

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УПРАВЛЕНИЯ»  
(ГУУ)

*На правах рукописи*



**Судоргин Роман Олегович**

**МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Специальность: **2.9.9. «Логистические транспортные системы»**

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени  
доктора технических наук

Научный консультант:  
доктор технических наук, профессор  
**Карелина Мария Юрьевна**

Москва – 2026

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ГЕНЕЗИС ПРОБЛЕМЫ И ПОИСК ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА В РФ.....	17
1.1 Обоснование необходимости научных разработок, направленных на систематизацию деятельности транспортно-логистических предприятий в РФ ...	17
1.2 Анализ концептуальных направлений путей повышения эффективности транспортно-логистической деятельности в РФ.....	40
1.2.1 Переход к цифровым технологиям, как инструмент снятия неопределенности в транспортно-логистической системе РФ .....	40
1.3 Обзор применяемых на практике методов оценки эффективности транспортно- логистического производства в РФ .....	57
Выводы по первой главе.....	73
2. СИСТЕМАТИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА В СТРУКТУРАХ РЕЙТИНГОВОГО ОЦЕНИВАНИЯ.....	77
2.1 Систематизация структуры методов оценки эффективного состояния транспортного логистического производства в контексте методологии прогностики .....	77
2.2 Исследование применяемых на практике методов экспертной оценки и прогнозирования при оценке эффективности логистических систем.....	93
2.3 Исследование методов и моделей решения многокритериальных задач определения эффективных решений в сложных логистических транспортных системах.....	113
2.3.1 Постановка задачи многокритериальной оптимизации в прикладных условиях транспортного производства.....	114
2.3.2 Анализ прикладных методов многокритериальной оптимизации логистических транспортных систем.....	121
Выводы по второй главе .....	143

3. РАЗРАБОТКА МЕТОДА СИНТЕЗА ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ В СИСТЕМЕ РЕЙТИНГОВОГО ОЦЕНИВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	146
3.1 Разработка концептуальных основ модели снятия неопределенности в системе рейтингового оценивания эффективности транспортно-логистического производства .....	146
3.2 Исследование возможностей энтропийного подхода для аналитического моделирования состояния эффективности в системе рейтингового оценивания	162
3.3 Разработка аналитической модели определения эффективности в системе рейтингового оценивания и сравнение полученных результатов с методами-аналогами решения многокритериальных задач .....	172
3.4 Разработка многоуровневой структуры системы рейтингового оценивания транспортно-логистических предприятий.....	181
Выводы по третьей главе.....	193
4. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ РЕЙТИНГОВОГО ОЦЕНИВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	197
4.1 Концептуальные основы программного обеспечения системы рейтингового оценивания предприятий транспортно-логистического производства.....	197
4.2 Разработка алгоритмов программного обеспечения системы рейтингового оценивания предприятий транспортного комплекса.....	223
4.3 Методика применения разработанного программного обеспечения системы рейтингового оценивания эффективности .....	234
Выводы по четвертой главе.....	249
5. АПРОБАЦИЯ МЕТОДОВ, МОДЕЛЕЙ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В СИСТЕМЕ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	252
5.1 Исходные данные для проведения вычислительного эксперимента по составлению рейтинга транспортно-логистических предприятий .....	252

5.2 Результаты проведения вычислительного эксперимента по оценке эффективности транспортно-логистических компаний.....	266
5.3 Анализ результатов вычислительного эксперимента и формирование рейтинга исследуемых транспортно-логистических предприятий .....	278
5.3.1 Определение рейтинга транспортно-логистических предприятий по видам деятельности .....	278
5.3.2 Определение коэффициентов относительной важности, определяющих влияние отдельных компаний на эффективность транспортно-логистического производства .....	282
5.3.3 Формирование рейтинга оценок транспортно-логистических предприятий в единой системе эффективности отраслевого производства .....	288
5.3.4 Разработка единого отраслевого индикатора рейтингового оценивания транспортно-логистических предприятий.....	291
Выводы по пятой главе.....	294
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	296
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	301
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	302
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	329
<i>Приложение А.</i> Индикаторы транспортной стратегии РФ до 2030 года в области экологической и дорожной безопасности транспортного комплекса .....	330
<i>Приложение Б.</i> Интерфейсы «результаты расчёта» на нижнем уровне иерархии СРО .....	331
<i>Приложение В.</i> Фрагмент файла «Вывод на печать» результатов расчёта на высшем уровне иерархии СРО .....	333
<i>Приложение Г.</i> Документы, подтверждающие практическую значимость исследования.....	334

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** Транспортно-логистическое производство, сформировавшиеся в РФ в 90—х годах прошлого века как сегмент рыночной экономики, претерпевает качественную трансформацию, обусловленную активным развитием цифровых технологий. Изначально транспортно-логистическое производство являлось естественным инструментом снятия неопределённости в транспортной системе РФ, вызванной отсутствием у государства с начала 90-х годов и до настоящего времени интересов, и, как следствие, эффективных инструментов управления товародвижением по территории РФ.

