

На правах рукописи



Никитин Дмитрий Владимирович

**МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ
МНОГОУРОВНЕВЫМИ ЛОГИСТИЧЕСКИМИ
ТРАНСПОРТНЫМИ ЭКОСИСТЕМАМИ**

Специальность 2.9.9. «Логистические транспортные системы»

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Москва – 2026

Работа выполнена на кафедре логистики и транспортно-технологических систем ФГБОУ ВО «Государственный университет управления»

Научный руководитель: Доктор технических наук, доктор педагогических наук, профессор
Карелина Мария Юрьевна

Официальные оппоненты: Доктор технических наук, доцент, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Жесткова Светлана Анатольевна;

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»
Ярков Сергей Александрович

Ведущая организация: **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова».**

Защита состоится «17» сентября 2026 года в 10:00 часов на заседании объединенного диссертационного совета 99.2.156.02 на базе ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», ФГБОУ ВО «Государственный университет управления» по адресу: 109542, Москва, Рязанский проспект, 99, корпус поточных аудиторий конференц-зал Научной библиотеки ГУУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках и на сайтах ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» <https://www.bstu.ru/> и ФГБОУ ВО «Государственный университет управления» <https://guu.ru/>. Объявление о защите и автореферат диссертации размещены на сайте ВАК при Минобрнауки России: <https://vak.minobrnauki.gov.ru>.

Автореферат разослан «____» июля 2026 г.

Ученый секретарь объединенного диссертационного совета



А.А. Акулов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Необходимость формирования логистических транспортных экосистем являются закономерным результатом развития современного индустриального техногенного общества. Само понятие экосистема является неотъемлемой частью концепции социотехнической и природной глобализации при организации современных процессов индустриального производства и предполагает активное взаимодействие взаимосвязанных закономерностей развития социума, биосферы и искусственного мира. По определению, транспорт, как элемент производственных отношений в «искусственном мире» играет важнейшую роль в современной тенденции интегративных изменений в общественном производстве и техносфере в целом в направлении формирования постиндустриального общества. Логистические транспортные системы, в свою очередь, являются ключевым элементом интеграции сложной системы транспортного производства, как внутри системы, так и по внешнему контуру взаимодействия с другими отраслями хозяйственного механизма государства. Таким образом, выстраивается иерархия взаимоотношений транспортных экосистем с внешней средой, активизирующей противоречивые интересы социального общества, государственных институтов управления, субъектов производства в рыночной экономике и т.д. Достичь эффективного состояния в сложной многоуровневой транспортной экосистеме в условиях возмущающего воздействия внешней среды и обладающей развитым внутрисистемным комплексом организационных и технологических структур невозможно при отсутствии системообразующих инструментов оптимизации структур управления. Под управлением в логистической транспортной экосистеме понимается преобразование больших объёмов информации, отражающей сложную инфраструктуру взаимодействия внешних и внутренних факторов, в действия по оценке эффективности субъектов транспортного производства и трансформации их взаимодействия для повышения эффективности системы в целом.

В современных условиях РФ структура управления транспортно-логистическими экосистемами формируется спонтанно в виде интеграционных информационно-аналитических систем, назначение которых интегрировать имеющуюся информацию о потребности в перевозках и согласовывать её с провозными возможностями транспортных предприятий, представляя информацию в виде цифровых сервисов. При этом модели поддержки принятия решений опираются на удовлетворение, в первую очередь, интересов субъектов транспортного производства – отдельных транспортных предприятий. В этом случае структура транспортного производства складывается бессистемно, носит хаотичный характер. Между тем логистическая транспортная экосистема предполагает упорядоченное взаимодействие, отвечающее интересам всех задействованных участников. Помимо интересов транспортных предприятий, это интересы социума, в части обеспечения требований экологической безопасности и доступности

транспортных услуг, интересы органов государственного управления, в части организации, развития и содержания транспортной инфраструктуры и обеспечения безопасности дорожного движения и т.д. Необходимость удовлетворять перечисленные интересы, а также повышать эффективность транспортного производства для обеспечения национальных экономических интересов, безопасности и суверенитета декларируется в распоряжении Правительства РФ от 03.11.2023 № 3097-р «Стратегическое направление в области цифровой трансформации транспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года».

Комплексное решение данных задач возможно только с применением объективных аналитических инструментов, позволяющих организовать эффективное управление в сложной многоуровневой информационной среде функционирования логистических транспортных экосистем. Для этого необходима разработка научно-обоснованных методов поддержки принятия решений, позволяющих находить сбалансированные решения, оптимизирующих структуру взаимодействия субъектов логистического транспортного производства, реализованных в отечественном программном обеспечении.

Степень разработанности проблемы. Методы управления транспортными системами как сложными организационно-техническими структурами активно исследовались, начиная с момента их возникновения и до настоящего времени как отечественными, так и зарубежными учеными. Большой вклад в развитие методов управления транспортным комплексом СССР и РФ и организации эффективных транспортных систем внесли отечественные ученые: Афанасьев Л.Л., Бронштейн Л.А., Бусленко, Н.П., Буслаев А.П. Вельможин А.В., Воркут А.И., Гаджинский А.М., Геронимус Б.В., Горев А.Э., Гудков В.А., Зырянов В.В., Лейдерман С.Р., Корчагин В.А., Курганов В.М., Лукинский В.С., Миротин Л.Б., Резер С. М. Цукерберг С.М. и др. За рубежом вопросам организации транспортно-логистических систем и взаимодействию различных видов транспорта посвящали свои научные труды: И. Ансофф, Э. Мате, Л. Дональд, Ф. Вуд, М. Кристофер, М. Дуглас, Д. Симчи-Леви, Д. Уотерс и др. Научные труды перечисленных ученых послужили фундаментальной базой данного исследования в части необходимости придерживаться строгих аналитических методов управления сложными транспортными системами и обязательного соответствия специфики применяемых методов условиям функционирования транспортных систем. Именно специфические особенности логистических транспортных экосистем такие как, наличие нескольких уровней управления в исследуемой системе, наличие противоречивого целеполагания субъектов управления, необходимость учета значительного влияния внешнего факторного пространства, необходимость обработки больших информационных потоков неструктурированных входных данных требует и развития, и разработки качественно новых методов управления логистическими транспортными экосистемами в современных условиях. Особую значимость при разработке

принципиально новых методов управления логистическими транспортными экосистемами придает активное развитие цифровых технологий, поэтому известные и разработанные ранее модели организации транспортного производства должны быть адаптированы к современным информационно-технологическим возможностям.

Целью исследования является разработка метода поддержки принятия решений, позволяющего реструктуризировать взаимодействие субъектов в многоуровневой логистической транспортной экосистеме.

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

1. Проанализировать состояние и направление развития логистических транспортных экосистем в РФ, выявить условия их функционирования, степень соответствия информационного состояния методам поддержки принятия решений, определяющих эффективность взаимодействия субъектов управления;
2. Проанализировать методологию выявления факторного пространства в сложных многоуровневых логистических транспортных экосистемах в условиях слабо коррелированных связей между измерителями эффективности транспортного производства;
3. Разработать оптимизационную математическую модель, определяющую структуру и топологию взаимодействия транспортных предприятий на уровне организации производственного процесса в многоуровневых логистических транспортных экосистемах;
4. Разработать алгоритмы и программное обеспечение, реализующие математическую модель управления структурой взаимодействия на уровне организации транспортного производства в многоуровневых логистических транспортных экосистемах;
5. Сформулировать метод поддержки принятия решений, позволяющий реструктуризировать структуру взаимодействия участников в многоуровневой логистической транспортной экосистеме в виде прикладных методик, определяющих последовательность действий и эффективность их применения для организации управления в информационных аналитических платформах транспортно-логистического производства.

Объектом исследования является логистическая транспортная экосистема грузовых перевозок.

Предметом исследования являются методы оптимизации структуры и топологии взаимодействия в логистических транспортных экосистемах, основанные на теории многоуровневых организационно-технических систем.

