (С.76-84, С. 61-75, С. 94-106).

3. Разработана методология адаптивно-интегрированной логистики для автоматизированного взаимодействия участников цепей поставок (в том числе территориально удаленных) на основе технологий искусственного интеллекта, внедренных в корпоративные информационные системы, суть которой заключается в интеллектуальной двунаправленной адаптивной интеграции логистических потоков всех участников логистической цепи (С. 84-94, 121-145, 158-169).

4. Предложены новые концептуальные методы повышения динамической устойчивости логистических провайдеров, основанные на применении интеллектуальных информационно-коммуникационных технологий, особенность которых состоит в предоставлении возможности в автоматизированном режиме комплексно отслеживать конъюнктуру конкурентной среды, своевременно информировать руководство бизнес-структур о возникновении рискованных ситуаций и выработать необходимые рекомендации для принятия управленческих решений (С. 94-106, С. 150-158).

5. Определены основные факторы развития логистических провайдеров уровня 3PL, 4PL до уровня 5PL+ на платформе искусственного интеллекта, которая позволит автоматизировать управление глобальными цепями поставок на основе компланарных потоков в едином информационном пространстве, а также наиболее полно реализовать виртуальное взаимодействие всех участников логистической цепи. Расширена классификация логистических провайдеров, которые рассматриваются с учетом становления цифровой экономики России (С. 54-61).

6. Предложена методика автоматизированного проектирования компланарных потоков в логистических информационных системах для глобальной интеграции логистических информационных систем при поддержке программных интерфейсов, интеллектуальных технологий и аппарата теории нечётких множеств. Применение компланарных потоков позволит автоматизировать взаимоотношения участников логистической цепи и повысить ее эффективность в целом (С. 174-185).

7. Разработана авторская концепция архитектуры информационного



модуля для реализации методологии развития адаптивно-интегрированной логистики при поддержке методов искусственного интеллекта (нейронных сетей) и теории нечётких множеств. Применение данной архитектуры модуля в логистических информационных системах позволит реализовать разработанную методологию и обеспечить качественную информационную поддержку логистических процессов. (С. 222-234).

8. Созданы алгоритмы управления компланарными потоками на основе методов теории нечётких множеств и цепей Маркова, которые позволяют принципиально алгоритмизировать операции среднесрочного и долгосрочного прогнозирования спроса потенциальных клиентов на логистические услуги в условиях современных вызовов и угроз (С. 212-220).

9. Разработаны авторские алгоритмы ранжирования логистических провайдеров при заключении контрактов между участниками цепей поставок с использованием аппарата теории нечётких множеств, а именно нечёткой композиции, позволяющие автоматизировать операции экспертных оценок по поддержке принятия управленческих решений (С. 171-185).

10. Предложены концептуальные основы механизма управления рисками логистических операций на основе аппарата теории нечётких множеств в режиме реального времени с использованием лингвистической переменной, который позволяет в автоматизированном режиме производить оценку логистических рисков и вырабатывать наиболее выгодное решение для всех участников логистической цепи, а также сократить фактор информационной перегруженности персонала (С. 198-211).

**Теоретическая значимость исследования.** Проведенное диссертационное исследование позволило расширить теоретическую базу интегрированной логистики, усовершенствовать методологические основы в предоставлении логистических услуг, обозначить спектр применения интеллектуальных технологий в логистике. Теоретическая значимость работы заключается в комплексном исследовании методов логистики в интернет-пространстве и научном обосновании полученных выводов.

**Практическая значимость диссертации** заключается в повышении эффективности логистических процессов и оптимизации проектирования цепей поставок, применению предлагаемых методик для планирования рисков и маршрутизации логистических потоков на основе технологий искусственного интеллекта с автоматическим ранжированием поставщиков и контрагентов. Разработанная методология может применяться в педагогической деятельности при изучении дисциплин: «Логистика» и «Автоматизация бизнес-процессов в логистике».

**Апробация и внедрение результатов диссертационного исследования.**

Основные положения диссертации докладывались на научных и научно-практических конференциях: XLIV Международной научно-практической

конференции «Вопросы управления и экономики: современное состояние актуальных проблем», февраль 2021г.; XXIX Всероссийская научно-практическая конференция: «Глобализация науки и техники в условиях кризиса», 2021г.; Международная научно-практическая конференция «Вопросы управления и экономики: современное состояние актуальных проблем». Москва, октябрь 2018 г.; Международная научно-практическая конференция «Вопросы управления и экономики: современное состояние актуальных проблем». Москва, декабрь 2018 г.; Международная научно-практическая конференция «Эффективное управление предприятиями: синергия логистики и финансов», 06.12.2017 г.

Практические результаты, полученные в результате проведенного исследования, нашли практическое применение в деятельности компаний: ООО «НОРБИТ» (ГК Ланит), ООО «Транспортные технологии», ООО «Транс Груз».

Теоретические выводы и рекомендации используются в учебном процессе в РАНХиГС при Президенте РФ: Институт экономики, математики и анализа данных отделение «Бизнес-информатика» специализация «Логистика», что подтверждено справкой о внедрении.

**Публикации по теме исследования.** Основные положения исследования по теме диссертации были опубликованы в 40 опубликованных работах общим объемом 48,01 п.л. (авторских 39,91 п.л.), в том числе в рецензируемых научных изданиях 20 статей общим объемом 10,81 п.л. (авторских – 10,11 п.л.), 2 статьи в журналах SCOPUS общим объемом 0,9 п.л. (авторских 0,5 п.л.), 4 монографии общим объемом 32,6 п.л. (авторских 26,1 п.л.), 16 статей и тезисов докладов в других изданиях общим объемом 3,7 п.л. (авторских 3,2 п.л.).

**Структура диссертации.** Структура диссертационной работы была определена целью, задачами и логикой исследования. Диссертация содержит введение, пять глав, заключение, список использованной литературы из 423 наименований и 4 приложений. Текст диссертации изложен на 303 страницах, включает 21 таблицу и 57 рисунков.

Во введении обоснован выбор темы исследования, определена цель и сформулированы задачи исследования, выбраны объект и предмет исследования, обоснована научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, охарактеризована информационная база и степень разработанности темы в научной литературе.

В первой главе «Формирование и развитие интегрированной логистики в условиях цифровой экономики» проведен анализ основных факторов развития интегрированной логистики, рассмотрено влияние информационных технологий на развитие логистического инструментария, выполнен анализ особенностей цифровой трансформации логистических бизнес-моделей и эволюции логистических информационных систем в условиях становления цифровой экономики России.

Во второй главе «Особенности развития потоковой теории логистики на основе технологий искусственного интеллекта» рассмотрена существующая классификация информационных потоков и добавлены новые классификационные признаки, разработаны теоретические аспекты методологии развития адаптивных потоков в цифровой экономике, а также впервые введён термин – «компланарные потоки», рассмотрены фундаментальные подходы к управлению виртуальной логистикой и выделены особенности цифровой трансформации интегрированной логистики.

В третьей главе «Основы методологии развития адаптивно-интегрированной логистики» проведен анализ современных логистических концепций, раскрыто понятие и экономическая сущность адаптивно-интегрированной логистики, выявлены риски при адаптивной интеграции логистических бизнес-процессов и определены факторы повышения качества логистических услуг в условиях цифровой экономики.

В четвёртой главе «Практические аспекты методологии развития адаптивно-интегрированной логистики» разработан ряд моделей для управления компланарными потоками на основе аппарата теории нечётких множеств, теории цепей Маркова и нейронных сетей в условиях виртуализации взаимоотношений, построена модель интеллектуального управления рисками и сформулированы общие принципы интеллектуального управления компланарными потоками.

В пятой главе «Концептуальная архитектура адаптивного сервиса и оценка экономической эффективности логистических провайдеров» раскрыт принцип самоадаптации компланарных потоков, предложена модель автоматизации принятия управленческих решений на основе технологий искусственного интеллекта, произведена количественная и качественная оценка эффекта от автоматизации логистических процессов.

В заключении изложены основные выводы, теоретические положения и практические рекомендации по итогам проведенного исследования.

## **II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ВЫВОДЫ ДИССЕРТАЦИИ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ**

Результаты диссертационного исследования представлены в десяти группах взаимосвязанных между собой научно-практических проблем.

**1. Выявлены и обоснованы предпосылки повышения конкурентоспособности отечественных логистических провайдеров за счет применения интеллектуальных информационно-коммуникационных технологий, позволяющих увеличить скорость построения их бизнес-процессов, а также создать условия для более плотного взаимодействия всех заинтересованных сторон.**

В период становления информационного общества основная роль априори отводится информационным технологиям. Интернет-технологии

прочно вошли в обиход как рядовых пользователей, так и бизнес-структур. Государство на всех уровнях оказывает поддержку развитию цифрового общества и активно развивает национальный проект «Цифровая экономика». Бюджет проекта составляет около 1635 млрд. руб. и предполагает увеличение внутренних затрат более чем в три раза по сравнению с 2017 годом, создание ИТ-инфраструктуры для высокоскоростной передачи данных и обработки больших данных, а также использование отечественного программного обеспечения<sup>5</sup>.

Современные отечественные бизнес-структуры активно применяют информационные технологии для управления логистическими потоками. В условиях становления цифровой экономики для обеспечения конкурентного преимущества логистических провайдеров необходимо максимально полно автоматизировать логистические процессы. В результате может образоваться слишком сложный контур управления, а процессы управления получают избыточную чувствительность к внешним изменениям рынка, образуются логистические барьеры различного рода.

Информационные системы до настоящего времени все еще не обеспечивают поддержку оперативного и своевременного автоматизированного реагирования на различные изменения конъюнктуры рынка, а также не реализуют глобальную интеграцию всех уровней управленческой структуры, на основе которых могла быть реализована поддержка принятия решения в режиме реального времени.

Вытягивающая концепция логистики основана на определении потребности клиента в логистических услугах и максимально быстрому их удовлетворению в соответствии со своими возможностями. В ручном режиме операции мониторинга логистического рынка выполняются крайне медленно и можно пропустить нарастающую активность конкурента. Специализированные информационные системы для наблюдения за ситуацией на рынке, которые позволяют самостоятельно сканировать информационные ресурсы конкурентов, смогут обрабатывать полученную информацию в автоматическом режиме и способны к самообучению, смогут работать с нечёткими входными данными и позволят как минимум получить информационную поддержку при принятии управленческих решений, а как максимум – автоматизировать принятие решений. Подобный функционал отсутствует в современных информационных системах, но является крайне востребованным, так как одной из основных проблем современных информационных технологий является информационная перегрузка пользователей. Информация поступает из различных каналов и пользователю приходится фильтровать ее получение, ввиду чего быстро наступает утомляемость и человек с большей вероятностью способен совершить

---

<sup>5</sup> Источник: <http://static.government.ru/media/files/3b1AsVA1v3VziZip5VzAY8RTcLEbdCct.pdf>

ошибку.