В условиях интенсификации товарных потоков транспортно-логистические предприятия становятся критически важным элементом обеспечения конкурентоспособности национальной экономики и отдельных хозяйствующих субъектов. Современные вызовы, включая цифровизацию бизнес-процессов, волатильность рынков, усложнение цепей поставок и ужесточение требований к скорости и качеству логистических услуг, требуют от транспортно-логистических предприятий постоянного совершенствования операционной деятельности и принятия обоснованных управленческих решений. Однако существующие подходы к оценке эффективности часто носят фрагментарный характер, акцентируя внимание на отдельных аспектах деятельности (финансовых, операционных или клиентских показателях) и не учитывая системные взаимосвязи между различными элементами логистической системы, что приводит к искажению реальной картины эффективности и принятию субоптимальных решений.

Разработка методологии системной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий позволит сформировать целостный инструментарий для комплексного анализа их деятельности с учетом специфики логистических процессов, многообразия заинтересованных сторон и динамичности внешней среды. Системный подход к оценке эффективности обеспечит возможность

выявления «узких мест» в логистических цепочках, оптимизации распределения ресурсов, согласования стратегических и оперативных целей, а также повышения адаптивности предприятий к изменениям рыночной конъюнктуры. Практическая значимость исследования определяется потребностью менеджмента транспортно-логистических компаний в научно обоснованных методах оценки результативности, которые могут стать основой для построения эффективных систем управления и обеспечения устойчивого развития предприятий в долгосрочной перспективе.

Экономические вызовы последних лет, определяемые геополитической нестабильностью, требуют от системы транспортно-логистического производства обладать свойством необходимого запаса устойчивости, то есть способностью к эффективному развитию при наличии значительного влияния дестабилизирующих внешних и внутренних факторов. В данной ситуации понятие эффективности транспортно-логистического производства должно расширяться от категории эффективности отдельного предприятия и от отождествления понятия «эффективность» с понятием «экономичность» к более широкому понятию «сбалансированная» или «комплексная эффективность», как способность достижения поставленных перед системой целей в контексте устойчивого развития не только отдельных ТЛК, но и всей экономики РФ. Способность к устойчивому развитию транспортно-логистического производства в соответствии с поставленными отраслевыми целями является декларативным условием, сформулированным в ряде документов Правительства РФ [1,2,3,4,5,6]:

– «Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, утверждённой Правительством РФ от 27 ноября 2021 года №3363-р [1].

– «Стратегические направления в области цифровизации транспортной отрасли Российской Федерации до 2030 г», утвержденные распоряжением Правительством РФ от 3 ноября 2023 г., № 3097-р [2].

Переход к цифровым технологиям позволяет вывести на новый качественный уровень методы решения задач по управлению транспортной отраслью. Можно сказать, что вся современная и будущая практическая и теоретическая деятельность в области отраслевого транспортного управления и эффективности производства – начиная от управления технологическими процессами перевозок и заканчивая управлением процессами организационной деятельности транспортно-логистическими компаниями - базируется на цифровых технологиях, в основу которых положены аналитические методы количественной оценки исследуемого функционала [7]. Подтверждением сказанному является проект создания Национальной цифровой транспортно-логистической платформы (НЦТЛП), разработчиком которой является Министерство транспорта РФ. С 1 марта 2026 года введен единый электронный реестр автоперевозчиков грузов «ГосЛог», функционалом которого является создание единой базы данных о грузоперевозчиках, транспортно-логистических компаниях и сведениях о перевозимых в стране грузах и интеграция НЦТЛП с аналогичными системами в Китае и Индии в целях эффективной организации транспортного производства. Одной из доминирующих задач НЦТЛП является формирование электронного рейтинга эффективности транспортно-логистических компаний, имеющего своей целью обеспечение объективными данными всех участников процесса транспортно-логистического производства [7]. Наибольшую сложность, по мнению экспертного сообщества, при создании НЦТЛП представляет процедура создания оригинальных, независимых от зарубежных разработок программных продуктов, математического и программного обеспечения моделей обработки больших данных, способных объективно оценивать текущее состояние и управлять эффективностью системы транспортно-логистического производства [7]. Это обстоятельство актуализирует задачу и обуславливает необходимость активного развития научно обоснованных прикладных математических методов системной оценки уровня эффективности отдельных предприятий как субъектов организации производства и объектов управления с целью сбалансированного и устойчивого развития транспортно-логистической системы РФ.