Научная гипотеза. Эффективность методологического обеспечения организации процессов управления в сложных многоуровневых системах определяется адекватностью математических инструментов условиям их функционирования. Особенностью условий функционирования современных транспортных систем является наличие слабо коррелированных связей между субъектами управления, обусловленного значительным влиянием внешнего

факторного воздействия и отсутствием устойчивых системообразующих связей во внутренней среде организации транспортного производства. Поэтому для создания эффективных логистических транспортных экосистем необходима разработка специальных методов имитационного моделирования, позволяющих обрабатывать большие объемы информации, отражающие сложную инфраструктуру взаимодействия внешнего и внутреннего факторного пространства и моделировать действия, направленные на оценку эффективности комплекса субъектов транспортного производства и трансформации их взаимодействия в направлении на повышение эффективности системы в целом.

Методологической основой исследования являются разработки отечественных и зарубежных ученых в области создания методов управления сложными системами, включающими в себя большое количество объектов управления и функционирующих в условиях активного влияния внешней среды. Для разработки методов управления в логистических транспортных экосистемах применялись базовые принципы теории многоуровневых сложных систем, теории принятия решений в условиях недостаточности информации и стохастической неопределенности, прикладные методы векторной оптимизации и имитационного моделирования.

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

- Пункту 1. «Организационно-технологические и управленческие структуры в логистических транспортных системах».
- Пункту 9. «Организационно-технологические решения в области интеллектуализации и цифровизации транспортно-логистических процессов, идентификации и мониторинга объектов и процессов».

Научная новизна исследования заключается в достижении следующих результатов:

1. Принцип организации устойчивых к внешнему факторному воздействию структур в многоуровневых логистических транспортных экосистемах, функционирующих в условиях неопределённости.
2. Математическая модель поддержки принятия решений, определяющая структуру и топологию взаимодействия транспортных предприятий на уровне организации производственного процесса в многоуровневых логистических транспортных экосистемах.
3. Алгоритм, позволяющий управлять структурой взаимодействия субъектов транспортного производства при организации работы многоуровневых логистических транспортных экосистем в виде информационно-аналитических платформ, реализуемый в цифровых сервисах.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке нового научно-обоснованного подхода, позволяющего создавать и управлять состоянием эффективности многоуровневых логистических транспортных экосистем с учётом специфических особенностей, таких как: наличие

нескольких уровней управления в исследуемой системе, наличие противоречивого целеполагания субъектов управления, необходимость учета значительного влияния внешнего факторного пространства, необходимость обработки больших информационных потоков неструктурированных входных данных.

Практическая значимость результатов исследования заключается в возможности:

- разработки программного обеспечения поддержки принятия решений, позволяющего реструктуризировать структуру взаимодействия субъектов в многоуровневой логистической транспортной экосистеме в виде прикладных методик, определяющих последовательность их действий в многоуровневых логистических транспортных экосистемах;
- внедрения интеллектуальных алгоритмов в ГИС, разрабатываемых в рамках реализации нацпроектов в целях оптимизации и повышение эффективности управления логистических транспортных экосистем.

Положения, выносимые на защиту:

1. Концептуальные основы развития информационно-аналитических платформ, как агрегаторов транспортного производства в логистических транспортных экосистемах в РФ.
2. Принципы организации устойчивых к внешнему факторному воздействию структур в многоуровневых логистических транспортных экосистемах.
3. Математическая модель, определяющая структуру и топологию взаимодействия транспортных предприятий на уровне организации производственного процесса в многоуровневых логистических транспортных экосистемах.
4. Методика, определяющая последовательность действий и эффективность разработанного метода организации управления в многоуровневых логистических транспортных экосистемах.
5. Результаты вычислительного эксперимента (апробации) метода организации управления в многоуровневых логистических транспортных экосистемах.

Личный вклад автора. Все основные разработки исследования, положенные в основу принципов организации устойчивых к внешнему факторному воздействию структур, функционирующих в условиях неопределённости; имитационной математической модели поддержки принятия решений, определяющую топологию взаимодействия транспортных предприятий на уровне организации производственного процесса; интеллектуальных алгоритмов управления структурой взаимодействия субъектов транспортного производства в информационно-аналитических платформах и реализуемых в цифровых сервисах принадлежат автору.

Степень обоснованности и достоверности исследования. Обоснованность исследования подтверждается анализом научных трудов

ученых, разрабатывавших фундаментальную основу аналитических методов управления сложными транспортными системами и многоуровневыми организационно-техническими системами, а также анализом многочисленных научных работ современных ученых, раскрывающих специфику функционирования логистических транспортных экосистем при активном развитии информационно-коммуникативных технологий.

Достоверность исследования обусловлена:

- применением фундаментальных законов системного анализа при выработке основных направлений научного исследования;
- применением основополагающей теории информационного взаимодействия для разработки методов решения многокритериальных задач, соответствующих характеру исследуемых процессов;
- результатами вычислительного эксперимента с применением разработанной математической модели поддержки принятия решений в информационных аналитических платформах, управляющих транспортным производством.

Апробация результатов. Основные положения и результаты исследования докладывались:

- на конференциях:

Международная научно-практическая конференция «Устойчивое развитие агропромышленного комплекса: инновации, технологии, образование»;

XVIII Международная научно-практическая конференция: «Научные исследования 2025»;

II Международная научно-практическая конференция: «Форум инноваций и передовых исследований».

- на заседаниях кафедр:

Кафедра управления транспортными комплексами ФГБУ ВО «Государственный университет управления» 6 мая 2025 года.

Реализация результатов работы. Значимость результатов диссертационного исследования определяется следующим:

1) Прикладные результаты диссертационного исследования внедрены в деятельность Транспортно-экспедиционной компании «ФККГруп», что документально подтверждено авторами о внедрении;

2) Результаты исследования применены в рамках крупного научного проекта «Обеспечение продовольственной безопасности страны на основе создания программно-аппаратных комплексов и интеллектуальных платформенных цифровых решений в сфере развития агропромышленных технологий полного жизненного цикла» (№124052400025-5 государственного учета НИОКТР) при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, соглашение № 075-15-2024-542;

3) Материалы диссертационного исследования внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Государственный университет управления», и использованы в процесс разработки рабочих программ учебных дисциплин по

образовательной программе подготовки бакалавров «Логистика и управление цепями поставок» (направление подготовки 38.03.02 «Менеджмент»), а также при преподавании дисциплин в учебном процессе при чтении курса «Управление логистическими системами в условиях цифровой экономики», «Информационные системы в логистике».

Публикации и патенты. Основные положения и результаты диссертационного исследования были опубликованы в 3 печатных работах, в том числе в 3 научных статьях в журналах, рецензируемых ВАК РФ по научной специальности 2.9.9 «Логистические транспортные системы».

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация содержит: введение, 4-е главы, заключение, список литературы из 108 наименований источников, отражающих уровень практического использования результатов исследования. Работа изложена на 141 странице основного машинописного текста.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность разработки исследования на тему «Метод оптимизации структуры управления многоуровневыми логистическими транспортными экосистемами», определены цель, объект и предмет исследования. Сформированы задачи диссертационного исследования и научная гипотеза, призванные устранить имеющиеся проблемы и противоречия практической и теоретической направленности при организации логистических транспортных экосистем.

В первой главе «Анализ современного состояния и тенденций в развитии методов управления логистическими транспортными экосистемами в РФ» выявлен ряд проблем, сопровождающих процесс организации и управления логистическими транспортными экосистемами в РФ:

1. Первая проблема заключается в отсутствии в настоящее время разработок в области моделирования процессов обработки информации, сопровождающей транспортное производство, и позволяющих говорить о наличии эффективной цифровой модели и возможности её практического применения. В современных реалиях РФ структура управления логистическими транспортными системами формировалась спонтанно в виде интеграционных информационно-аналитических систем, назначение которых интегрировать имеющуюся информацию о потребности в перевозках и согласовывать её с провозными возможностями транспортных предприятий, представляя информацию в виде цифровых сервисов. При этом, создаваемые модели поддержки принятия решений опираются на удовлетворение, в первую очередь, интересов субъектов транспортных производств – отдельных транспортных предприятий, а структура управления и логистика транспортного производства складывается бессистемно и хаотизировано.