**2. Предложена авторская классификация информационных потоков с учётом новых характеристик классификационных признаков. Введены новые понятия: «адаптивно-интегрированная логистика», раскрывающее экономическую сущность логистических провайдеров в сфере управления цепями поставок в виртуальной среде; «компланарный поток», характеризующий логистические процессы в цифровой среде, а также позволяющий определить необходимые параметры и условия построения алгоритмов для максимально полной автоматизации логистических процессов в режиме реального времени**

Адаптивно-интегрированная логистика предполагает объединение процессов провайдера услуг, клиента и поставщика в единое информационное пространство, при котором возможна как централизованная модель управления процессами, когда одна из информационных систем является главной, так и децентрализованная модель, при которой управление процессами осуществляется независимо друг от друга, а информационные системы участников логистических взаимоотношений регулярно обмениваются информацией между собой.

Алгоритмы, построенные на основе методов искусственного интеллекта, способны вывести провайдера услуг с уровня массового обслуживания на уровень персонализированного (но при этом автоматизированного) оказания услуг и автоматизированного принятия решений при интеграции информационных систем.

Адаптивно-интегрированная логистика – это гибкая система бесшовного сквозного управления интегрированными потоковыми процессами на основе механизма интеллектуальных обратных связей и концепции SCM, обеспечивающая адаптивную интеграцию между цепями поставок. Адаптивная обратная связь между участниками логистической цепи позволяет оптимизировать интегрированные бизнес-процессы и обеспечить своевременное реагирование на изменения параметров логистических потоков. Внедрение методологии адаптивно-интегрированной логистики позволит повысить конкурентоспособность предприятия и его уровень организационной зрелости.

Существующая классификация информационных потоков охватывает достаточно широкий спектр признаков, но во всех существующих классификациях отсутствуют два признака: адаптивность информационного потока и чёткость формализации информационного сообщения.

Свойство «адаптивность» для информационного потока было добавлено в классификацию из-за необходимости самонастройки компонентов системы, чтобы информационный поток перемещался между модулями системы без участия человека при изменении внешних условий информационной среды. Конечно, самостоятельно информационный поток ни перемещаться, ни адаптироваться не может, адаптивность – это

псевдосвойство потока, которое может быть реализовано посредством специализированных алгоритмов для корректировки соответствующих параметров при перемещении потока. Для реализации данной функции предлагается информационные сообщения снабжать специальным блоком метаданных, в котором будут передаваться параметры информационного сообщения.

Расширение блока метаданных дополнительными атрибутами позволит на их основе осуществлять регулирование информационными потоками. При этом информационные модули смогут самостоятельно маршрутизировать, классифицировать информационные сообщения, а также использовать их для поддержки принятия решений либо для автоматического управления процессами.

При поступлении информационного сообщения в информационную систему специализированные метаданные могут отсутствовать, тогда запускаются специальные интеллектуальные алгоритмы обогащения данных для снабжения блоков недостающими метаданными.

Второе свойство – чёткость формализации потока, согласно которому информационные потоки могут делиться на:

- Чётко формализованные;
- Нечётко формализованные.

Чёткая формализация информационных сообщений предполагает только однозначное трактование сообщения, не допускающее двоякости толкования. Для автоматизации такие сообщения более предпочтительны, но в реальности встречаются гораздо реже. Примеры нечётких сообщений: надёжный поставщик, быстрая доставка, высокий риск убытка и т.д. Для описания нечётких значений в теории нечётких множеств используется специальная функция принадлежности, позволяющая установить степень принадлежности, а также лингвистические переменные для их описания и классификации.

Коммуникационные каналы также являются достаточно разнообразными. От информационных систем могут поступать информационные сообщения по кабельным сетям, которые могут быть различными по типу и назначению, от различных датчиков и сканеров могут поступать данные по беспроводным каналам связи (5G, Wi-Max и др.). Кроме того, в виртуальной среде появляется такое понятие, как виртуальный товар, в роли которого может выступать цифровой товар, контент, цифровая услуга.

Поскольку в данном исследовании используется только виртуальная среда, то согласно логике исследования, появилась необходимость ввести новое понятие – компланарные потоки, которое бы раскрыло экономическую природу и особенности происходящих процессов с точки зрения логистики.

Впервые введено авторское понятие – компланарный поток, суть которого заключается в адаптивном движении логистических потоков от

поставщика к потребителю, к которому применяются логистические операции, определяющие бизнес-процесс в виртуальном пространстве.

**3. Разработана методология адаптивно-интегрированной логистики для автоматизированного взаимодействия участников цепей поставок (в том числе территориально удаленных) на основе технологий искусственного интеллекта, внедренных в корпоративные информационные системы, суть которой заключается в интеллектуальной двунаправленной адаптивной интеграции логистических потоков всех участников логистической цепи**

Современная интегрированная логистика основывается на SCOR-модели управления цепями поставок (Supply Chain Operations Reference model), которые позволяют объединять различные по природе информационные системы в единую интегрированную цепь поставок и организовать управление бизнес-процессами по унифицированным правилам. При этом происходит образование не только единого информационного пространства, но и единого пространства бизнес-функций.

Разработанная методология адаптивно-интегрированной логистики представляет собой совокупность методов, средств, принципов и алгоритмов построения теоретической и практической деятельности логистических провайдеров в части автоматизированного управления ключевыми бизнес-процессами в условиях современных угроз и вызовов.

Развитие интеллектуальных технологий и внедрение их в различные бизнес-процессы позволяет добавить «умную» составляющую при выполнении бизнес-процессов в виртуальном пространстве. Виртуализация позволяет их автоматизировать и разгрузить персонал при обработке больших объемов информации и при подготовке ответственных управленческих решений.

Виртуализация логистического пространства – это не просто объединение информационных ресурсов различных участников логистического рынка в единое информационное пространство, но это также консолидация логистических потоков в виртуальных логистических центрах (VLC), которые выполняют функции координации логистических потоков и поддержки фрахтования различного транспорта. Развитие информационных технологий неизменно способствует развитию логистических провайдеров, которые в данном случае будут соответствовать всем особенностям провайдера уровня 5PL.

Однако организация взаимодействия потребителей логистических услуг с провайдером на практике достаточно часто оказывается без адаптивной обратной связи, что ухудшает параметрические показатели: скорость доставки товара, время реагирования на сбои в цепи поставок. В реальных условиях адаптивная обратная связь добавляет возможность автоматического перестроения информационных потоков таким образом, чтобы обеспечить в режиме онлайн реагирование на любые изменения

информационной среды единого информационного пространства, которые будут транслироваться на стейкхолдеров.

Интеграция процессов логистической цепи, согласно концепции SCM, предполагает объединение минимум трех участников: рассматриваемая компания, поставщик и потребитель данной фирмы, которая позволяет выполнять координацию бизнес-процессов, операций и различных функций с целью минимизации внутренних издержек каждого участника логистических взаимоотношений. При этом каждый из участников вносит определенный вклад в функционирование глобальной логистической цепи. Сбой у любого участника вызывает сбой во всей цепи.

Функция автоматической адаптивности реализуется посредством наличия обратных связей в информационном пространстве на основе применения нейронных сетей и методов теории нечётких множеств.

В диссертации сделан вывод, что заключительным этапом формирования методологии станет получение самоадаптирующейся системы, которая в автоматическом режиме непрерывно анализирует входные параметры компланарных потоков, вырабатывает оптимальные параметры для следующей итерации и сохраняет их в блоках метаданных самих информационных сообщений. На основе этих метаданных строятся новые зависимости для корректировки бизнес-процессов всех участников логистической цепи, которых затронут данные изменения.

Современные информационные системы (ERP, CRM, SCM, PLM и др.) содержат вертикальные обратные связи, которые позволяют управлять бизнес-процессами в рамках одного предприятия, но этого явно недостаточно для автоматического проектирования интегрированных цепей поставок. Подобный функционал возможно реализовать лишь при наличии горизонтальных обратных связей. При этом каждое из предприятий продолжит работу с использованием вертикальных связей, но для каждого уровня появится горизонтальная связь

При этом вертикальные связи в информационных системах обеспечиваются в соответствии с принципом PDCA, а логистические потоки на основе процессов Plan, Source, Make, Deliver, Return (Планирование, Снабжение, Производство, Доставка, Возвратные потоки), в соответствии с описательной моделью процессов в цепи поставок SCOR.

Следующим этапом показано расширение цепи поставок на одно звено в каждую сторону. Теперь у поставщика появляется свой поставщик, а у покупателя свой покупатель. Каждое из предприятий в этой цепи может относиться к разным отраслям, но при этом у каждого присутствует внутренняя вертикальная обратная связь (рисунок 1).