**Степень разработанности проблемы.** Основы теории в области исследования прикладных математических методов управления отраслями народного хозяйства в сложных экономических системах государственного уровня в СССР сформировали выдающиеся математики-экономисты Л.В. Канторович (лауреат Нобелевской премии) и С.С. Шаталин [8,9,10,11,12]. Они занимались разработкой программно-целевых методов стратегического планирования, положенных в основу концепции координационного взаимодействия в условиях устойчивой плановой экономики.

В 70-80-х прошлого века, когда устойчивая плановая экономика показала недостаточную гибкость и эффективность в условиях сложной структуры глобального производства, методы стратегического планирования исследовались и трансформировались отечественными учеными А.И. Анчишкиным В.М. Архиповым, О.С. Виханским, В.В. Леонтьевым, В.С. Рапопортом, Ю.В. Яременко и др. [13,14,15,16,17,18,19].

В своих научных трудах на основе общей теории сложных систем они разрабатывали методы повышения эффективности производства на основе принципов сбалансированного межотраслевого развития. Исследование фундаментальных законов развития сложных систем перечисленными отечественными и зарубежными учеными доказали:

1) что понятие «эффективность» не может ограничиваться измерителем экономической результативности и требует учета большого количества не финансовых показателей. Р.С. Каплан и Д.П. Нортон разработали концепцию «balanced scorecard», в соответствии с которой выбор стратегии эффективного управления должен опираться на решение многокритериальной задачи [20,21]. Многокритериальные модели определения эффективного состояния исследуемой системы были разработаны Ф. Эджворт, В. Парето и С. Смейлом [22] и совершенствовались В. Д. Ногиным, В.В. Подиновским, И.Г. Черноруцким, К. Дж. Эрроу, доказавшими, что данные модели имеют важнейшее прикладное значение для определения оптимума в сложных системах [23,24,25,26,27].

2) при принятии решения о применении того или иного метода оценки эффективности необходимо выявить уровень сложности исследуемой системы и определить, какое научное направление соответствует данному классу систем. Этапной работой в области развития общей теории систем и перехода к теории сложных систем (ТСС) считается исследование Хироки Саяма [28]. Согласно его исследованиям, в теориях сложных систем существует ряд научных направлений: теория игр, теория игр с природой, теория коллективного поведения, теория распределенных систем, теория нелинейной динамики и др., каждая из которых должна применяться в соответствии с уровнем сложности исследуемой системы, отождествляемым с уровнем информационной деградации (степенью неопределенности в системе).

3) в сложных системах управления присутствует значительная степень неопределенности. Вопросы снятия неопределенности в сложных системах исследовались в работах Р. Беллмана, А. Вильсона, Л. Заде, Н. Мартино, Т. Саати, А. Хедми, Р. Штойера и др. [29,30,31,32,33,34,35,36,37,38]. Ими разрабатывались фундаментальные теории и прикладные методы решения задач, позволяющие переводить состояния системы из неопределённого в стохастическое определенное.

Однако при решении прикладных задач по определению эффективности процессов управления в транспортно-логистических системах или определению эффективности ТЛК, как элементов этой системы, когда возникает потребность в синтезе новых программ развития отрасли, в РФ, как правило, применяются методы экспертного оценивания. Методы экспертного оценивания обладают высокой степенью субъективизма. Научно-обоснованная методология развития внутри- и межотраслевого взаимодействия требует разработки ряда экономико-математических моделей, основанных на аналитических методах принятия эффективных решений, адаптированных для решения актуальных задач инновационного развития и цифровизации деятельности в условиях недостаточности информации или неопределённого состояния среды. Повысить степень определённости, а, следовательно, получить достоверные оценки и

прогнозы по направлениям эффективного развития транспортно-логистической системы РФ возможно, оптимизируя все компоненты и направления деятельности и опираясь на цифровые базы данных, а также обладая навыками их обработки. Отсутствие научно-методологических разработок, позволяющих формировать процесс управления транспортно-логистическими системами, использующих в своей деятельности цифровые платформы, позволяет говорить о том, что проблема, стоящая в центре данного исследования, не решена или решена лишь частично.

**Целью диссертационного исследования** является разработка методологии системной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий, комплексно учитывающей целеполагание устойчивого развития сложной многоуровневой структуры внутри- и межотраслевого взаимодействия.

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

1. Обосновать актуальность и необходимость разработки методологии системной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий, комплексно учитывающей целеполагание устойчивого развития сложной многоуровневой структуры внутри и межотраслевого взаимодействия.

2. Разработать единые принципы и методы оценки эффективности транспортно-логистических предприятий для обеспечения репрезентативности и сопоставимости результатов оценки, учитывающие высокую степень неопределенности в исследуемой системе.