2. Вторая проблема связана с функционалом высших уровней (уровнях межотраслевого взаимодействия и государственного регулирования)

в исследуемой среде и связана со сферой деятельности и локацией применения цифровых логистических транспортных экосистем. Анализ научных публикаций свидетельствует о необходимости комплексного подхода к формированию цифровых логистических транспортных систем, а задачи, которые необходимо решать, носят разноплановый характер: цифровизация транспортного производства межрегионального сообщения, цифровизация транспортного производства в международном сообщении и т.д.

3. Третья проблема – это отсутствие аналитических инструментов поддержки принятия решений в сложных многоуровневых открытых логистических транспортных экосистемах при наличии нескольких уровней управления в исследуемой системе, наличие противоречивого целеполагания субъектов управления, необходимость учета значительного влияния внешнего факторного пространства и необходимость обработки больших информационных потоков неструктурированных входных данных.

Во второй главе «Систематизация методов управления в логистических транспортных экосистемах:

1. Установлено, что в логистических транспортных экосистемах в условиях значительного влияния внешнего факторного пространства и наличия нескольких уровней управления классические методы корреляционного анализа в целях информационного моделирования применимы только на отдельных уровнях при описании функционала объектов транспортного производства, но полное структурирование связей в экосистемах требует разработки новых моделей, основанных на теории информационного взаимодействия объектов в сложной многоуровневой открытой системе.

2. Определено, что использование процедуры оценки, основанной на методе наименьших квадратов (МНК), предполагает обязательное удовлетворение ряда методологически обоснованных требований, ограничений и предпосылок, невыполнение которых может привести к значительным ошибкам. Особенно значимо данные ошибки будут проявляться при применении МНК как экстраполяционного метода прогнозирования состояний в сложных системах.

Перечисленные проблемы обозначают необходимость **адаптации методов корреляционного анализа к применению в структурах управления со слабыми корреляционными связями между измерителями транспортного процесса**. Решение данной проблемы возможно опираясь на методы векторной оптимизации исследуемых параметров в условиях неопределенности.

Сформируем задачу поиска наилучшего решения в сложной логистической системе как задачу максимизации значений коэффициентов корреляции на множестве возможных решений, определяемых условием неопределенности. Количество состояний исследуемой системы будем определять количеством исследуемых измерителей, так как между измерителями не выявлено устойчивой корреляционной связи. Тогда задача

поиска устойчивого состояния может быть определена в n -мерном пространстве возможных решений, где n будет тождественно количеству критериев целеполагания, а (m) количество объектов в исследуемой системе, на одном уровне.

$$\left\{ \begin{array}{l} k_1 = a_{11}r_{t_{x1}t_{x1}} + a_{12}r_{t_{x1}t_{x2}} + \dots + a_{1n}r_{t_{x1}t_{xn}} \rightarrow \max \\ k_2 = a_{21}r_{t_{x2}t_{x1}} + a_{22}r_{t_{x2}t_{x2}} + \dots + a_{2n}r_{t_{x2}t_{xn}} \rightarrow \max \\ \dots \\ k_m = a_{m1}r_{t_{xm}t_{x1}} + a_{m2}r_{t_{xm}t_{x2}} + \dots + a_{mn}r_{t_{xm}t_{xn}} \rightarrow \max \\ x_1 + x_2 + \dots + x_n = N \\ x_i = \begin{cases} N, i = j \\ 0, i \neq j \end{cases} \end{array} \right. \quad (1)$$

где a_i – заданные значения показателей критериев целеполагания;

$r_{t_{xm}t_{xn}}$ – переменное значение коэффициента корреляции тождественное вероятностной проявления при отдельных состояниях информационного пространства возможных решений.

Тогда множество значений коэффициентов корреляции при отдельных информационных состояниях пространства возможных решений можно представить в виде ограниченной области на рисунках 1 и 2.

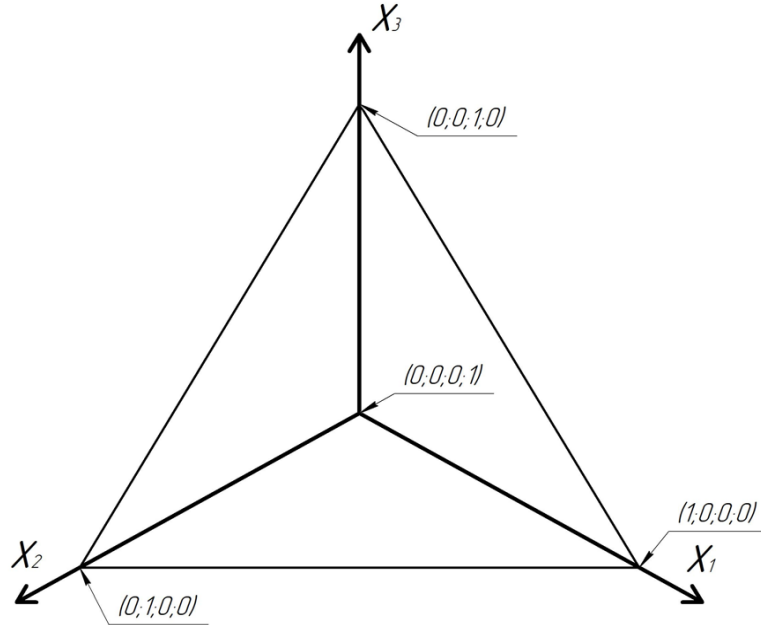


Рисунок 1 – Множество значений коэффициентов корреляции при отдельных информационных состояниях пространства возможных решений.

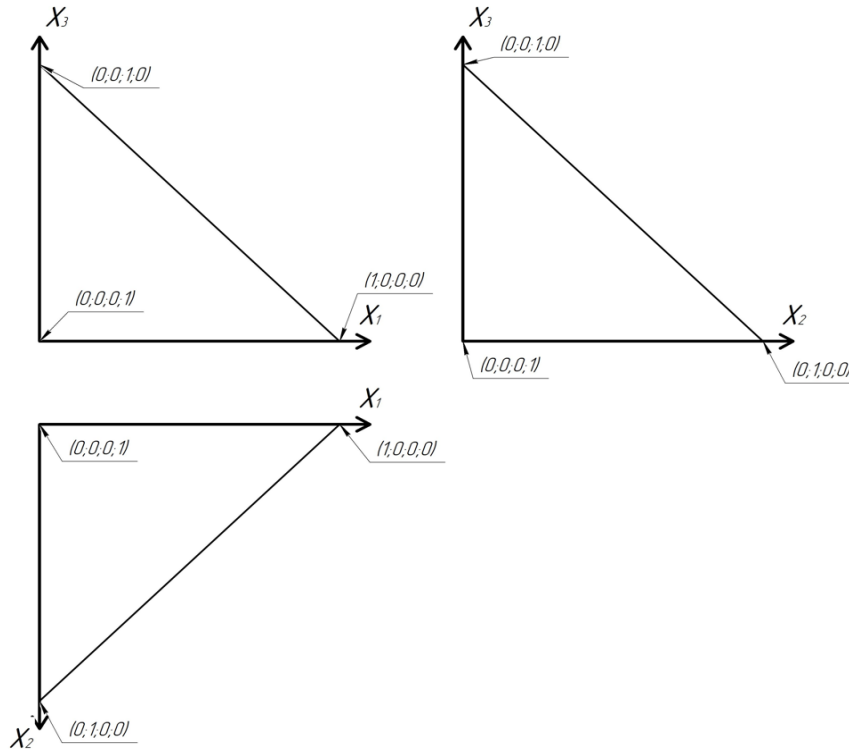


Рисунок 2 – Проекция множества значений коэффициентов корреляции при отдельных информационных состояниях пространства возможных решений.