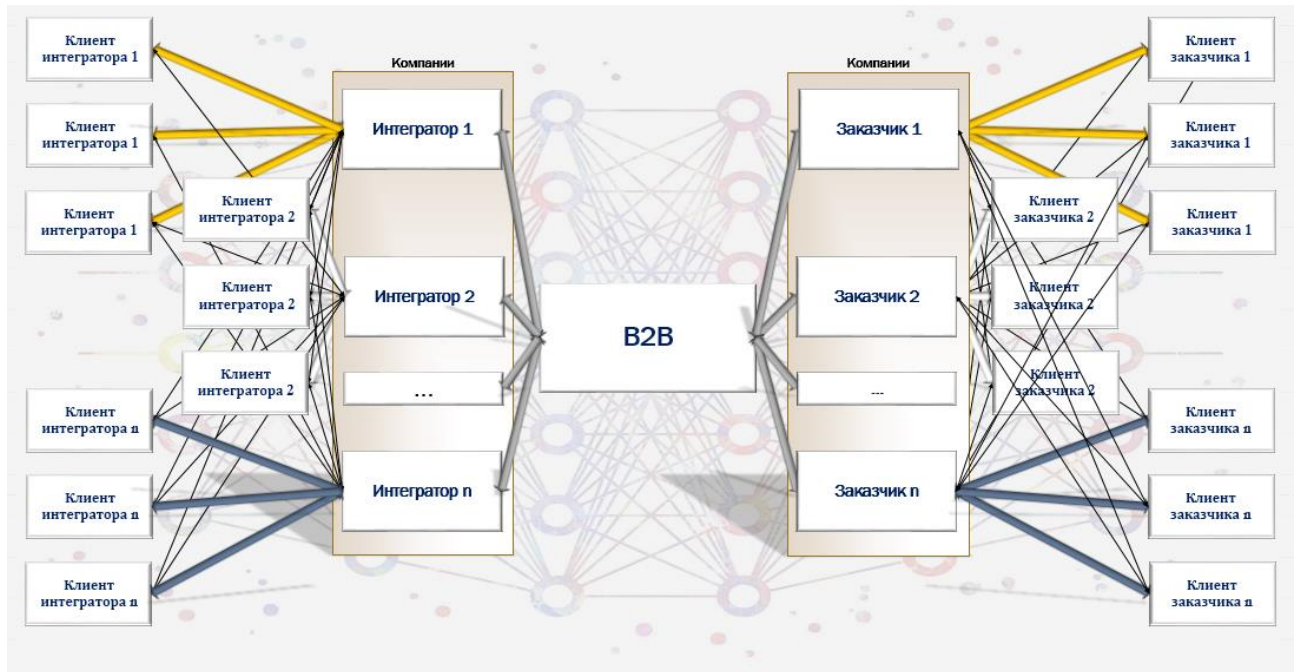


Рисунок 1 - Формирование адаптивно-интегрированных логистических потоков

Тонкие черные стрелки обозначают различные комбинации взаимоотношений клиента с «чужими» поставщиками и потребителями. Каждая из этих связей имеет свою значимость, которую можно обозначить через вес, по аналогии с теорией графов. В итоге получается довольно запутанная «паутина» связей, вид которой уже на этом этапе напоминает нейронную сеть со структурой послойных связей «каждый-с-каждым». Для того чтобы в этом скоплении фирм получилось выстраивать глобальные цепи поставок при постоянно меняющихся входных данных, необходима качественная автоматизация как можно большего количества бизнес-процессов. Поскольку центром данной цепи поставок является фирма-клиент логистического провайдера, а центром управления всей цепи поставок является информационная система самого логистического провайдера, то применяться эта схема может к любому предприятию простым смещением двух центров: центрального звена цепи и центра управления цепью поставок. При этом все принципы и алгоритмы маршрутизации потоков сохранятся.

В адаптивно-интегрированной логистике все информационные сообщения, передаваемые по горизонтальным связям, упаковываются в дискретные информационные сообщения, состоящие из двух блоков. В служебном блоке сообщения передаются данные, необходимые для маршрутизации и управления потоками, расчета весовых коэффициентов потока (а также объекта или параметра), данные для последующего обучения нейронной сети и т.д.

Информационные сообщения поступают в информационную систему в непрерывном режиме и накапливаются в хранилище данных для последующей обработки. Из общего объема поступающих сообщений выбираются только те, которые имеют отношения к поставленной задаче.

**4. Предложены новые концептуальные методы повышения динамической устойчивости логистических провайдеров, основанные на применении интеллектуальных информационно-коммуникационных технологий, особенность которых состоит в предоставлении возможности в автоматизированном режиме комплексно отслеживать конъюнктуру конкурентной среды, своевременно информировать руководство бизнес-структур о возникновении рискованных ситуаций и выработать необходимые рекомендации для принятия управленческих решений**

Конкурентоспособность предприятия зависит от целого ряда факторов, которые можно разделить на две группы: внутренние и внешние. Одним из таких факторов является логистическое обеспечение. В условиях адаптивной интеграции логистических потоков данный фактор сложно отнести к какой-либо из указанных групп. Он может быть одновременно и внутренним, и внешним и зависит от конфигурации цепи поставок.

В диссертации сделан вывод, что виртуальное пространство накладывает свою специфику на перемещение логистических потоков. Взаимодействие контрагентов в этом случае будет полностью виртуальным, движение потоков тоже будет виртуальным и в качестве ограничения используется условие, что все взаимодействия не выйдут за рамки виртуальной среды, то есть все заказы, заявки, рекомендации и проч. сохранят электронную форму.

В работе доказано, что важнейшей особенностью компланарных потоков является адаптивность и устойчивость к воздействию внешних и внутренних факторов, а также способность функционировать при неполных и нечётких входных данных. В случае заказа физической услуги или товара информационная система полностью выполняет все подготовительные действия: формирует наиболее выгодные предложения, подбирает наиболее подходящий способ доставки, формирует комплект отгрузочных документов, и т.д. для последующей организации доставки. В наиболее развитых системах присутствует возможность оптимизации загрузки транспорта и проектирование оптимального маршрута при использовании теории графов.

Основные преимущества, которые может получить фирма от применения компланарных потоков для повышения конкурентоспособности предприятия:

- автоматизированная оценка конъюнктуры рынка;
- логистическая поддержка бизнес-процессов;
- управление рисками проведения сделок;
- рекомендации при принятии решений;
- устранение фактора человеческой усталости;
- устранение фактора информационной перегруженности;
- автоматизация нечётких отношений или высказываний.

В рамках диссертационного исследования было определено, что одним

из наиболее вероятных сценариев развития разработанной методологии является образование глобальных информационных центров консолидации логистических провайдеров (Control Tower).

Применение искусственного интеллекта позволит использовать собственные ретроспективные данные для обучения нейронной сети, которая будет снабжать информационные сообщения соответствующими метаданными, необходимыми для формирования параметров логистических потоков и выработки способов устранения логистических барьеров и т.д. С помощью данной технологии можно выполнять прогноз развития событий на основе сценариев «что-если» и формировать такие условия, при которых эффективность выполнения бизнес-процессов будет максимальной, а прогнозы благоприятными. Также искусственный интеллект способен добывать знания из «сырых» данных более эффективно по сравнению с человеком, способен синхронизировать бизнес-процессы всех участников логистической цепи. Сбором информации из внешних источников занимаются специализированные программные модули – парсеры, которые передают собранные данные другому модулю – агрегатору. При объединении агрегаторов из различных информационных систем при помощи программных интерфейсов через шлюзы можно объединять различные пулы и обеспечивать логистических провайдеров необходимой информацией, что позволит повысить конкурентоспособность предприятия и его устойчивость к воздействию различных внешних и внутренних воздействий, а также не пропустить нарастающую активность конкурентов.

**5. Определены основные факторы развития логистических провайдеров уровня 3PL, 4PL до уровня 5PL+ на платформе искусственного интеллекта, которая позволит автоматизировать управление глобальными цепями поставок на основе компланарных потоков в едином информационном пространстве, а также наиболее полно реализовать виртуальное взаимодействие всех участников логистической цепи. Расширена классификация логистических провайдеров, которые рассматриваются с учетом становления цифровой экономики России**

Увеличение скорости распространения и значимости информации, повышение сложности производственных процессов привели к тому, что многие фирмы стали менять свое отношение к информации, которая в настоящее время представляет собой информационный актив предприятия. На фоне снижения стоимости дисковых накопителей существенно снизилась стоимость хранения информации и, как следствие, из жизненного цикла информации практически исчез этап удаления. То есть информация не удаляется, она накапливается и в дальнейшем используется для анализа с помощью методов извлечения знаний Data Mining. От качества извлеченных знаний зависит эффективность процессов управления.

Аналитические прогнозы отмечают существенные перспективы роста

рынка IoT. Например, агентство GlobalData в своем прогнозе предполагает к 2023 году рост рынка IoT до 318 млрд. долларов США, агентство Market Research Engine дает прогноз объема рынка к 2022 году более 176 млрд. долларов США, Zion Market Research предполагает, что рынок Интернета вещей к 2023 году достигнет 232,15 млрд. долларов США.

Применение сети Интернет позволит получить удаленный доступ к устройствам и удаленно управлять компонентами логистической инфраструктуры. Однако, существующей пропускной способности каналов связи для этих целей уже явно недостаточно. Интенсивное развитие технологий Интернета вещей способствует развитию технологии связи нового поколения 5G и происходит в рамках национального проекта «Цифровая экономика».

Начиная с уровня 4PL, провайдер занимается планированием полной цепи поставок и управлением логистических бизнес-процессов, что является основным отличием от провайдера 3PL.

Одной из важнейших задач любого бизнеса является сокращение логистических издержек. Для целого ряда предприятий логистика материальных потоков не является основным видом деятельности, поэтому часто производится передача этой функции на аутсорсинг.

В работе проведён анализ деятельности предприятий, функционирующих только в виртуальной среде. Например, сфера электронной коммерции, сфера электронных (в том числе и государственных) услуг. Наибольший интерес представляют предприятия, находящиеся на уровнях 4PL и 5 PL, хотя их деятельность вызывает наибольшие затруднения. Уровень 4PL требует объединения бизнес-процессов клиента и провайдера, что зачастую негативно воспринимается клиентом, так как необходимо впускать в свое информационное пространство и открывать доступ к своим бизнес-процессам поставщику логистических услуг. Однако в этом случае провайдер услуг берет на себя все обязательства и риски по управлению логистикой. Провайдер уровня 5PL обеспечивает предоставление комплекса услуг для сетевого бизнеса на основе единого информационного пространства.

Логистический провайдер достигает уровня 5PL, когда начинает оказывать весь спектр услуг, включая сетевые услуги. Наиболее известными примерами являются eBay, Aliexpress, Amazon и др. Хотя ряд экспертов не считает наличие единого информационного пространства отличительным признаком провайдера 5PL от провайдера 4PL и считает наличие автоматизации всего лишь маркетинговым ходом, необходимо отметить, что развитие идет в сторону интеллектуализации информационных технологий. Так, например, лишь одно отличие между ручным и автоматическим способом поиска оптимального решения может четко разделить эти два уровня.

Для выстраивания логистической инфраструктуры нового на основе IoT-

технологии, включающей в себя технологии 3D-кодирования, RFID-меток, спутниковый мониторинг транспорта, отслеживание грузов, автоматизацию складских операций и технологию «умный» склад и т.д., необходима новая методология управления логистическими потоками.

Развитие провайдеров 5PL начинается с объединения информационных пространств всех участников логистической цепи. При использовании услуг логистического аутсорсинга существует риск потери квалификации собственных специалистов, который компенсируется существенным повышением эффективности бизнес-процессов и скоростью выполнения операций, происходит сокращение цикла оборачиваемости оборотного капитала, повышение информационной прозрачности, что позволяет исключить серые схемы ведения бизнеса любым участником логистической цепи. Еще одна ощутимая выгода от сквозной автоматизации – это сокращение низкоквалифицированного персонала, работа которых сейчас может быть автоматизирована. Эта тенденция особенно заметна в сфере ИТ. Специальности, которые считались привилегированными, в настоящее время автоматизированы и теперь этот функционал стал общедоступным в автоматическом режиме. Например, веб-программист, веб-дизайнер и т.д. Существуют платформы для запуска интернет-проектов без навыков дизайна, моделирования и программирования, поскольку современные веб-конструкторы позволяют рядовому пользователю без этих навыков создавать собственные качественные проекты. Та же тенденция проникает и во все другие отрасли, включая логистику. Разработано достаточно большое количество фреймворков (рабочих сред), которые содержат набор готовых шаблонов бизнес-процессов для проектирования собственной оптимальной конфигурации без навыков моделирования и программирования, что позволяет расширить доступность технологии, сделать ее доступной для понимания низкоквалифицированным персоналом, чтобы тот смог работать в едином пространстве бизнес-правил.