3. Разработать концепцию рейтинговой оценки эффективности транспортно-логистических предприятий, содержащей набор целевых функций и показателей, и являющейся инструментом оптимизации в модели управления сложной многоуровневой системы транспортной отрасли РФ.

4. Разработать аналитические инструменты (модель) оценки эффективности объектов в сложных системах, позволяющие координировать функционал их взаимодействия на различных иерархических уровнях в целях сбалансированного развития транспортной отрасли РФ.

5. Разработать алгоритмы и программное обеспечение, реализующие в цифровом формате модель разработанной рейтинговой оценки эффективности транспортно-логистических предприятий.

6. Произвести численный эксперимент, апробирующий количественную оценку, сравнение и анализ эффективности транспортно-логистических предприятий в целях формирования электронного рейтинга, обеспечивающего объективными данными объекты и субъекты системы транспортно-логистического производства в РФ.

7. Разработать индикаторы эффективности транспортно-логистического производства и методики их применения, реализуемые в цифровых технологиях и независимое от субъективных методов экспертного оценивания.

**Объектом исследования** является система оценки эффективности транспортно-логистических предприятий в сложной многоуровневой структуре транспортно-логистического производства, балансирующая противоречивое целеполагание на межотраслевом уровне взаимодействия.

**Предметом исследования** являются методы многокритериальной оценки эффективности объектов в сложных многоуровневых организационных системах управления, позволяющие оптимизировать состояние системы в условиях стохастической неопределенности количественных и разнородности качественных сравниваемых показателей.

**Научная гипотеза.** Решение научной проблемы объективной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий возможно с применением энтропийного подхода, суть которого сводится к разработке антиэнтропийных инструментов. Назначение антиэнтропийных инструментов – снижение энтропии (меры неопределенности) в исследуемой системе. Основным инструментом энтропийного подхода является теория принятия решений, основанная на моделях теории игр. Учитывая сложность информационного пространства исследуемой открытой системы, то есть подверженной значительному влиянию внешнего факторного пространства, для решения задач исследования следует использовать теорию игр с природой (факторов). Особенностью теории игр с природой факторов,

обуславливающей её применение, является возможность разработки моделей принятия решений в условиях неопределенности, то есть когда значения показателей эффективности исследуемых процессов функционирования транспортно-логистических компаний не подчиняется вероятностным законам распределения случайных величин.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

1. Разработана и формализована структура многоуровневой сложной многокритериальной системы управления эффективностью транспортно-логистических предприятий, обеспечивающая баланс противоречивого целеполагания внутри- и межотраслевого взаимодействия транспортно-логистического производства.

2. Разработан метод определения оптимальных значений показателей эффективности транспортно-логистических предприятий при прогнозировании и планировании деятельности транспортно-логистических предприятий, основанный на теории игр с природой

3. Разработана математическая модель определения весовых коэффициентов значимости показателей рейтинговой оценки эффективности транспортно-логистических предприятий, максимально снимающая неопределенность в системе транспортно-логистического производства

4. Разработаны алгоритмы управления состоянием эффективности в многоуровневой сложной системе транспортно-логистического производства, позволяющие обрабатывать большие данные, используемые в национальных цифровых транспортно-логистических платформах.

**Теоретическая значимость.** Разработанная методология системной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий формирует теоретическое обоснование построения системы разнородных показателей эффективности, соответствующих различным уровням управления транспортно-логистического производства в РФ в целях устойчивого развития внутри- и межотраслевого взаимодействия.

**Практическая значимость** диссертационного исследования заключается в создании оригинального программного обеспечения обработки больших данных, методик по его применению, внедрение которых позволяет объективно оценивать эффективность транспортно-логистических предприятий для выявления текущего состояния и прогнозирования транспортно-логистического производства в РФ.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Концепция рейтинговой оценки эффективности транспортно-логистических предприятий, основанная на введении нового понятия «транспортно-логистическое производство» (ТЛП).

2. Аналитическая модель получения переменных значений весовых коэффициентов текущих показателей ТЛП, удовлетворяющих качеству, декларируемому в границах СРО, и определяющих более высокие значения системной эффективности.

3. Алгоритмы и программное обеспечение, позволяющие реализовать в цифровом формате модель разработанной рейтинговой оценки эффективности транспортно-логистических предприятий.

4. Результаты вычислительного эксперимента по применению методологии системной рейтинговой оценки компаний ТЛП.

5. Электронный рейтинг, обеспечивающий объективными данными системы транспортно-логистического производства в РФ.

6. Универсальный единый отраслевой индикатор рейтингового оценивания транспортно-логистического производства (ЕИРО).