Определено, что аналитически задача (1) может быть решена с помощью методов теории принятия решений в условиях неопределенности и опираясь на методологию теории игр с природой факторов

$$\left\{ \begin{array}{l} D_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} r_{t_{xm} t_{xn}} \rightarrow \max \\ \sum_{j=1}^n r_{t_{xm} t_{xn}} = 1 \\ 0 \leq r_{t_{xm} t_{xn}} \leq 1 \\ i = \overline{1, m-1} \end{array} \right. \quad (2)$$

В третьей главе «Разработка метода, определяющего топологию взаимодействия транспортных предприятий на уровне организации производственного процесса в многоуровневых транспортных экосистемах» представлен метод, основанный на «морфологическом» анализе структуры исследования изучаемого объекта. Алгоритм применения метода следующий.

Проблему разделяют на части, которые можно считать независимыми, а для каждой части находят максимальное множество решений или подходов.

На первом этапе выделяют наиболее важные аспекты, характеризующие проблему (объект исследования), которые впоследствии выступают в качестве оснований деления исследуемой системы: P_j .

Затем для каждого j -го аспекта проблемы выявляются возможные решения n_j^i – реализуемыми различными субъектами логистического транспортного производства (предприятиями).

Допустим, что возможных аспектов (переменных значений измерителей транспортного процесса) проблемы может быть m_j^i , где $j = 1 \dots m$, а возможных вариантов j -го аспекта (измерителя) k_j , то есть $P_j = 1, 2 \dots k_j$.

Тогда вся совокупность аспектов исследуемой проблемы и способов её решения может быть представлена в виде системы матриц (в виде морфологического множества):

$$\begin{aligned} &P_1(n_1^1, n_2^1, \dots, n_{k1}^1) \\ &P_2(n_1^2, n_2^2, \dots, n_{k1}^2) \\ &\dots \\ &P_n(n_1^m, n_2^m, \dots, n_{kn!}^m) \end{aligned} \quad (3)$$

Таблица 1 – Морфологический ящик вариантов принятия решений в логистической транспортной системе

Варианты решения	Аспекты решения			
	P_1	P_2	...	P_n
n_j^1	n_1^1	n_2^1	...	n_{k1}^1
n_j^2	n_1^2	n_2^2	...	n_{k1}^2
...	n_1^2	n_2^2	...	n_{k1}^2
n_j^m	n_1^m	n_2^m	...	$n_{kn!}^m$

В качестве альтернативных «комбинируемых» вариантов обозначим различные реализации эффективности каждой функции в специфических прикладных ситуациях, когда, применяя различные способы организации перевозки для перевозки одних и тех же объемов грузов могут быть достигнуты различные значения эффективности.

Инструментом для оценки эффективности является разработанный алгоритм принятия решений (1), максимизирующий значения коэффициентов корреляции в информационном пространстве возможных состояний логистической транспортной экосистемы. Тогда количество комбинируемых состояний исследуемой системы будем определять количеством исследуемых критериев (измерителей), так как между измерителями не выявлено устойчивой корреляционной связи. Обращаясь к методологии системного анализа, можно заключить, что понятие структура системы должно отражать не только конфигурацию её элементов, но и взаимосвязи составляющих сложные объекты подсистем и элементов во множестве присущих им взаимосвязанных свойств (характеристик) и функций. Призванное описывать иерархические структуры, это понятие также иерархично по содержанию и уточняется по мере детализации конкретной системы.

Наиболее полно концепцию облика (структуры) системы можно представить в виде граф-модели (рисунок 3).

На рисунке 3 вершинами графа являются: w_ξ – структура (облик) системы логистической транспортной экосистемы; v_ξ – совокупность подсистем и элементов; x_ξ – совокупность определяющих характеристик (параметров); φ_ξ – совокупность выполнимых функций; ξ – уровень иерархии.

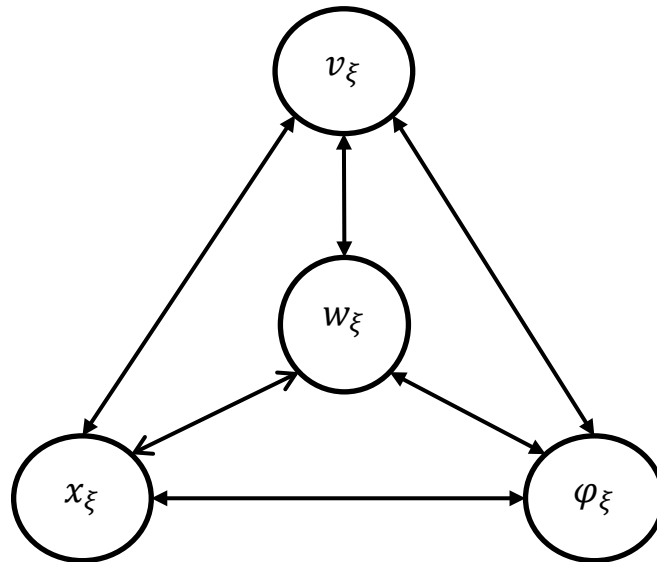


Рисунок 3 - Концепция иерархической структуры многоуровневой организационно-технической экосистемы.

Общая совокупность элементов, подсистем и связей v_ξ , x_ξ , φ_ξ совместно определяет облик организационно-технической системы на ξ – ом уровне иерархии её исследования.

$$w_\xi = \bigcup_{\xi=1}^K (x_\xi, v_\xi, \varphi_\xi) \quad (4)$$

где K – количество уровней иерархии в организационно-технической системе.

Естественным путем сокращения размерности данной задачи является сокращение её размерности или упорядоченности путем придания каждой морфологической ячейке некоторого веса относительно выбранного критерия предпочтения. Исходя из того, что в прогнозируемой системе, на этапе выбора совокупности предпочтительных альтернатив, такой критерий, как правило, задается в виде:

$$R = f(\alpha_j, r_j), \quad j = 1 \dots n, \quad (5)$$

где r_j – компоненты критерия предпочтения; α_j – вес компоненты критерия

$$\begin{cases} 0 \leq \alpha_j \leq 1 \\ \sum_{j=1}^N \alpha_j = 1 \end{cases} \quad (6)$$

то каждой альтернативе облика может быть поставлена в соответствии некоторая оценка приоритета (ранг) по показателю R .

Так как при прогнозировании возможного эффективного состояния задается некий новый уровень качества будущей системы, то выбор совокупности предпочтительных альтернатив должен вестись по компонентам (единичном критерии), которые учитывали бы фактор неопределенности, естественно, существующий на данном этапе разработки.

В качестве компонентов (единичных критериев) выбора предпочтительных альтернатив в логистической транспортной экосистеме применимы измерители эффективности транспортного производства, так как доказано отсутствие или наличие слабых корреляционных связей между

рядом основных измерителей транспортного процесса, определимого специфическими современными условиями организации перевозок.

Фактор неопределенности в исследуемой системе возникает в силу специфических особенности логистических транспортных экосистем, такие как: наличие нескольких уровней управления в исследуемой системе, наличие противоречивого целеполагания субъектов управления, необходимость учета значительного влияния внешнего факторного пространства, необходимость обработки больших информационных потоков неструктурированных входных данных и т.д.

Компонент неопределенности R характеризует специфику прогнозного исследования в целях формирования эффективного состояния логистической транспортной системы. Поэтому вероятностная составляющая является необходимым звеном, которое следует учитывать при формировании модели выбора оптимальной комбинации действий из представленных альтернатив.

Учитывая сказанное положение можно сформировать алгоритм работы модели упорядочивания структуры действий и связей в логистической транспортной экосистеме, то есть принцип работы оптимизационной модели, определяющий структуру и топологию взаимодействия транспортных предприятий на уровне организации производственного процесса в многоуровневых логистических транспортных экосистемах.