Второй этап развития провайдеров 5PL, который автором обозначен как 5PL+ и который только начинает свое развитие, предполагает использование технологий извлечения знаний из больших данных Data Mining, блокчейн, интеллектуальных технологий для работы с нечёткими входными данными и автоматизированной обработки текстовых сообщений на основе искусственного интеллекта. Эти технологии позволят автоматизировать функции уже более квалифицированного персонала и оказывать качественную информационную поддержку при принятии управленческих решений, проектировании цепей поставок, управлении бизнес-процессами и т.д. Информационные системы, использующие экспертные знания, смогут накапливать новые знания как самостоятельно, на основе методов машинного обучения, так и при помощи сотрудников-экспертов, которые будут пополнять базу экспертными знаниями.

В работе сделан вывод, что в настоящее время провайдеры уровня 5PL

еще не получили широкого распространения, но анализируя актуальные тренды развития информационных систем в логистике, это неизбежно случится и, что вероятнее всего, переход будет сразу на уровень 5PL+, что позволит расширить доступность технологий автоматизации и оптимизации поиска логистических решений.

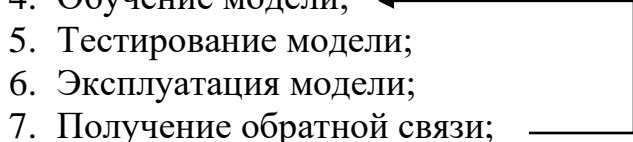
Уровень 5PL наглядно показывает, что внедрение алгоритмов искусственного интеллекта позволит более эффективно решать задачи планирования, повышения эффективности, проектирования цепей поставок на основе добавления новой функции адаптивности. Адаптивные технологии позволяют реализовать персонализированный, но автоматизированный подход к предоставлению логистических услуг. Наибольший эффект от применения адаптивных технологий может дать адаптивность логистических потоков (в данной работе рассматриваются потоки только в виртуальной среде) и адаптивность ИТ-инфраструктуры. Уровень 5PL+ отличается от уровня 5PL тем, что адаптивные интеллектуальные технологии выступают в качестве базовых, на основе которых реализованы функции автоматической корректировки параметров компланарных потоков. Применение искусственного интеллекта позволит автоматизировать управление глобальными цепями поставок на основе компланарных потоков в едином информационном пространстве и реализовать виртуальные взаимоотношения всех участников логистической цепи.

**6. Предложена методика автоматизированного проектирования компланарных потоков в логистических информационных системах для глобальной интеграции логистических информационных систем при поддержке программных интерфейсов, интеллектуальных технологий и аппарата теории нечётких множеств. Применение компланарных потоков позволит автоматизировать взаимоотношения участников логистической цепи и повысить ее эффективность в целом**

Компланарные потоки обладают одной важной особенностью – обращением только в виртуальной среде, следовательно, технологии проектирования компланарных потоков будут только информационными при соответствующей поддержке математического аппарата. Для проектирования компланарных потоков необходимо обеспечить выполнение нескольких условий. Возвращение потока в исходное состояние для обеспечения устойчивости при воздействии внешних факторов, использование механизма саморегуляции параметров потока для корректировки маршрутов, для «умного» регулирования складских операций, а также параметров бизнес-процессов, который обеспечит защиту от стохастических процессов и повысит точность прогнозирования и устойчивость системы в целом. Кроме того, автоматическое преодоление логистических барьеров для сокращения внутренних издержек и автоматическое построение фрагментограмм.

Методика автоматизированного проектирования может быть описана в

виде следующего алгоритма:

1. Постановка задачи;
  2. Сбор требований (пользовательских, функциональных и т.д.);
  3. Построение модели;
  4. Обучение модели; ←
  5. Тестирование модели;
  6. Эксплуатация модели;
  7. Получение обратной связи; —
- 

Наличие обратной связи в данной модели придает ей итерационный характер. После каждой итерации накопления и обработки некоторого объема данных происходит повторное обучение модели для использования новых параметров в модели. Итеративный подход позволит реализовать принцип адаптивности компланарных потоков за счет автоматической корректировки необходимых параметров.

Для практической реализации представленной модели необходимо выполнить следующие действия: разработать механизм получения информации из внешних источников и экономико-математическую модель; создать логическую модель информационной системы; построить программно-аппаратную архитектуру информационной системы; разработать программные модули.

Полный набор модулей для реализации интеллектуальных возможностей системы будет следующим:

1. Нейронная сеть предназначена для автоматического ранжирования параметров объектов (например, поставщиков) на основе накопленных ретроспективных данных и данных, автоматически собираемых агрегаторами и парсерами. С заданной периодичностью производится переобучение сети для извлечения новых знаний.
2. Интеллектуальные модули вычисляют параметры компланарных потоков на основе аппарата теории нечётких множеств и данных, полученных нейронной сетью.
  - a. Модуль нечёткой композиции вычисляет вектор предпочтений при ранжировании поставщиков.
  - b. Модуль прогнозирования спроса на основе цепей Маркова позволяет выполнить краткосрочный прогноз спроса потребителя на основе только текущей ситуации и без учета ретроспективных данных.
  - c. Модуль оценки рисков убыточности при заключении логистических сделок. На основе лингвистических переменных позволяет формализовать высказывания о степени убыточности сделки.
3. Сформированные интеллектуальными модулями параметры компланарных потоков записываются в мета-блоки информационных сообщений, на основе которых выполняется глобальная маршрутизация потоков.

4. Запускается следующая итерация вычислений, при которой проверяются значения имеющихся коэффициентов качества информационного сообщения, и, в случае отклонения от допустимых значений, производится расчет корреляционных коэффициентов.

Для подтверждения экономической целесообразности диссертационного исследования выполнен расчет прогнозируемых показателей на примере российской транспортной компании. (Таблица 1).

Таблица 1 - Экономические показатели транспортной компании

п/п	Наименование затрат	Затраты до внедрения (руб.)	Затраты после внедрения (руб.)
1	Заработная плата	637 500	10 142
2	Отчисления в фонды	191 250	3 043
3	Амортизация основных средств	24 640	392
4	Электроэнергия	2204	35
5	Расходные материалы	77 112	6 134
6	Прочие затраты	21 176	337
7	Сопровождение базы данных	-	85 000
<b>ИТОГО</b>		<b>953 882</b>	<b>105 083</b>

Прогнозируемые показатели экономической эффективности рассчитаны на основе ГОСТ 24.702-85 «Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Эффективность автоматизированных систем управления. Основные положения». Нормативные значения трудоёмкости на работы по созданию информационной системы получены на основе ОСТ 4.071.030 «Создание системы. Нормативы трудоёмкости».

Затраты на разработку информационной системы: 25 330 305 руб.

Годовая экономия составит:  $(953\ 882 - 105\ 083) * 12 = 10\ 185\ 588$  руб.

Срок окупаемости проекта:  $25\ 330\ 305 / 848\ 799 = 30$  месяцев (2,5 года).

**7. Разработана авторская концепция архитектура информационного модуля для реализации методологии развития адаптивно-интегрированной логистики при поддержке методов искусственного интеллекта (нейронных сетей) и теории нечётких множеств. Применение данной архитектуры модуля в логистических информационных системах позволит реализовать разработанную методологию и обеспечить качественную информационную поддержку логистических процессов**

Архитектура модуля проектирования компланарных потоков корпоративной информационной системы провайдера 5PL+ может состоять из следующих компонентов (подмодулей): парсер, агрегатор, аналитический модуль, модуль проектирования компланарных потоков, модуль проверки потерянных и недостающих параметров. Для получения и обработки информации из внешних источников необходимо наличие специализированных модулей: парсера и агрегатора данных.

Задача парсера – это сканирование специализированных сайтов на



предмет появления новой информации, получение информации с «умных» датчиков, сканирование логистических виртуальных центров VLC, сбор информации из других информационных систем информационного пула, сканирование официальных источников на предмет появления новых нормативных документов. Агрегатор – это информационный модуль, который занимается обработкой, сортировкой информации, формирования блоков информационных сообщений и добавление метаданных, а также записью полученных данных в хранилище, которое отличается от классической базы данных тем, что позволяет выполнять ретроспективные анализы одних и тех же данных, то есть как один и тот же параметр менялся с течением времени. Эта возможность позволяет выполнять более глубокий анализ данных.

Следующий этап реализуется при поддержке аналитического модуля, который проводит анализ и классификацию собранной информации при помощи интеллектуальных технологий. Модуль проектирования адаптивных компланарных потоков выполняет операции по обработке метаданных на основе матричного счисления и теории нечётких множеств, формируя весовые коэффициенты для вычисления необходимого параметра или приоритета при принятии решения.

Модуль поиска нарушенных и недостающих параметров проверяет целостность полученных данных и при нарушении или отсутствии необходимых данных, передает информационное сообщение обратно для получения недостающих данных.

На вход модуля с помощью парсера, который по расписанию проверяет запланированные источники, поступают информационные сообщения из различных источников и отличающиеся по структуре. Источниками этих сообщений служат внешние логистические информационные системы партнеров, специализированные сайты и порталы, VLC-центры, специализированные базы данных, справочно-правовые системы. При получении сообщения источник известен заранее, так как модуль получает данное сообщение по запросу и снабжается необходимыми метаданными и классифицируется перед сохранением его в хранилище.

При инициализации задачи на построение компланарного потока производится сбор необходимых информационных сообщений из хранилища согласно классификатору. Из отобранных сообщений выделяются необходимые метаданные, из которых формируются таблицы сообщений, которые затем трансформируются в матрицы. При этом производятся необходимые проверки на целостность и полноту данных.

При отсутствии каких-либо параметров производится повторный запрос в целевую систему. Если параметр не может быть получен в автоматическом режиме, то сотруднику выводится соответствующее сообщение. В этом случае недостающие данные могут быть либо получены автоматически с помощью определения методом ассоциативных зависимостей, либо

заполнены экспертом.