**Область исследования** соответствует паспорту научной специальности 2.9.9. «Логистические транспортные системы», а именно:

– 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»;

– пункту 11 «Обеспечение технологии взаимодействия элементов в многоуровневых иерархических транспортно-логистических системах, включая вопросы нормативно-правового и таможенного регулирования, экспедирования грузов».

**Личный вклад автора.** Основные идеи, положенные в основу методологии системной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий, комплексно учитывающей целеполагание устойчивого развития сложной многоуровневой структуры внутри- и межотраслевого взаимодействия, принадлежат автору.

**Степень достоверности проведенных исследований** обоснована применением:

- 1) общей теории систем, теории сложных систем, то есть апробированных методов системного анализа,
- 2) использованием современного математического аппарата теории игр с природой факторов для решения оптимизационных задач исследования,
- 3) теории многоуровневых систем и методов векторной оптимизации для определения коэффициентов значимости исследуемых показателей,
- 4) проведением численного эксперимента, подтвердившего снятие неопределённости (снижение энтропии) в исследуемой системе,
- 5) отсутствием противоречий с ранее проводимыми исследованиями другими учеными по данной тематике,
- 6) публикациями автора в рецензируемых изданиях из перечня, размещенного на официальном сайте ВАК, и в научных изданиях, индексируемых в международной базе научного цитирования Scopus.

**Реализация результатов работы.** Результаты исследования внедрены в учебный и производственный процесс следующих организаций:

- 1) ФГБОУ ВО Государственный университет управления
- 2) ООО «Байт-Транзит-Континент»
- 3) ООО «Компания Скиф-Карго»
- 4) ООО «ЛогистБизнесИнтернешнл»

5) ООО «Балтийская Сервисная Компания»

**Апробация работы.** Результаты исследования доложены, обсуждены и одобрены на международных конференциях:

1) VII Международная научно-практическая конференция «НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ 2026», 5 июня 2026 года, МЦНС «Наука и Просвещение»

2) VII Международная научно-практическая конференция «АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ», 5 июня 2026 года, МЦНС «Наука и Просвещение»

3) Международная научно-практическая конференция «ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ» - ИИТТ'2026, 18 - 20 марта 2026 года, Липецкий государственный технический университет

4) Международная научно-техническая конференция «Транспортные и транспортно-технологические системы», 9 - 10 апреля 2026 года, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» Технологический институт

5) IV Международная научно-практическая конференция «Цифровые технологии в транспортной отрасли: опыт и перспективы», 23 апреля 2026 года, Санкт-Петербург

6) Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, 12-14 March 2025

7) Systems of signals generating and processing in the field of on Board communications 12-14 March 2024

8) Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex (TIRVED) 13-15 Nov. 2024

9) IV КОНГРЕСС МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ 2024, 27-29 ноября 2024 года, ФТ Сириус

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 17 научных работ общим объемом 1 печатный лист. Из них 12 научных работ опубликовано в рецензируемых изданиях из перечня, размещенного на официальном сайте ВАК.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем диссертации составляет 339 страниц машинописного текста, включающего 84 рисунка и 47 таблиц. Библиографический список содержит 255 наименований.

# 1. ГЕНЕЗИС ПРОБЛЕМЫ И ПОИСК ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА В РФ

## 1.1 Обоснование необходимости научных разработок, направленных на систематизацию деятельности транспортно-логистических предприятий в РФ

Транспортно-логистический комплекс выступает системообразующим элементом национальной экономики, обеспечивая интеграцию производственных, распределительных и сбытовых процессов в единую цепь создания стоимости. Эффективность функционирования данного сектора определяет не только конкурентоспособность отдельных хозяйствующих субъектов, но и макроэкономическую динамику страны в целом. Однако анализ современного состояния транспортно-логистического сектора Российской Федерации свидетельствует о наличии существенных структурных дисбалансов и системных проблем, препятствующих его устойчивому развитию.

Объективная оценка эффективности транспортно-логистической деятельности требует комплексного анализа статистических показателей, характеризующих динамику отрасли в долгосрочной перспективе. Данные Федеральной службы государственной статистики и Министерства транспорта Российской Федерации позволяют идентифицировать ключевые тренды и противоречия в развитии транспортного сектора. Согласно официальной статистике Росстата [39], за период с 2001 по 2023 год наблюдались следующие изменения базовых показателей транспортной деятельности:

Грузооборот всех видов транспорта увеличился с 3753,5 до 5551,0 миллиардов тонно-километров, что соответствует приросту в 47,8 процентов. Данный показатель отражает совокупный объем транспортной работы, выполненной всеми видами транспорта в стране, и характеризует интенсивность использования транспортной инфраструктуры.