1. Формируется структура частных показателей функционала возможностей транспортных предприятий или общий морфологический ящик возможных решений на первом иерархическом уровне:

$$P_n = (P_1, P_2, \dots, P_n) \quad (7)$$

2. Производится оценка силы взаимодействия посредством определения коэффициентом корреляции (r) в пределах значений от -1 до $+1$.

3. По результатам оценки коэффициента корреляции исследуемые параметры агрегируются на параметры с невыявленным характером взаимодействия, параметрами со слабыми и сильным корреляционными связями. Для каждой из агрегируемых структур составляется отдельная морфологическая матрица на первом иерархическом уровне при соблюдении требования: количество исследуемых транспортных предприятий в каждой матрице должно быть одинаковым.

Таблица 2 – Результаты морфологического анализа возможных решений на 1-ом ($k = 1$) иерархическом уровне

Варианты решения	Аспекты решения				Результаты расчёта
	P_1	P_2	...	P_n	$\mathcal{E}_{k=1} = \mathcal{E}_{maxn!}$
n_{kj}^1	n_{k1}^1	n_{k2}^1	...	n_{kn}^1	$\mathcal{E}_{11}^1$
n_{kj}^2	n_{k1}^2	n_{k2}^2	...	n_{kn}^2	$\mathcal{E}_{11}^2$
...	n_{k1}^2	n_{k2}^2	...	n_{kn}^2	...
n_{kj}^m	n_{k1}^m	n_{k2}^m	...	n_{kn}^m	$\mathcal{E}_{1n}^m$

4. По результатам расчёта на 1-ом иерархическом уровне групп показателей, характеризующих эффективность транспортного производства отдельных транспортных предприятий, формируется морфологический ящик 2-ого иерархического уровня в исследуемой логистической транспортной системе, состоящих из результатов расчета на 1-ом уровне и показателей эффективности отраслевого или межотраслевого взаимодействия (таблица 3).

Таблица 3 – Морфологический ящик возможных решений на 2-ом ($k = 2$) иерархическом уровне

Варианты решения	Аспекты решения					Результаты расчёта
	$\mathcal{E}_{k=1(\max)}$	P_1	P_2	...	P_n	$\mathcal{E}_{k=2} = \mathcal{E}_{\max n!}$
n_{kj}^1	$\mathcal{E}_{21}^1$	n_{21}^1	n_{22}^1	...	n_{21}^1	$\mathcal{E}_{k1}^1$
n_{kj}^2	$\mathcal{E}_{21}^2$	n_{21}^2	n_{22}^2	...	n_{21}^2	$\mathcal{E}_{k1}^2$
...	...	n_{21}^2	n_{k2}^2	...	n_{21}^2	...
n_{kj}^m	$\mathcal{E}_{2n}^m$	n_{21}^m	n_{22}^m	...	n_{2n}^m	$\mathcal{E}_{kn}^m$

5. Далее производится оценка эффективности из $n!$ комбинаций решений в каждом морфологическом ящике 2-го уровня и выбираются максимальные значения $\mathcal{E}_{k=2} = \mathcal{E}_{\max n!}$. Если количество исследуемых измерителей транспортного производства и межотраслевого взаимодействия ограничивается двумя уровнями в исследуемой логистической транспортной системе, тогда расчёт заканчивается. Результатом расчёта является выбор для перевозки установленной партии груза предприятия, которое максимально удовлетворяет системные требования к организации данного вида грузовых перевозок.

Представленный алгоритм является научной основой для методологического обеспечения организации процессов управления в сложных многоуровневых системах, позволяющий отражать особенности условий функционирования современных транспортных систем: наличие слабо коррелированных связей между субъектами управления, значительное влияние внешнего факторного воздействия, отсутствие устойчивых системообразующих связей во внутренней среде транспортного производства.

Данный алгоритм является специальным методом имитационного моделирования, позволяющий обрабатывать большие объёмы информации, отражающие сложную инфраструктуру взаимодействия внешнего и внутреннего факторного пространства и моделировать действия, направленные на оценку эффективности комплекса субъектов транспортного производства и трансформации их взаимодействия в направлении на повышение эффективности системы в целом. Так как основу разработанной модели составляют формализованные математические процедуры, то расчёты легко реализуется в программном обеспечении (интерфейс ПО представлен на рисунке 4). Это особо значимо при разработке объективных методов управления логистическими транспортными экосистемами в контексте адаптации под новые информационные технологические возможности.

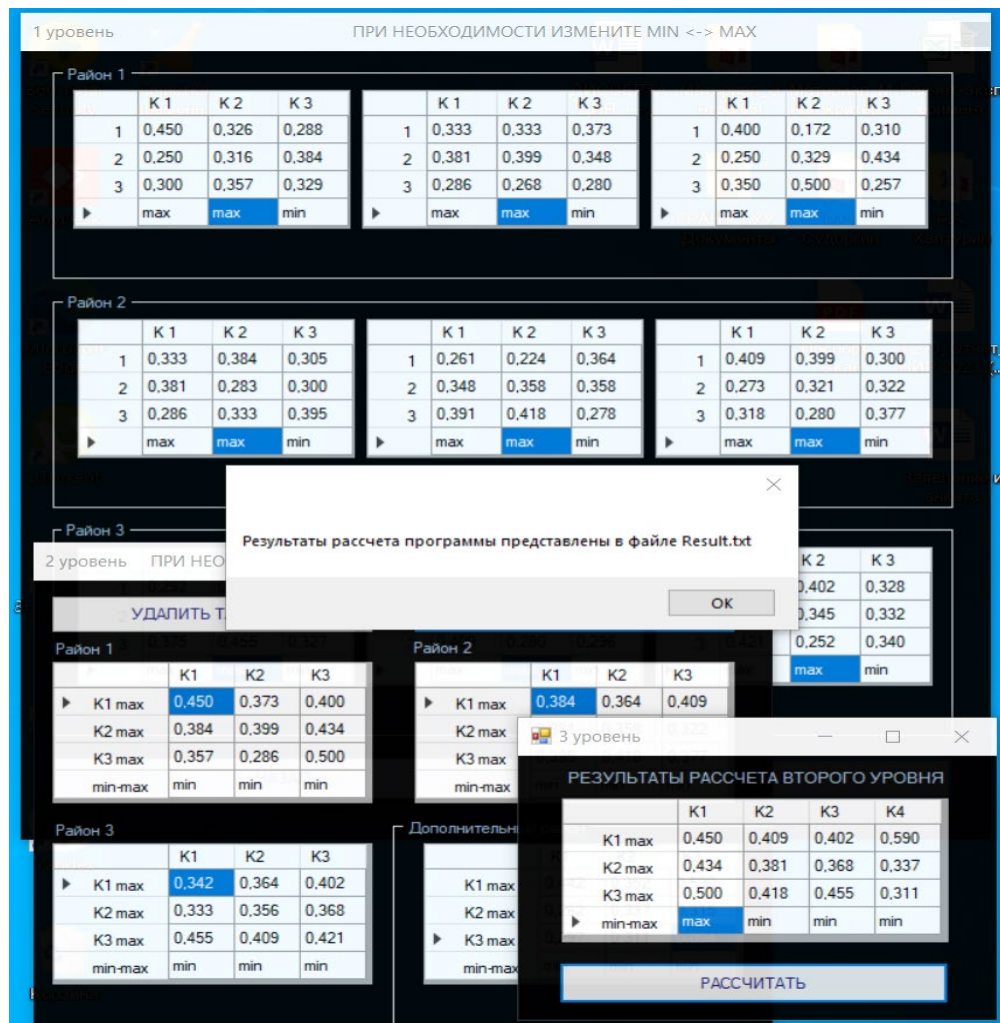


Рисунок 4 – Интерфейс полностью сформированной структуры многоуровневой ЛТЭС, состоящей из заданного количества измерителей эффективности транспортного производства.