Во время формирования параметров потока производится дополнительная проверка на допустимость значений и затем данные передаются в модуль визуализации, для наглядного отображения процесса. Большинство операций выполняются в автоматическом режиме, но у пользователя есть возможность вмешаться в процесс на этапе корректировки допустимых значений для обучения нейронной сети.

После завершения первого этапа производится проверка валидности параметров потока и в случае ее невыполнения происходит переход к модулю поиска и обработки ошибок, который может передать управление назад для восстановления необходимых параметров. При успешном формировании параметров компланарного потока, которое означает полный набор необходимых метаданных и конфигураций, и перед выпуском потока из модуля происходит обработка полученных параметров специальным модулем-фильтром мониторинга, который выполняет конечную проверку параметров и записывает результаты в хранилище данных для повторного использования и дальнейшего анализа. Накапливаемые таким образом большие данные могут служить для дополнительного извлечения знаний и проведения ретроспективного анализа для выявления зависимостей. После прохождения всех этапов компланарный поток может быть передан в другую информационную систему другого участника логистических операций. Если информационные системы несовместимы между собой, то в этом случае информационные сообщения передаются с помощью технологии ETL (Extract, Transform, Load).

Данная технология, являясь неотъемлемой частью методологии адаптивно-интегрированной логистики, позволяет получить исходные данные с помощью стандартных процедур выгрузки данных в некоторую промежуточную область, которая доступна обеим информационным системам, а затем, используя специальные утилиты, производится преобразование данных в формат, понятный для второй системы. Затем производится загрузка данных в целевую систему. Процедура преобразования данных может изменить не только формат, но может кардинально измениться структура данных.

В результате сформированный компланарный поток позволит выполнить интеграцию различных информационных систем, организовать единое пространство бизнес-процессов, позволит автоматически определять и обходить логистические барьеры, устранить человеческий фактор из большинства процессов и повысить эффективность работы персонала.

**8. Созданы алгоритмы управления компланарными потоками на основе методов теории нечётких множеств и цепей Маркова, которые позволяют принципиально алгоритмизировать операции среднесрочного и долгосрочного прогнозирования спроса потенциальных клиентов на логистические услуги в условиях**

### современных вызовов и угроз

В диссертации сделан вывод, что для прогнозирования случайных событий наилучшим образом подходит теория цепей Маркова. Событие может считаться марковским, если переход в новое состояние зависит только от текущего состояния, и не зависит от предыдущего. Любой процесс практически всегда можно свести к марковскому, например, заключение сделки. Если в прошлом сделка состоялась, то это практически никак не влияет, будет ли заключена новая сделка (или оформлен заказ) в будущем. Для оформления сделки характерен дискретный характер событий, то есть смена состояний происходит в некоторые случайные моменты времени

В работе в качестве примера рассмотрена однородная марковская цепь, состоящая из клиента и двух поставщиков. Клиент может разместить весь заказ только у первого поставщика, только у второго поставщика, а может разбить его на две части и разместить у обоих поставщик. В этом случае отношения могут быть представлены в виде графа (рисунок 2):

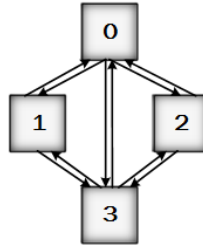


Рисунок 2 - Граф состояний размещения заказа с двумя поставщиками

Здесь нулевое состояние означает отсутствие заказа, то есть клиент не размещал заказов. Состояние 1 – это размещение заказа только у первого поставщика, состояние 2 – размещение заказа только у второго поставщика, а состояние 3 – это размещение заказа сразу у обоих поставщиков. Цепь в данном случае будет являться ординарной, при которой поток событий не носит взаимоисключающего характера. Двойные стрелки между состояниями означают инициацию заказа. Например, клиент может разместить заказ, а может поставщик сделать запрос с предложением об инициации заказа.

Вероятности размещения заказа обозначаются переменной  $\lambda$  и индексы указывают направление связи. Например,  $\lambda_{01}$ , означает вероятность оформления заказа клиентом у поставщика №1, а  $\lambda_{10}$  – вероятность запроса поставщика №1 у клиента с предложением о размещении заказа. На основе ретроспективных статистических данных можно получить предыдущие состояния по заказам и на их основе расставить необходимые значения вероятностей. В результате получается следующая матрица:

$$P = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & P_{01} & P_{02} & P_{03} \\ 1 & P_{10} & 0 & 0 & P_{13} \\ 2 & P_{20} & 0 & 0 & P_{23} \\ 3 & P_{30} & P_{31} & P_{32} & 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

При этом матрица обладает одним важным свойством – сумма вероятностей в каждой строке должна быть равна единице, что гарантирует переход системы в одно из состояний или система останется в том же состоянии.

$$\sum_{i=1}^k P_{ij} = 1 \quad (2)$$

Нули означают отсутствие связей в данном направлении. Например,  $P_{00} = 0$ , так как если клиент не занимается оформлением и распределением заказов, то вся система не работает.  $P_{11} = 0$ , то есть система не может остаться в состоянии, когда заказ сам для себя сформировал поставщик №1 и т.д.

Далее выполняется прогноз на три периода вперед, на основе текущего состояния системы. Таким образом, матрица состояний имеет следующий вид:

$$P = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0,6 & 0,2 & 0,2 \\ 1 & 0,1 & 0 & 0 & 0,9 \\ 2 & 0,2 & 0 & 0 & 0,8 \\ 3 & 0,5 & 0,25 & 0,25 & 0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Для вычисления состояний на второй период используется следующая формула:  $P_{n1}(2) = P_{nj} \cdot P_{j1}$

Применив ее, получим:

$$P(2) = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0,6 & 0,2 & 0,2 \\ 1 & 0,1 & 0 & 0 & 0,9 \\ 2 & 0,2 & 0 & 0 & 0,8 \\ 3 & 0,5 & 0,25 & 0,25 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 0,6 & 0,2 & 0,2 \\ 1 & 0,1 & 0 & 0 & 0,9 \\ 2 & 0,2 & 0 & 0 & 0,8 \\ 3 & 0,5 & 0,25 & 0,25 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 0,2 & 0,05 & 0,05 & 0,7 \\ 1 & 0,45 & 0,285 & 0,245 & 0,02 \\ 2 & 0,4 & 0,32 & 0,24 & 0,04 \\ 3 & 0,075 & 0,3 & 0,1 & 0,525 \end{pmatrix} \quad (4)$$

Для вычисления состояния на третий период имеет смысл воспользоваться той же формулой еще раз, только в этот раз перемножаются матрицы  $P(1)$  и  $P(2)$ . В результате получится:

$$P(3) = \begin{pmatrix} 0 & 0,365 & 0,295 & 0,215 & 0,125 \\ 1 & 0,0875 & 0,275 & 0,095 & 0,5425 \\ 2 & 0,1 & 0,25 & 0,09 & 0,56 \\ 3 & 0,3125 & 0,17625 & 0,14625 & 0,365 \end{pmatrix} \quad (5)$$

Интересной особенностью марковских цепей является способность «забывать» свою историю. То есть через некоторое количество итераций, матрица выравнивается. Для рассматриваемого примера стабилизация наступает уже после шестой итерации:

$$P(6) = \begin{pmatrix} 0 & 0,241078763 & 0,239001 & 0,142556 & 0,377364 \\ 1 & 0,241092418 & 0,238986 & 0,142556 & 0,377366 \\ 2 & 0,241094714 & 0,238986 & 0,142557 & 0,377362 \\ 3 & 0,241094256 & 0,238996 & 0,14256 & 0,377349 \end{pmatrix} \quad (6)$$

Вышеизложенное позволяет сделать вывод, что долгосрочные прогнозы на основе рассмотренной модели сделать нельзя.

Для трех поставщиков картина уже заметно усложнится. Целесообразно построить граф для одного клиента и трех поставщиков (рисунок 3).

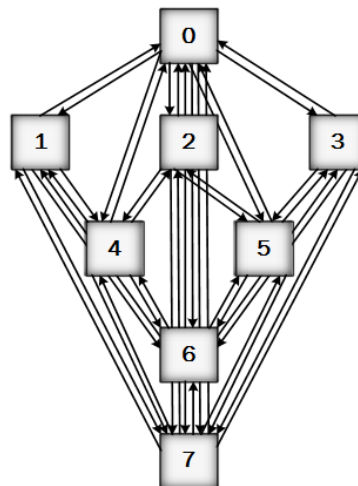


Рисунок 3 - Граф состояний для одного клиента и трех поставщиков

По аналогии с предыдущим примером заказ можно разметить как целиком у одного из поставщиков, так и частично, например, у двух или сразу у всех трех. Всего в этом примере 8 состояний: 0 – без заказов, 1 – весь заказ только у первого поставщика, 2 – весь заказ только у второго, 3 – только у третьего, 4 – заказ делится между первым и вторым поставщиком, 5 – между вторым и третьим, 6 – между первым и третьим и 6 – между всеми тремя. Горизонтальные смены состояний в рассматриваемой ситуации отсутствуют по тем же причинам, поставщик не может оформить заявку сам для себя, и один поставщик не может оформить заявку от имени клиента у другого поставщика.

Тогда матрица состояний будет выглядеть:

$$P = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ 0 & 0 & P_{01} & P_{02} & P_{03} & P_{04} & P_{05} & P_{06} & P_{07} \\ 1 & P_{10} & 0 & 0 & 0 & P_{14} & 0 & P_{16} & P_{17} \\ 2 & P_{20} & 0 & 0 & 0 & P_{24} & P_{25} & P_{26} & P_{27} \\ 3 & P_{30} & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{35} & P_{36} & P_{37} \\ 4 & P_{40} & P_{41} & P_{42} & 0 & 0 & 0 & P_{46} & P_{47} \\ 5 & P_{50} & 0 & P_{52} & P_{53} & 0 & 0 & P_{56} & P_{57} \\ 6 & P_{60} & P_{61} & P_{62} & P_{63} & P_{64} & P_{65} & 0 & P_{67} \\ 7 & P_{70} & P_{71} & P_{72} & P_{73} & P_{74} & P_{75} & P_{76} & 0 \end{pmatrix} \quad (7)$$

Поскольку принцип обработки матриц остается прежним, то дальнейшие вычисления будут аналогичны рассмотренным ранее.

В случае, если распределение заказов будет носить не дискретный характер, а распределенный во времени, то вместо значений вероятности используются экспоненциальные функции распределения вероятности по времени:

$$P_{i,j} = f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad (8)$$

где  $\lambda$  – вероятность наступления определенного события;

$t$  – время.