Общий объем перевозок за аналогичный период возрос с 8200,04 до 9059,2 миллионов тонн, что представляет собой прирост лишь на 10,4 процента. Столь незначительное увеличение объемов перевозок при существенном росте грузооборота указывает на структурные изменения в характере транспортной работы и требует детального анализа.

Особого внимания заслуживает динамика показателей автомобильного транспорта, играющего ключевую роль в обеспечении внутренних грузовых перевозок и характеризующегося максимальной гибкостью в организации логистических процессов. Статистические данные за период с 2001 по 2023 год демонстрируют следующие тенденции:

Грузооборот автомобильного транспорта увеличился с 159,9 до 362,2 миллиардов тонно-километров, показав рост на 126,5 процентов. Это свидетельствует о значительном расширении географии автомобильных перевозок и увеличении средней дальности транспортировки грузов автомобильным транспортом.

Объем перевозок автомобильным транспортом возрос с 6125,3 до 6491,2 миллионов тонн, что составляет прирост всего лишь на 5,9 процента [39]. Столь минимальное увеличение объемов перевозок при кратном росте грузооборота указывает на существенные проблемы в организации автотранспортной деятельности.

Для корректной интерпретации приведенных данных необходимо сопоставить динамику развития транспортного сектора с общеэкономическими показателями. Реальный внутренний валовой продукт Российской Федерации за исследуемый период с 2001 по 2023 год увеличился с 8 триллионов 943,6 миллиардов рублей до 171 триллиона 041,0 миллиардов рублей, что соответствует двадцатикратному росту в реальном выражении [40]. При этом доля транспортного сектора в структуре ВВП остается относительно стабильной на уровне 8-10 процентов с 1992 года по настоящее время [41].

Критический анализ представленных статистических данных позволяет выявить ряд системных противоречий и негативных тенденций в развитии транспортно-логистического комплекса Российской Федерации.

Первое существенное противоречие проявляется в диспропорции между темпами роста грузооборота и объемов перевозок. Разница в динамике этих показателей для транспортной системы в целом составляет 37,4 процентных пункта (47,8% против 10,4%), что свидетельствует о прогрессирующем снижении эффективности использования провозных возможностей транспортной системы. Данная тенденция указывает на то, что для перевозки условной единицы груза требуется привлечение все большего объема ресурсов: материально-технических, энергетических, трудовых и финансовых.

Снижение эффективности транспортной деятельности проявляется в ухудшении ключевых операционных показателей, характеризующих качество использования подвижного состава. К таким показателям относятся коэффициент использования пробега, коэффициент использования грузоподъемности, удельная производительность единицы подвижного состава [42,43,44,45,46,47]. Деграция данных показателей свидетельствует о неэффективной организации транспортного процесса и его логистической составляющей, что приводит к избыточному расходованию ресурсов на содержание и эксплуатацию транспортной инфраструктуры и парка подвижного состава.

Потенциальным объяснением наблюдаемого разрыва между динамикой грузооборота и объемов перевозок могло бы служить значительное увеличение средней дальности перевозки грузов. Однако данные Аналитического центра при Правительстве Российской Федерации опровергают данную гипотезу. Согласно результатам анализа, в среднем за пятилетний период средняя дальность перевозки грузов всеми видами транспорта увеличивается лишь на 5-6 процентов. При этом дифференциация по видам транспорта показывает, что на железнодорожном транспорте средняя дальность возрастает примерно на 10 процентов, тогда как на автомобильном транспорте данный показатель увеличивается всего на 3-4 процента.

Относительно низкий рост средней дальности автомобильных перевозок объясняется структурными особенностями развития экономики и расселения населения. Наряду с увеличением объемов междугородних грузовых автомобильных перевозок происходит интенсификация грузопотоков внутри растущих агломераций крупнейших городов: Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска, Екатеринбурга и других региональных центров. Урбанизация и рост городских агломераций генерируют значительные объемы локальных перевозок, что компенсирует увеличение дальности магистральных перевозок и стабилизирует средний показатель на относительно низком уровне.

Совокупность представленных данных позволяет сформулировать вывод о преимущественно экстенсивном характере развития транспортной отрасли Российской Федерации. Экстенсивное развитие характеризуется увеличением объемов производства преимущественно за счет количественного расширения используемых ресурсов при отсутствии качественных улучшений в эффективности их использования. Интенсивный путь развития, напротив, предполагает рост производительности на основе технологических инноваций, совершенствования организации производственных процессов и повышения квалификации персонала.

Второе системное противоречие выявляется при сопоставлении темпов развития транспортной отрасли и экономики в целом. Двадцатикратный рост реального ВВП при увеличении объема перевозок всего на 10,4 процента свидетельствует о критическом несоответствии производительности транспортного сектора потребностям развивающейся экономики. Данная диспропорция указывает на формирование структурного дефицита транспортных услуг, когда спрос на транспортное обслуживание систематически превышает предложение.