Результаты расчётов формируются в виде отдельного файла данных, содержащего оценки эффективности всех возможных вариантов реализации транспортного производства на всем множестве комбинаторных информационных состояниях ЛТЭС на каждом уровне. Результаты расчёта анализируются в автоматическом режиме и дается рекомендация по применению оптимального варианта организации транспортного производства.

В четвертой главе «Апробация и оценка эффективности метода организации многоуровневых транспортных экосистем в информационно-аналитических платформах» произведена апробация разработанного метода. Сформируем исходные данные о работе 15-ти транспортно-логистических предприятий в межрегиональном (в пределах РФ) и международном сообщении (таблица 4).

Таблица 4 - Исходные данные о работе 15-ти транспортно-логистических предприятий в межрегиональном сообщении (тарно-штучные грузы).

№ транспортного предприятия	Длина маршрута, км	Затраты организации перевозок, тыс. руб.	Время доставки, сут.	Скорость доставки, км/сут.	Надежность при организации перевозок	Совершенная транспортная работа, тыс. тк-м	Объем партии груза, т	Коэффициент использования грузоподъемности.	Коэффициент использования грузоподъемности
1	823	31431	20,6	39,8	0,83	1414,24	1440	0,72	0,94
2	823	4524	12,5	65,4	0,94	1428,64	1440	0,71	0,94
3	823	21158	12,4	66,0	0,85	1414,24	1440	0,71	0,94
4	1100	2327	8,7	126,0	0,87	45,81	17	0,63	0,61
5	1100	2332	8,7	126,1	0,80	45,81	17	0,79	0,95
6	1137	2033	8,9	127,0	0,87	68,34	34	0,82	0,66
7	1100	2042	8,6	127,6	0,80	45,81	17	0,63	0,61
8	1100	2047	8,6	127,8	0,97	45,81	17	0,79	0,95
9	1100	2303	8,5	128,6	0,88	45,81	17	0,79	0,95
10	1137	1922	8,7	129,3	0,90	68,34	34	0,82	0,66
11	1100	2299	8,4	130,3	0,96	45,81	17	0,63	0,61
12	1137	1896	8,5	133,5	0,83	68,34	34	0,82	0,66
13	1137	2045	8,3	135,4	0,96	68,73	34	0,82	0,66
14	1137	1785	8,3	135,9	0,93	68,34	34	0,82	0,66
15	1137	1934	8,2	138,0	0,96	68,73	34	0,82	0,66

Рассмотрим два варианта организации работы (построения топологии взаимодействия транспортных предприятий) в транспортной системе.

Первый вариант предполагает организацию работы, когда отклик функции эффективности отдельного транспортного предприятия соответствует максимуму в количественных оценках на всем пространстве возможных комбинаций информационных ситуаций. В этом случае реализуется предлагаемый подход на основании комплекса решений в ЛТЭС.

Второй вариант предполагает организацию работы, когда выбор решения опирается на интересы отдельных объектов в системе функции. Данный подход, как правило, реализуется в современных реалиях организации транспортного производства. На уровне транспортного предприятия выбор решения опирается на приоритет измерителя затраты на транспортную работу, а на уровне клиента транспортных услуг формируется следующий приоритет предпочтения измерителей: время доставки, объем партии, надежность доставки.

На системном втором уровне принятия решений в первом случае решение также определяется исходя из максимума эффективности возможных решений, а во втором случае заложен приоритет предпочтения: транспортное предприятие, клиент транспортной услуги; интересы внешней среды. Ориентируясь на данные условия, из всего набора возможных комбинаций откликом функций были извлечены два набора данных эффективности для 15-транспортных предприятия (таблица 5) и (таблица 6).

Таблица 5 – Отклик функции эффективности отдельного транспортного предприятия, соответствующий максимуму в количественных оценках во всем пространстве возможных комбинаций.

ТП	Морфологический ящик		
	(1.1)	(1.2)	(2.1)
1	0,1700	0,3110	0,1240
2	0,1040	0,3110	0,1117
3	0,1030	0,3110	0,1117
4	0,0743	0,0467	0,0473
5	0,0743	0,0450	0,0580
6	0,0665	0,0470	0,0505
7	0,0773	0,0453	0,1240
8	0,0773	0,0385	0,0475
9	0,0743	0,0477	0,0590
10	0,0685	0,0483	0,0510
11	0,0740	0,0500	0,0478
12	0,0685	0,0473	0,0510
13	0,0650	0,0513	0,0500
14	0,0710	0,0507	0,0520
15	0,0670	0,0513	0,3640

Таблица 6 – Отклик функции, когда решение на уровне транспортного предприятия опирается на приоритет измерителя затраты на транспортную работу, а на уровне клиента транспортных услуг формируется следующий приоритет предпочтения измерителей: время доставки, объем партии, надежность доставки.

ТП	Морфологический ящик		
	(1.1)	(1.2)	(2.1)
1	0,0593	0,1705	0,2070
2	0,0477	0,1800	0,2070
3	0,0380	0,1800	0,2070
4	0,0845	0,0710	0,0447
5	0,0845	0,0710	0,0523
6	0,0800	0,0690	0,0483
7	0,0895	0,0720	0,0450
8	0,0895	0,0497	0,0518
9	0,0850	0,0730	0,0533
10	0,0850	0,0710	0,0488
11	0,0850	0,0740	0,0453
12	0,0860	0,0730	0,0485
13	0,0800	0,0750	0,0488
14	0,0920	0,0750	0,0498
15	0,0850	0,0750	0,1990

Для наглядности оценки результатов вычислительного эксперимента построим два графика, показывающих отклики функций эффективности производства транспортных предприятий (в количественных оценках по шкале абсцисс) на всех уровнях исследуемой логистической транспортной системы в первом случае (рисунок 4.10) и втором случае (рисунок 4.11) в

следующих принятых обозначениях: Морфологический ящик (1.1) – МЯ 1.1; Морфологический ящик (1.2) – МЯ 1.2; Морфологический ящик (2.1) – МЯ 2.1

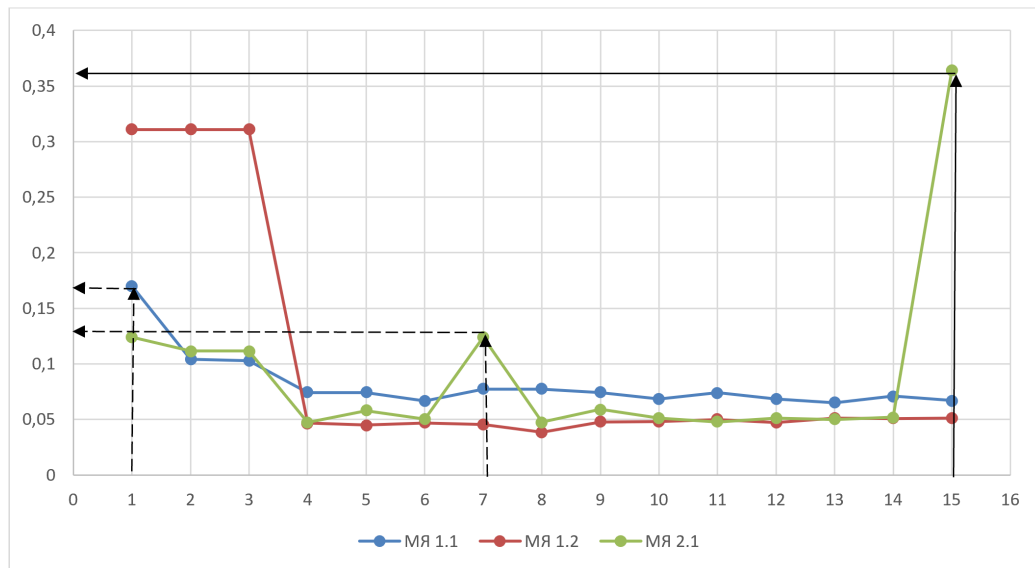


Рисунок 5– График функции отклика эффективности отдельного транспортного предприятия, соответствующий максимуму в количественных оценках во всем пространстве возможных комбинаций (в количественных оценках).