В таком случае сеть превращается в неоднородную и для нахождения вероятностей состояний необходимо решить систему дифференциальных уравнений Колмогорова для случая одного клиента и двух поставщиков:

$$\begin{cases} \frac{dP_0(t)}{dt} = \lambda_{20}P_2(t) + \lambda_{10}P_1(t) - \lambda_{01}P_1(t) - \lambda_{02}P_2(t) \\ \frac{dP_1(t)}{dt} = \lambda_{01}P_0(t) + \lambda_{13}P_1(t) - \lambda_{10}P_1(t) - \lambda_{13}P_1(t) \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = \lambda_{02}P_0(t) + \lambda_{32}P_3(t) - \lambda_{20}P_2(t) - \lambda_{23}P_2(t) \\ \frac{dP_3(t)}{dt} = \lambda_{13}P_1(t) + \lambda_{23}P_2(t) - \lambda_{31}P_3(t) - \lambda_{32}P_3(t) \end{cases} \quad (9)$$

В этом случае смена состояний будет выглядеть как непрерывный поток событий.

Также необходимо учитывать, что:  $p_0(t) + p_1(t) + p_2(t) + p_3(t) = 1$

В диссертационном исследовании обосновывается вывод, что для большого количества состояний цепь Маркова может оказаться неприемлемой, так как существенно возрастает объем вычислений. Следовательно, необходимо воспользоваться методом динамики средних, который тоже имеет природу марковских цепей или имитационным моделированием.

Таким образом, на основе теории случайных процессов можно выполнять предсказание поведения системы на несколько шагов вперед, в которой ее текущее состояние не зависит от предыдущего.

## 9. Разработаны авторские алгоритмы ранжирования логистических

**провайдеров при заключении контрактов между участниками цепей поставок с использованием аппарата теории нечётких множеств, а именно нечёткой композиции, позволяющие автоматизировать операции экспертных оценок по поддержке принятия управленческих решений**

Автоматизация логистических задач, связанных с проблемами выбора поставщика или товара, представляет собой достаточно сложную задачу, особенно при большом выборе вариантов. Необходимо каким-то образом ранжировать имеющиеся варианты и выстраивать на их основе предпочтения. В ручном режиме решение таких задач занимает внушительное время, что не позволяет оперативно принимать решения и приводит к повышенной физической и эмоциональной нагрузке сотрудников.

Основная задача разработанного алгоритма – построить ранг провайдеров или их услуг в зависимости от набора параметров в информационных сообщениях. При этом каждое информационное сообщение должно обладать необходимым набором параметров или атрибутов. Для каждой задачи этот набор может быть определен отдельно. Так и количество атрибутов для сообщений определяется исходя из потребностей или условий решаемой задачи. Влияние каждого атрибута сообщения на принятие решения должно автоматически учитываться алгоритмом. Но уже при трех и более сообщениях с разными наборами атрибутов человеку невозможно удержать в голове такое количество вариантов. Ведь даже для одного сообщения, содержащего 5 атрибутов возможно целых 120 комбинаций перестановок, каждая из которых может изменить принимаемое решение. Для трех таких сообщений по формулам комбинаторики количество перестановок будет уже равно 15! (1307674368000). Теоретический аппарат статистики и комбинаторики не подходит для данной задачи из-за огромного количества вариантов.

Для решения подобных задач необходимо построить математическую модель, на основе которой будет выполняться автоматизация. При моделировании всегда используются допущения, упрощающие модель. Количество допущений должно быть таким, чтобы модель описывала реальное поведение объекта, но при этом не приводила к чрезмерному усложнению. Поскольку входные данные, как правило, носят неполный и нечёткий характер, то задача автоматизации существенно усложняется. Необходимо предусмотреть алгоритм обработки случайных данных, на основе которых в дальнейшем будет производиться расчет.

С помощью аппарата нечётких множеств можно алгоритмизировать процесс принятия решения, ранжирования или оценки ситуации. Для решения таких задач выделяют два метода: прямой и косвенный. Прямой метод использует экспертную оценку каждого атрибута, применяемого в модели, и принадлежность его к рассматриваемому множеству  $x \in X$ .

Косвенный метод применяется, когда измеримые признаки, необходимые для построения модели, отсутствуют.

Применение метода нечёткой композиции позволяет выполнить ранжирование объектов (например, поставщиков услуг) по различным параметрам: доверие к поставщику, скорость выполнения заказа, стоимость выполнения заказа и т.д. Если у клиента уже есть некоторый положительный опыт общения с каким-либо своим клиентом или подрядчиком, то с большой долей вероятности он продолжит это взаимодействие. И наоборот, если подрядчик незнакомый или опыт взаимодействия с ним негативный, то вероятность повторного взаимодействия будет мала. На первом этапе необходимо получить нормализованные значения количественных параметров каждого показателя, затем построить бинарные отношения. После обработки матриц по правилу минимакса получаем результирующую матрицу, которая затем переводится в табличную форму для интерпретации результатов. Полученная матрица будет в дальнейшем использована в блоке метаданных при проектировании маршрута компланарного потока.

**10. Предложены концептуальные основы механизма управления рисками логистических операций на основе аппарата теории нечётких множеств в режиме реального времени с использованием лингвистической переменной, который позволяет в автоматизированном режиме производить оценку логистических рисков и вырабатывать наиболее выгодное решение для всех участников логистической цепи, а также сократить фактор информационной перегруженности персонала**

Высокий уровень конкуренции в логистическом бизнесе требует тщательного отбора различных критериев при принятии решения, которые должны приниматься достаточно оперативно и всесторонне обоснованно. При построении модели не всегда удается точно определить ее параметры, так как на момент построения модели может отсутствовать часть параметров, еще часть может быть выражена в нечёткой форме, что-то может измениться непосредственно во время заключения контракта, но, несмотря на данные обстоятельства, решение принимать все-таки нужно. Для сокращения влияния неопределенностей и устранения ситуаций, когда управленческое решение может приниматься на основе интуиции, необходимо процесс моделирования управления рисками обеспечить соответствующей информационной поддержкой на основе специализированного математического аппарата. Цель – это повышение эффективности управления процессами и удержание сделок в прибыльной зоне. Задача усложняется еще и тем, что должна выполняться многократно, но по одному алгоритму и с разными входными данными, что является предпосылкой для ее автоматизации.

В диссертации рассматривается заключение контракта с логистическим провайдером в условиях нечёткой и неполной информации. В качестве



методологической основы целесообразно использовать аппарат теории нечётких множеств и, в частности, лингвистическую переменную, которая оперирует не числами, а словами или выражениями и позволяет приближенно описывать объекты или явления, которые настолько сложны, что не поддаются описанию в количественных терминах. Например, лингвистическая переменная «возраст» с универсальным множеством  $[0, 100]$  может принимать значения: «молодой», «немолодой», «старый», «не очень старый», «очень старый» и т.д. Назначение информационного модуля – это проведение периодических анализов, запускаемых по событию, по расписанию или вручную.

В работе построена общая модель анализа рисков при заключении контракта с логистическим провайдером на основе теории нечетких множеств. Задача логистического контракта – это заявка на предоставление логистических услуг, риск убыточности которого в условиях цифровой экономики имеет смысл оценивать автоматически. В качестве объектов контракта будут выступать компании-заказчики. Своевременное получение информации о высоких рисках позволит дополнительно повысить конкурентоспособность предприятия, за счет возможности оператора обеспечить баланс между затратами и приобретаемыми выгодами. Кроме этого, получение информации о степени риска позволит обеспечить обратную связь между информационными модулями для обеспечения адаптивности компланарного потока.

Методика оценки рисков основывается на использовании лингвистической переменной  $r$  – «риск убыточности контракта», универсальное множество которой  $[0, 1]$ . Терм-множество  $R$  задает множество значений переменной  $r$ , где для каждого терма с указанным именем будет определено подмножество на отрезке  $[0, 1]$  в виде трапезоидных чисел.

Функции принадлежности для термов  $R$  будут описываться функциями принадлежности трапезоидного нечёткого числа  $x = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ :

$$\varphi(x) \begin{cases} 0, & \text{если } x < a_1; \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & \text{если } a_1 \leq x \leq a_2; \\ 1, & \text{если } a_2 \leq x \leq a_3; \\ \frac{x - a_4}{a_3 - a_4}, & \text{если } a_3 < x \leq a_4; \\ 0, & \text{если } x > a_4 \end{cases} \quad (10)$$

Функция принадлежности  $\varphi(x)$  определяет истинность терма  $R_i$ , после чего вывод о риске убыточности контракта получается из совокупности значений ее параметров  $X_i$ , которые представляют собой группу финансовых и нефинансовых показателей. Их подбирают так, чтобы рост каждого отдельного параметра  $X_i$  понижал риск убыточности заключенного контракта логистическим провайдером, иначе применяются параметры, демонстрирующие противоположное поведение.

Когда группа параметров окончательно подобрана, то учитывается, что финансовые показатели являются числовыми переменными со значениями из некоторого числового промежутка. Следовательно, их следует рассматривать как множество-носитель лингвистической переменной  $E_i$  из группы термов, где каждая лингвистическая переменная  $E_i$  имеет трапециевидную функцию принадлежности  $\varphi(x)$ , поэтому таблица функций принадлежности термов  $E_i$  тоже формируется через функцию принадлежности  $\varphi(x)$  трапезоидного нечёткого числа  $x = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ .

Правила перехода от значений финансовых показателей к высказываниям о степени риска убыточности логистического контракта составляются с учетом их вклада в риск. После сортировки весов по возрастанию, итог по каждому вычисляется по методу Фишберна. Рассчитав веса каждого термина  $R_i$ , определим значение переменной  $r$ .

Кроме того, в диссертационном исследовании показано применение методики для анализа риска убыточности контракта.

#### **Анализ риска убыточности контракта, заключенного логистическим провайдером.**

Пусть  $r$  = «риск убыточности контракта»;

универсальное множество  $r$  – отрезок  $[0, 1]$ ;

множество значений  $r$  – терм-множество  $R = \{R_1, R_2, R_3, R_4, R_5\}$ , где:

$R_1$  = «риск убыточности предельный»;

$R_2$  = «риск убыточности высокий»;

$R_3$  = «риск убыточности средний»;

$R_4$  = «риск убыточности низкий»;

$R_5$  = «риск убыточности незначительный».

Каждый терм  $R$  – это имя нечеткого подмножества  $[0, 1]$ , которые примем как трапециевидные нечеткие числа (рисунок 4).