Дисбаланс между спросом и предложением на рынке транспортных услуг порождает каскад негативных последствий для всей экономической системы. Превышение спроса над предложением приводит к снижению качества транспортного обслуживания, что проявляется в несоблюдении нормативных сроков доставки грузов. На рисунке 1.1 представлены данные о доле отправок,

доставленных в нормативный или договорной срок, с дифференциацией по видам транспорта и прогнозом до 2030 года.



Рисунок 1.1 – Доля отправок, доставленных в нормативный (договорной) срок в сравнении на железнодорожном и автомобильном видах транспорта, %.

Источник: [48].

Статистика свидетельствует, что на автомобильном транспорте доля своевременно доставленных отправок не превышает 35 процентов, что представляет собой критически низкий уровень надежности логистических услуг. Систематическое нарушение сроков доставки приводит к нарушению производственных циклов у грузополучателей, увеличению страховых запасов, росту логистических издержек и, как следствие, к повышению себестоимости конечной продукции.

Дефицит качественных транспортных услуг в условиях превышения спроса над предложением закономерно приводит к росту тарифов на транспортное обслуживание. Повышение стоимости транспортных услуг транслируется во все звенья цепи создания стоимости и в конечном итоге приводит к увеличению общей себестоимости товарного производства, снижению конкурентоспособности отечественной продукции и инфляционному давлению на экономику.

Парадоксальная ситуация формируется на макроэкономическом уровне: при относительно стабильной доле транспортного сектора в структуре ВВП (8-10 процентов) и незначительном росте физических объемов перевозок, транспортная отрасль абсорбирует все возрастающий объем ресурсов из других секторов

экономики. Данная тенденция отражает низкую производительность использования ресурсов в транспортном секторе и указывает на необходимость структурных реформ.

Перспективы развития транспортной отрасли в контексте реализации стратегии импортозамещения и наращивания внутреннего производства предполагают дальнейшее увеличение транспортных потоков. Можно прогнозировать, что в среднесрочной перспективе при сохранении текущих тенденций экономического развития и активизации промышленного производства темпы роста транспортной отрасли должны будут приблизиться к темпам роста ВВП для предотвращения формирования критических инфраструктурных ограничений экономического развития.

Стратегическая важность развития транспортной инфраструктуры осознается на государственном уровне, что находит отражение в бюджетном планировании. В структуре федерального бюджета на 2025-2027 годы государственная программа «Развитие транспортной системы» занимает четвертое место по объему финансирования с совокупным объемом ассигнований 4,8 триллиона рублей (рисунок 1.2 а и б) [102].

## НАИБОЛЕЕ ЗАТРАТНЫЕ ГОСПРОГРАММЫ НА 2025–2027 ГОДЫ (ТРЛН РУБ.)

ИСТОЧНИК: МИНФИН.



Рисунок 1.2 (а) – Структура расходов бюджета РФ на 2025 год (трлн. руб.).

Источник: [102].



Рисунок 1.2 (б) – Расходы по национальным проектам на 2025 г. (млрд. руб.). Источник: [102].

Масштабное государственное финансирование развития транспортной системы налагает особую ответственность за эффективное использование бюджетных средств. В условиях ограниченности финансовых ресурсов государства неэффективное расходование средств в транспортном секторе влечет за собой недофинансирование других критически важных направлений социально-экономического развития. Поэтому актуализируется задача разработки научно обоснованных методов оценки эффективности транспортно-логистических предприятий для обеспечения рационального распределения инвестиций и достижения целевых показателей государственных программ.

Наиболее остро проблема неэффективности проявляется в секторе автомобильных грузовых перевозок. Если разрыв между темпами роста грузооборота и объемов перевозок в целом по транспортной системе составляет 3-4 значения, то в сегменте автомобильного транспорта это отставание достигает приблизительно двадцати значений (126,5% против 5,9%). Столь драматическое расхождение позволяет квалифицировать состояние подсистемы автомобильных грузовых перевозок как критически неэффективное и требующее комплексной реструктуризации.

Научное сообщество уделяет значительное внимание выявлению и анализу причин неудовлетворительного состояния сектора грузовых автомобильных перевозок. Масштабное исследование, проведенное международной консалтинговой компанией Ernst & Young Global Limited, было направлено на идентификацию факторов, сдерживающих развитие грузовых автомобильных перевозок в Российской Федерации [48]. В рамках исследования был проведен опрос представителей бизнеса, работающих в сфере автотранспортных услуг, результаты которого систематизированы на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 – Результаты опроса респондентов о факторах, сдерживающих развитие грузовых автомобильных перевозок в РФ. Источник: [48].