Первый график (рисунок 5) соответствует предлагаемому варианту организации производства (ЛТЭС). В соответствии с ним для выполнения транспортной работы следует привлечь транспортное предприятие с максимальной системной эффективностью 0,3640 в количественных оценках №15 (ТП 15).

Важно отметить еще одно наблюдение:

- Если следовать интересам транспортных предприятий (МЯ 1.1), тогда наиболее эффективным является предприятие ТП 1 (штриховая линия на рисунке 5);
- Если следовать интересам клиентов, тогда наиболее эффективным окажется предприятие ТП 7 (штриховая линия на рисунке 5);

Далее сравним полученные результаты с результатами функции отклика, когда решение на уровне транспортного предприятия опирается на только приоритет измерителя затраты на транспортную работу, а на уровне клиента транспортных услуг на приоритет предпочтения измерителей: время доставки, объем партии, надежность доставки (рисунок.6).

То есть с информационной ситуацией, доминирующей на рынке транспортных услуг в современных реалиях. Обозначим это состояние (ТС) – транспортная система.

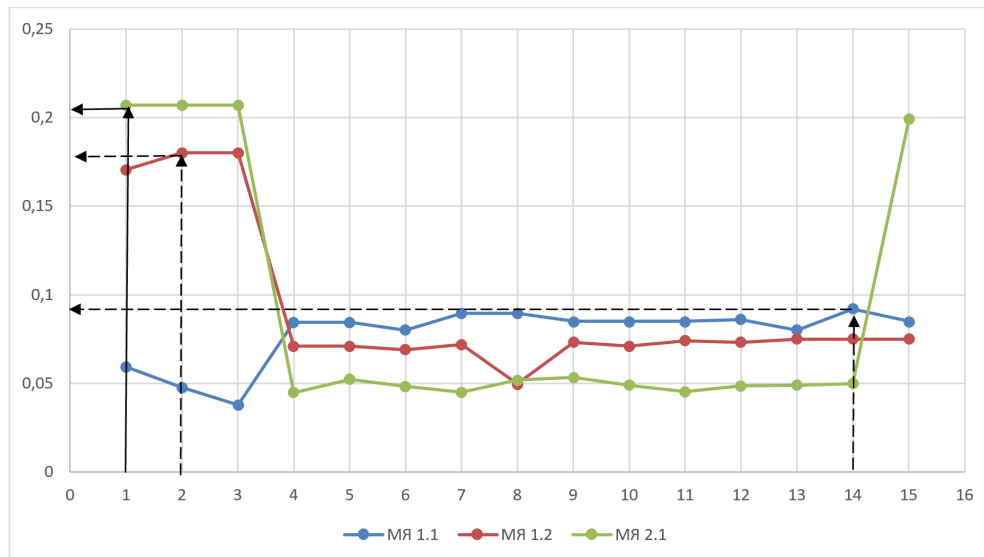


Рисунок 6 – График функции отклика эффективности отдельного транспортного предприятия, функции отклика, когда решение на уровне транспортного предприятия опирается на только приоритет измерителя затраты на транспортную работу, а на уровне клиента транспортных услуг на приоритет предпочтения измерителей: время доставки, объем партии, надежность доставки

Результаты сравнения на рисунке 6 отличаются по всем пунктам. В данном случае:

- Максимальной системной эффективностью обладает предприятие **ТП 1** с эффективностью (0,2070);
- Если следовать интересам транспортных предприятий (МЯ 1.1), тогда наиболее эффективным является предприятие **ТП 14** (0,0920);
- Если следовать интересам клиентов транспортных услуг, тогда наиболее эффективным окажется предприятие **ТП 2** (0,1800);

Сравнение полученных результатов говорит в пользу применения модели построения топологии взаимодействия транспортных предприятий на основе разработанного метода (информационная ситуация ЛТЭС), так как оценочные показатели возможной системной эффективности для отдельных предприятий выше.

Подтвердим этот тезис сравнением средневзвешенных оценок эффективности функционирования исследуемой транспортной системы для двух информационных ситуаций (рисунок 7):

ЛТЭС – в случае применения разработанного экосистемного подхода;

ТС – в случае отсутствия упорядоченного распределения объемом транспортной работы между субъектами транспортного производства.

Для этого введем понятия индекс экосистемной эффективности транспортного производства, определяемого в следующем виде для каждого морфологического ящика:

$$I_{\text{эс}} = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{\text{Э}_{\text{ЛТЭС}}}{m}}{\sum_{i=1}^m \frac{\text{Э}_{\text{ТС}}}{m}} \quad (4.1)$$

где $\text{Э}_{\text{ЛТЭС}}$ – эффективность комплекса транспортных предприятия при применении ЛТЭС (в количественных оценках);

$\mathcal{E}_{\text{ТС}}$ - эффективность комплекса транспортных предприятия в случае неупорядоченного взаимодействия (в количественных оценках).

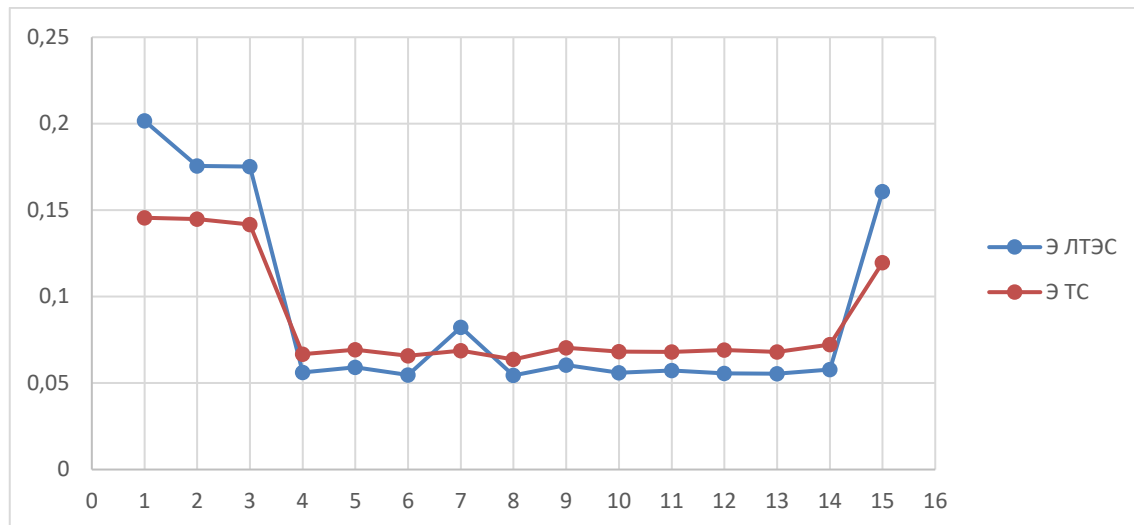


Рисунок 7 - Сравнение средневзвешенных оценок эффективности функционирования исследуемой транспортной системы для двух информационных ситуаций: ЛТЭС – в случае применяя разработанного экосистемного подхода; ТС – в случае отсутствия упорядоченного распределения объемом транспортной работы между субъектами транспортного производства.

Для исследуемой структуры данных

$$I_{\text{эс}} = \frac{4,0866}{3,9068} = 1,04$$

$$I_{\text{эс}} > 1$$

Индекс экосистемной эффективности транспортного производства показывает, как отразились произведенные изменения в структуре взаимодействия элементов исследуемой системы на её эффективности в рамках установленного набора критериев целеполагания и эмпирических значениях результативных значений показателей транспортного производства.

Если значение $I_{\text{эс}} > 1$, то реструктуризация взаимодействия объектов в исследуемой транспортной системе привела к положительному эффекту и можно говорить о том, что:

Во-первых, транспортная система обладает устойчивыми, закономерно определенными связями, то есть является логистической (управляемой) транспортной системой.