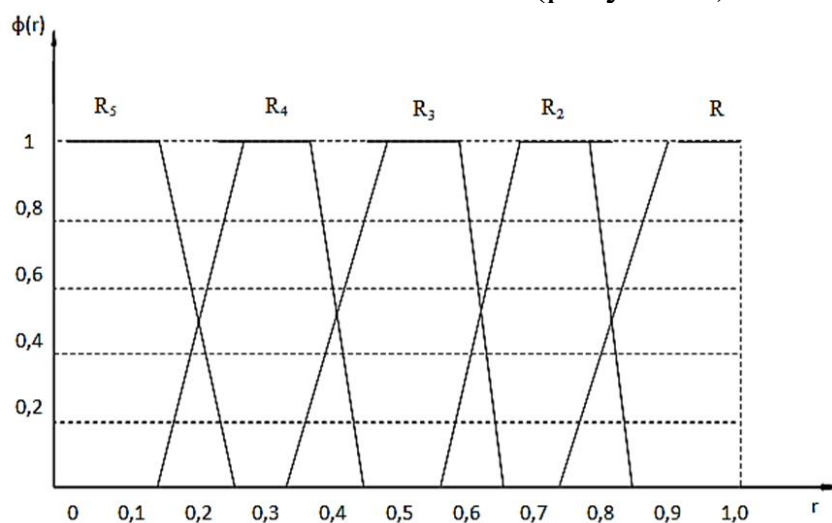


Рисунок 4 - Функция принадлежности подмножеств терм-множества  $r$

Составим таблицу функций принадлежности каждого термина (таблица 2), используя формулу функции принадлежности  $\varphi(x)$  трапезоидного нечеткого числа  $x = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ :

Таблица 2 - Функции принадлежности терм-множества  $r$ 

Терм $R_k$	Функция принадлежности нечеткого множества $R_k$
$R_5$ = «риск убыточности незначительный» $R_5 \in [0; 0,25]$	$\varphi_5 = \begin{cases} 1, & \text{если } 0 \leq r \leq 0,15 \\ 10(0,45 - r), & \text{если } 0,15 < r \leq 0,25 \end{cases}$
$R_4$ = «риск убыточности низкий» $R_4 \in [0,15; 0,45]$	$\varphi_4 = \begin{cases} 1 - 10(0,25 - r), & \text{если } 0,15 < x \leq 0,25 \\ 1, & \text{если } 0,25 < x \leq 0,35 \\ 10(0,45 - r), & \text{если } 0,35 < x \leq 0,45 \end{cases}$
$R_3$ = «риск убыточности средний» $R_3 \in [0,35; 0,65]$	$\varphi_3 = \begin{cases} 1 - 10(0,45 - r), & \text{если } 0,35 < x \leq 0,45 \\ 1, & \text{если } 0,45 < x \leq 0,55 \\ 10(0,65 - r), & \text{если } 0,55 < x \leq 0,65 \end{cases}$
$R_2$ = «риск убыточности высокий» $R_2 \in [0,55; 0,85]$	$\varphi_2 = \begin{cases} 1 - 10(0,65 - r), & \text{если } 0,55 < x \leq 0,65 \\ 1, & \text{если } 0,65 < x \leq 0,75 \\ 10(0,85 - r), & \text{если } 0,75 < x \leq 0,85 \end{cases}$
$R_1$ = «риск убыточности предельный» $R_1 \in [0,75; 1]$	$\varphi_1 = \begin{cases} 1 - 10(0,85 - r), & \text{если } 0,75 \leq r \leq 0,85 \\ 1, & \text{если } 0,85 < r \leq 1 \end{cases}$

Предположим, что эксперт создал систему из 6 показателей, каждый из которых является коэффициентом, то есть приведен к нормированному виду:

$X_1$  – относительная репутация поставщика;

$X_2$  – обеспеченности сделки оборотными активами;

$X_3$  – промежуточной ликвидности сделки;

$X_4$  – абсолютной ликвидности сделки;

$X_5$  – независимости от внешних поставщиков;

$X_6$  – прибыльность сделки.

Тогда термы множества  $E_i$  будут:

$E_{i1}$  – «очень низкий уровень  $X_i$ »;

$E_{i2}$  – «низкий уровень  $X_i$ »;

$E_{i3}$  – «средний уровень  $X_i$ »;

$E_{i4}$  – «высокий уровень  $X_i$ »;

$E_{i5}$  – «очень высокий уровень  $X_i$ ».

В таблице 3 приведены все термы, полученные методом экспертных оценок.

Далее от значений показателей вполне логично перейти к высказываниям о риске убыточности логистической сделки. Для получения правил перехода от значений показателей к лингвистическим переменным  $R_i$  необходимо отсортировать показатели по их вкладу в риск убыточности логистической сделки, следовательно, сопоставить каждому показателю  $X_i$  вес  $h_i$ , после чего, учитывая отсутствие другой информации, вес определяется по правилу Фишберна ( $n$  – число показателей):

$$h_i = \frac{2(n-i+1)}{(n-1)n} \quad (11)$$

Таблица 3 - Экспертные оценки показателей при заключении контракта логистическим провайдером

Показат	Терм				
	E <sub>i1</sub>	E <sub>i2</sub>	E <sub>i3</sub>	E <sub>i4</sub>	E <sub>i5</sub>
X <sub>1</sub>	(0; 0; 0,1; 0,2)	(0,1; 0,2; 0,25; 0,3)	(0,25; 0,3; 0,45; 0,5)	(0,34; 0,5; 0,6; 0,7)	(0,6; 0,7; 1; 1)
X <sub>2</sub>	(-1; -1; -0,005; 0)	(-0,005; 0; 0,09; 0,11)	(0,09; 0,11; 0,3; 0,35)	(0,3; 0,35; 0,45; 0,5)	(0,45; 0,5; 1; 1)
X <sub>3</sub>	(0; 0; 0,5; 0,6)	(0,5; 0,6; 0,7; 0,8)	(0,7; 0,8; 0,9; 1)	(0,9; 1; 1,3; 1,5)	(1,3; 1,5; ∞; ∞)
X <sub>4</sub>	(0; 0; 0,01; 0,03)	(0,03; 0,03; 0,08; 0,1)	(0,08; 0,1; 0,3; 0,35)	(0,3; 0,35; 0,5; 0,6)	(0,5; 0,6; ∞; ∞)
X <sub>5</sub>	(0; 0; 0,12; 0,14)	(0,12; 0,14; 0,18; 0,2)	(0,18; 0,02; 0,3; 0,4)	(0,3; 0,4; 0,5; 0,8)	(0,5; 0,8; ∞; ∞)
X <sub>6</sub>	(-∞; -∞; 0; 0)	(0; 0; 0,006; 0,01)	(0,006; 0,01; 0,06; 0,1)	(0,06; 0,1; 0,225; 0,4)	(0,225; 0,4; ∞; ∞)

Если у показателей нет системы предпочтений, то полагаем веса одинаковыми, то есть, в нашем случае, получаем  $h_i = \frac{1}{6}$ , и, следовательно, правило перехода от значений показателей к весам термов логистической переменной  $r_i$ :

$$t_i = \sum_{k=1}^6 h_i \varphi_{ki}, k=1 \dots 5. \quad (12)$$

Тогда значение переменной  $r_i$ :

$$r_i = \sum_{k=1}^5 t_k \bar{r}_k, k = 1 \dots 5, \quad (13)$$

где  $\bar{r}_k$  – середина отрезка – носителя терма  $R_k$

Переход от показателей к лингвистическим оценкам риска показан на рисунке 5.

В результате получается реальная возможность экспресс-оценки риска убыточности контракта логистического провайдера. В случае изменения его показателей по различным причинам, итоговое высказывание пересчитывается в автоматическом режиме и понимание степени риска получения убытка изменяется, что позволяет своевременно предпринять адекватные меры для удержания контракта в прибыльном состоянии.

В диссертации обосновывается вывод, что современный бизнес вследствие общемировой тенденции глобализации, особенно в логистической сфере, становится все более турбулентным и степень неопределенности с каждым годом увеличивается даже в рамках отдельных контрактов. Нечёткая методика позволяет учесть слабо измеримые параметры и удержать контракт в прибыльной зоне, что значительно повысит конкурентоспособность логистических компаний, с одной стороны, расширит арсенал управленческого инструментария для бизнес-структур, с другой.

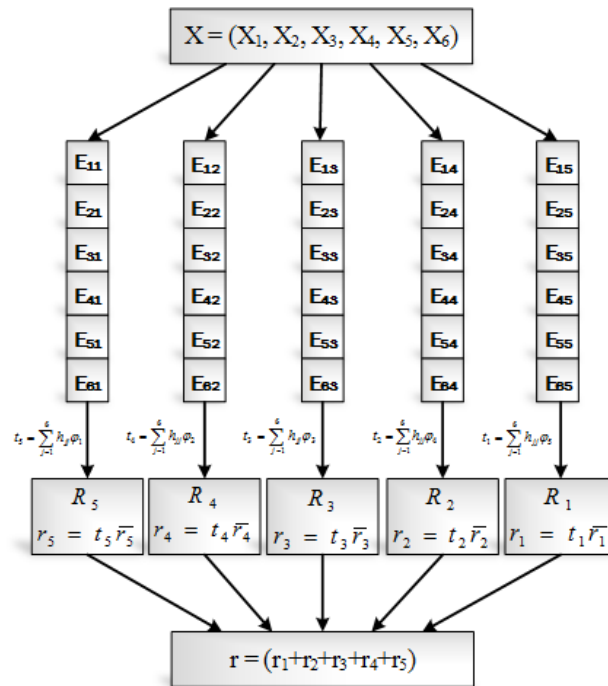


Рисунок 5 - Переход от показателей к высказываниям о риске убыточности

### III. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ (ЗАКЛЮЧЕНИЕ)

В результате проведённого диссертационного исследования были выявлены и научно обоснованы предпосылки развития и формирования методологии адаптивно-интегрированной логистики на платформе искусственного интеллекта. Проведена теоретико-методическая оценка специфики современных логистических исследований, дан расширенный анализ развития логистических провайдеров в рыночных условиях, учитывая особенности их сферы деятельности и возрастающую роль интеллектуальных технологий в экономике страны.

Сформулированы и обоснованы факторы повышения конкурентной устойчивости логистических компаний России за счёт использования интеллектуальных технологий.

Разработана методология адаптивно-интегрированной логистики, позволяющая автоматизировать процесс взаимодействия участников цепей поставок в режиме реального времени на основе технологий искусственного интеллекта, а также построен ряд моделей для автоматизации актуальных логистических задач, а именно: модель построения нечёткой композиции для автоматизации выбора предпочтений из набора вариантов, модель для автоматизации оценки рисков логистических компаний на основе лингвистической переменной теории нечётких множеств.

Доказана экономическая эффективность внедрения предложенной методики автоматизированного проектирования компланарных потоков в логистических информационных системах, позволяющая сэкономить ООО «ТРАСКО» до 13 681 600 руб. В качестве первого этапа автоматизации разработана нейронная сеть для обучения на имеющихся данных, которая

используется для получения весовых коэффициентов в процессе ранжирования имеющихся вариантов.

#### **IV. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

##### **Монографии, брошюры, учебники и учебные пособия**

1. Никишов С.И. Адаптивно-интегрированная логистика и искусственный интеллект: монография / С.И. Никишов – М.: ООО «Белый ветер», 2021. – 216с. – 13,5 п.л.

2. Никишов С.И. Цифровая трансформация логистики: монография / С.И. Никишов – М.: Изд. «Дело», 2019. – 122с. – 6,1 п.л.

3. Никишов С.И. Развитие ИК-услуг на основе логистики: монография. / С.И. Никишов, А.Н. Брынцев – М.: ОАО «ИТКОР», 2019. – 118с. – 5,9/2,95 п.л.

4. Никишов С.И. Логистика: Адаптивные информационные потоки: монография. / С.И. Никишов, А.Н. Брынцев – Москва: ОАО «ИТКОР», 2016. – 142с. – 7,1/3,55 п.л.

##### **Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК**

5. Никишов С.И. К вопросам терминологии: цифровизация и логистические процессы / С.И. Никишов // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2021. – №1. – С.12-15. – 0,41п.л.

6. Никишов С.И. Роль искусственного интеллекта в развитии промышленного ландшафта / С.И. Никишов, А.Н. Брынцев // Российский экономический интернет-журнал. – 2021. – №1. – 0,6/0,3п.л.

7. Никишов С.И. Анализ проблем качества компланарных потоков в интегрированных цепях поставок / С.И. Никишов // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2020. – № 3. – С. 20-24. – 0,55 п.л.

8. Никишов С. И. Адаптивно-интегрированная логистика через призму виртуального пространства / С. И. Никишов // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2020. – № 1. – С. 6-9. – 0,45 п.л.

9. Никишов С.И. Анализ надежности логистического провайдера на основе аппарата теории нечетких множеств / С.И. Никишов // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2019. – № 4. – С. 19-23. – 0,45 п.л.

10. Никишов С.И. Применение интеллектуальных технологий для моделирования логистических процессов / С.И. Никишов // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2019. – № 3. – С. 30-34. – 0,55 п.л.

11. Никишов С.И. Прогнозирование спроса на логистические услуги с помощью цепей Маркова / С.И. Никишов // Российский экономический интернет-журнал. – 2019. – № 4. – 11С. – 0,5 п.л.

12. Никишов С.И. Адаптивная интеграция цепей поставок и оценка

поставщиков услуг на основе лингвистических переменных / С.И. Никишов // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2019. – № 2. – С. 33-39. – 0,55 п.л.

13. Никишов С.И. Мероприятия для повышения эффективности интегрированной логистики / С.И. Никишов // Экономические отношения. – 2019. – № 3. Т. 9. – С. 2107-2116. – DOI 10.18334/eo.9.3.40817. – 0,55 п.л.

14. Никишов С.И. Цифровая трансформация интегрированной логистики / С.И. Никишов // Российский экономический интернет-журнал. – 2019. – №1. – С. 53. – 0,5 п.л.

15. Никишов С.И. Формирование и развитие адаптивно-интегрированной логистики на основе интеллектуальных технологий / С.И. Никишов // Российское предпринимательство. – 2019. – Т. 20. – № 1. – С. 393-400. – DOI 10.18334/rp.19.12.39627. – 0,65 п.л.

16. Никишов С.И. Анализ факторов развития логистических операторов 5PL в условиях цифровой экономики / С.И. Никишов // Российский экономический интернет-журнал. – 2018. – № 4. – С. 82. – 0,5 п.л.

17. Никишов С.И. Повышение конкурентоспособности бизнес-структур на основе компланарных логистических потоков / С.И. Никишов // Российское предпринимательство. – 2018. – Т. 19. – № 12. – С. 3999-4006. – DOI 10.18334/rp.19.12.39569. – 0,65 п.л.

18. Никишов С.И. Развитие логистических провайдеров в эпоху цифровой экономики / С.И. Никишов, А.Н. Брынцев, Д.Т. Новиков // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2018. – № 3. – С. 6-11. – 0,6/0,2 п.л.

19. Никишов С.И. Архитектура адаптивного сервиса проектирования логистических компланарных потоков / С.И. Никишов // Российский экономический интернет-журнал. – 2018. – № 3. – С. 48. – 0,6 п.л.

20. Никишов С.И. Моделирование информационных потоков в логистике / С.И. Никишов // Российский экономический интернет-журнал. – 2017. – № 4. – С. 47. – 0,6 п.л.

21. Никишов С.И. Применение нечеткой композиции для моделирования логистических потоков / С.И. Никишов // Вопросы инновационной экономики. – 2017. – Т. 7. – № 3. – С. 247-256. – DOI 10.18334/vines.7.3.38197. – 0,6 п.л.

22. Никишов С.И. Особенности развития адаптивных потоков в виртуальной среде / С. И. Никишов // Российский экономический интернет-журнал. – 2016. – № 4. – С. 44. – 0,6 п.л.

23. Никишов С.И. Развитие адаптивных потоков в цифровой экономике / С.И. Никишов // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2016. – № 4. – С. 168-172. – 0,45 п.л.

24. Никишов С.И. Предпосылки моделирования интеллектуальных электронных торговых услуг в электронной и мобильной коммерции / С.И. Никишов // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2015. – № 2. – С. 94-97. – 0,45 п.л.

**Статьи, опубликованные в научных журналах,  
индексируемых в наукометрических базах SCOPUS**

25. Nikishov S.I. Information technology in logistics systems: Problems, solutions, innovations / Z. K. Omarova, S. I. Nikishov, A. S. Ellaryan [et al.] // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. – 2019. – Vol. 11. – No S10. – P. 581-586. – DOI 10.5373/JARDCS/V11SP10/20192845. – 0,5/0,1 п.л.

26. Nikishov S.I. The impact of information provision on the logistics efficiency of Russia. / S.I. Nikishov // Economic Development and Cultural Change, No.4 (2), (July). Volume 65. The University of Chicago Press, 2017. – P. 1163-1168. – 0,4 п.л.

**Статьи и тезисы докладов в других изданиях:**

27. Никишов С.И. Интеллектуализация логистических процессов / С.И. Никишов // Национальная ассоциация ученых (НАУ) Ежемесячный научный журнал. – 2021. – № 63 часть 3. – 6С. – 0,3 п.л.

28. Никишов С. И. Влияние качества данных на компланарные потоки в интегрированной логистике // Научный форум: экономика и менеджмент: сборник статей по материалам XLVIII международной научно-практической конференции, Москва, 15 марта 2021 года / С.И. Никишов, А. Н. Брынцев. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Международный центр науки и образования», 2021. – С. 5-9. – 0,25 п.л./0,125 п.л.

29. Никишов С.И. Искусственный интеллект в деятельности логистических провайдеров // Научно-практическая конференция МГОУ, ИПР РАН «Актуальные проблемы экономической безопасности России: новые факторы, риски, угрозы» / С.И. Никишов. – Москва, 2021. – 15.02.2021. – 5с. – 0,3 п.л.

30. Никишов С.И. Искусственный интеллект в промышленном ландшафте России / С. И. Никишов, А. Н. Брынцев // Аспирант. – 2021. – № 2(59). – С. 37-39. – 0,25/0,125 п.л.

31. Никишов С.И. ИК технологии как фактор повышения конкурентоспособности промышленности (на примере угольной отрасли) / С. И. Никишов, А. Н. Брынцев // Аспирант. – 2021. – № 2(59). – С. 40-43. – 0,25/0,125 п.л.

32. Никишов С.И. Наступит ли зима искусственного интеллекта? // Вопросы управления и экономики: современное состояние актуальных проблем: сборник статей по материалам XLIV международной научно-практической конференции, Москва, 09 февраля 2021 года / С. И. Никишов, А. Н. Брынцев. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Интернаука", 2021. – С. 20-23. – 0,25/0,125 п.л.

33. Никишов С.И. Интеллектуальная маршрутизация логистических потоков / С. И. Никишов // Финансовая стратегия предприятий в условиях нестабильности экономики, Москва, 28 марта 2019 года. – Москва: Академия менеджмента и бизнес-администрирования, 2019. – С. 123-127. – 0,25 п.л.



34. Никишов С.И. Особенности адаптивно-интегрированной концепции логистики // Вопросы управления и экономики: современное состояние актуальных проблем: Сборник статей по материалам XVIII международной научно-практической конференции / С. И. Никишов. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Интернаука», 2018. – С. 50-53. – 0,25 п.л.

35. Никишов С.И. Совершенствование информационных потоков в логистике // Вопросы управления и экономики: современное состояние актуальных проблем: Сборник статей по материалам XV-XVI международной научно-практической конференции / С. И. Никишов. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Интернаука», 2018. – С. 60-63. – 0,25 п.л.

36. Никишов С.И. Интеллектуализация современной логистики // Эффективное управление предприятиями: синергия логистики и финансов, Москва, 06 декабря 2017 года / С.И. Никишов. – Москва: АНО «Академия менеджмента и бизнес-администрирования», 2017. – С. 97-101. – 0,25 п.л.

37. Никишов С.И. Инвестиции в логистическое обеспечение электронной коммерции // Финансовая стратегия предприятий в условиях нестабильности экономики: материалы Всероссийской научно-практической конференции, 15 марта 2017 г. / С.И. Никишов/под ред. Ю.В. Якутина – М.: АНО «Академия менеджмента и бизнес-администрирования», Москва, 2017. – С. 111-116. – 0,3 п.л.

38. Никишов С.И. Адаптивность электронных торговых услуг / С.И. Никишов // Национальная Ассоциация Ученых, Екатеринбург. – 2015. – № 5-1(10). – С. 93-95. – 0,25 п.л.

39. Никишов С.И. Электронные торговые услуги и их специфика // Актуальные вопросы экономики и современного менеджмента: Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции, Самара, 07 апреля 2015 года / С.И. Никишов. – Самара: Инновационный центр развития образования и науки, 2015. – С. 91-94. – 0,3 п.л.

40. Никишов С.И. Потокные торговые услуги в электронной коммерции / С. И. Никишов // Актуальные вопросы инновационной экономики. – 2015. – № 9. – С. 11-14. – 0,25 п.л.