Во-вторых, при наличии объективного инструмента управления (разработанного научно-методического подхода, как совокупности математических моделей, программного обеспечения и методик их применения), позволяющего отражать и реагировать (реструктуризировать систему) на изменения внешнего факторного пространства, логистическая транспортная система обоснованно трансформируется в логистическую транспортную экосистему.

В-третьих, разработанный и реализованный в оригинальном ПО метод организации многоуровневых транспортных экосистем может быть применим в существующих и проектируемых в информационно-аналитических платформах организации транспортных систем в следующей парадигме. Современные информационно-аналитические платформы (ИАП) являются накопителем эмпирической информации о деятельности транспортных предприятий, не оптимизируют отраслевое транспортное производство на системном уровне распределения его функционала. Разработки данного исследования позволяет при их интеграции в состав ИАП трансформировать цифровые ИАП управления базами данных на отраслевом и межотраслевом уровне экономики РФ.

Значение индекса ($I_{эс} = 1,04$) говорит о повышении производительности исследуемой системы на 4%, если в систему включены 15 транспортных компаний. В диссертации исследовалась деятельность 53 компаний, в этом случае производительность повышается на 12,7%.

В заключении сформулированы основные выводы и приведены результаты исследования.

На основе выполненных исследований научного и практического характера разработан метод поддержки принятия решений, позволяющий реструктуризировать топологию взаимодействия субъектов в многоуровневой логистической транспортной экосистеме и моделировать действия, направленные на повышение эффективности системы в целом в условиях активного влияния внешнего и внутреннего факторного пространства.

Методологической основой исследования послужили разработки отечественных и зарубежных ученых в области создания методов управления сложными системами, включающих в себя большое количество объектов управления и функционирующих в условиях активного влияния внешней среды. Для разработки методов управления в логистических транспортных экосистемах применялись базовые постулаты теории многоуровневых сложных систем, теории принятия решений в условиях недостаточности информации и стохастической неопределенности, прикладные методы векторной оптимизации и имитационного математического моделирования.

Для достижения цели исследования решены следующие задачи:

1. На основе анализа состояния и направлений развития логистических транспортных экосистем в РФ выявлен ряд проблем, сопровождающий процесс их организации и управления: отсутствие в настоящее время разработок в области моделирования процессов обработки информации, сопровождающей транспортное производство и позволяющих говорить о наличии эффективной цифровой модели и возможности её практического применения; отсутствие комплексного подхода при решении разноплановых задач транспортного производства отраслевого и межотраслевого взаимодействия; отсутствие аналитических инструментов поддержки принятия решений в сложных многоуровневых открытых логистических транспортных экосистемах при наличии нескольких уровней

управления в исследуемой системе, наличие противоречивого целеполагания субъектов управления, необходимость учета значительного влияния внешнего факторного пространства и необходимость обработки больших информационных потоков неструктурированных входных данных.

2. Сформулирована модель задачи поиска наилучшего решения в сложной логистической транспортной экосистеме, как задачу максимизации значений коэффициентов корреляции на множестве возможных решений, определяемых условием неопределенности. Количество состояний исследуемой системы будем определять количеством исследуемых измерителей, так как между измерителями не выявлено устойчивой корреляционной связи.

3. На основе метода морфологического анализа разработана оптимизационная модель, предполагающая комбинаторное описание всех существующих и возможных состояний исследуемой системы с последующим поиском на этом множестве описания исследуемой, наиболее полно соответствующего поставленной цели и целям. Применение данной модели позволяет определять структуру и топологию взаимодействия транспортных предприятий на уровне организации производственного процесса в многоуровневых логистических транспортных экосистемах.

4. Разработаны алгоритм и ПО, систематизирующие структуру действий и связей в логистической транспортной экосистеме, основанные на специальных методах имитационного моделирования, позволяющие обрабатывать большие объемы информации, отражающие сложную инфраструктуру взаимодействия внешнего и внутреннего факторного пространства и направленные на оценку эффективности комплекса субъектов транспортного производства и трансформации их взаимодействия направленной на повышение эффективности системы в целом.

5. Разработан метод поддержки принятия решений, позволяющий реструктуризировать структуру взаимодействия субъектов в многоуровневой логистической транспортной экосистеме в виде прикладных методик, определяющих последовательность действий применения и эффективность его применения для организации управления в информационных аналитических платформах транспортно-логистического производства.

Для оценки результатов исследования было введено понятие индекс экосистемной эффективности транспортного производства, для оценки взаимодействия элементов исследуемой системы в рамках установленного набора критериев целеполагания и эмпирических значениях результативных значений показателей транспортного производства. На основании полученных аналитическим путем результатов вычислительного эксперимента были сделаны следующие выводы. Значение индекса ($I_{эс} = 1,04$) говорит о повышении производительности исследуемой системы на 4%, если в систему включены 15 транспортных компаний. В диссертации исследовалась деятельность 53 компаний, в этом случае производительность повышается на 12,7%.

Разработанный и реализованный в оригинальном ПО метод организации многоуровневых транспортных экосистем может быть применим в существующих и проектируемых в информационно-аналитических платформах организации транспортных систем в следующей парадигме. Современные информационно-аналитические платформы (ИАП) являются накопителем эмпирической информации о деятельности транспортных предприятий, не оптимизируют отраслевое транспортное производство на системном уровне распределения его функционала. Разработки данного исследования позволяет при их интеграции в состав ИАП трансформировать из цифрового ИАП управления базами данных на отраслевом и межотраслевом уровне экономики РФ.

ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных журналов ВАК РФ:

1. Никитин, Д. В. Модель управления многоуровневыми логистическими транспортными экосистемами / Д. В. Никитин, Н. В. Соловьев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1(97). – С. 77-85. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_1_77. – EDN KTOEUR.
2. Халтурин, Р. А. Цифровое моделирование системы распределения ресурсов в пассажирском транспортном комплексе / Р. А. Халтурин, Д. В. Никитин, И. Ю. Каштанов // Техник транспорта: образование и практика. – 2025. – Т. 6, № 3. – С. 301-308. – DOI 10.46684/2687-1033.2025.3.301-308. – EDN QSJER.
3. Судоргин Р.О., Акинъшин Н.С., Никитин Д.В., Соловьев Н.В. Гибридный подход к робастной оптимизации грузопотоков на основе синергии машинного обучения и аппарата теории принятия решений // Вестник Донецкой академии транспорта. – 2025. – № 4. – С. 146–165. – ISSN 3034-6681.

Научные статьи в изданиях РИНЦ и сборниках трудов научных конференций

1. Никитин, Д. В. Оптимизация структур управления в многоуровневых логистических транспортных экосистемах: аналитические подходы и подходы к моделированию / Д. В. Никитин // Научные исследования 2025 : Сборник статей XVIII Международной научно-практической конференции, Пенза, 05 сентября 2025 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2025. – С. 60-63. – EDN JJOWAJ.
2. Надарейшвили, Г. Г. Анализ основ энергоэффективной эксплуатации седельных тягачей на федеральных дорогах Российской Федерации с применением дистанционного мониторинга и прогнозирования / Г. Г. Надарейшвили, Д. В. Никитин, Н. М. Ганжа // Форум инноваций и

передовых исследований : Сборник статей II Международной научно-практической конференции, Пенза, 30 сентября 2025 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2025. – С. 27-32. – EDN WVCONV.

Свидетельства о государственной регистрации программ ЭВМ

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024618857 Российская Федерация. Программа для выбора оптимальной модели автобусов на множестве критериев качества эксплуатации : № 2024618126 : заявл. 17.04.2024 : опубл. 17.04.2024 / А. В. Подгорный, М. Ю. Карелина, А. А. Акулов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет управления». – EDN BQJASD.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025689756 Российская Федерация. Программное обеспечение управления многоуровневыми транспортно-логистическими экосистемами: № 2025689371 : заявл. 30.10.2025 : опубл. 30.10.2025 / Д.В, Никитин : заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)» . – EDN BQJASD.