Анализ результатов опроса выявляет следующую иерархию сдерживающих факторов. На первом и втором местах по степени негативного влияния на эффективность грузовых автомобильных перевозок располагаются факторы «низкая прозрачность рынка» и «демпинг недобросовестных перевозчиков». Третью позицию занимает фактор «высокая фрагментированность рынка автомобильных грузоперевозчиков».

Ключевое значение имеет то обстоятельство, что все три доминирующих сдерживающих фактора относятся к единой категории проблем, связанных с организационной структурой рынка автомобильных грузовых перевозок. Данные факторы отражают характер структурной организации отрасли, которая может быть охарактеризована либо как системная, обеспечивающая эффективное функционирование, либо как бессистемная, фрагментированная, препятствующая повышению производительности.

Детальное исследование организационной структуры и качественного состава автотранспортного сектора Российской Федерации представлено в работах отечественных исследователей [50,51]. На рисунке 1.4 представлена разработанная на основе официальных статистических данных [52,53] многоуровневая модель автотранспортной системы России.

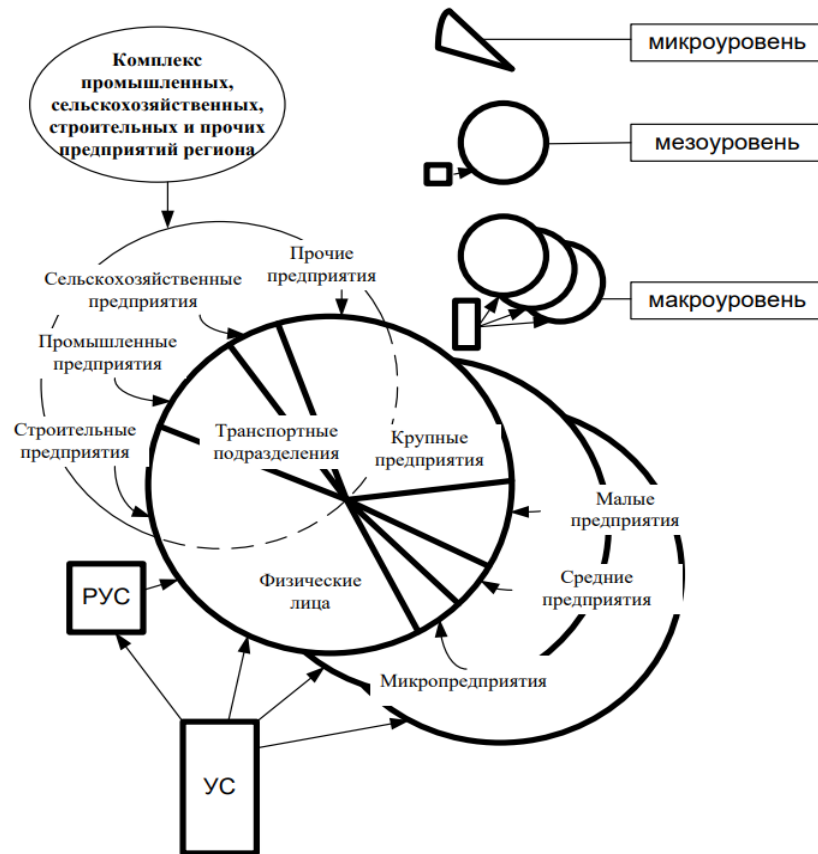


Рисунок 1.4 – Структура автотранспортной системы РФ по уровням управления: РУС – региональная управляющая система, УС – управляющая система. Источник: [50].

Предложенная модель структурирует автотранспортную систему России как трехуровневую иерархию, каждый уровень которой характеризуется специфическими объектами и субъектами управления:

Макроуровень представляет собой уровень стратегического планирования и распределения ресурсов автотранспортной отрасли в масштабах государства. На данном уровне осуществляется реализация масштабных капиталоемких программ развития транспортной инфраструктуры, формирование нормативно-правовой базы, определение приоритетов отраслевого развития. Субъектами управления на макроуровне выступают Министерство транспорта Российской Федерации, а также профильные комитеты и департаменты других федеральных органов исполнительной власти, курирующих вопросы транспортной политики.

Мезоуровень соответствует региональному масштабу управления транспортными системами. На данном уровне осуществляется распределение ресурсов с учетом специфических территориальных, географических, климатических особенностей регионов, характеристик расселения населения и размещения производительных сил. Субъектами управления выступают региональные министерства транспорта, законодательные собрания субъектов федерации, региональные комитеты по транспорту и дорожному хозяйству.

Микроуровень представлен отдельными транспортными предприятиями различных организационно-правовых форм и масштабов деятельности, непосредственно осуществляющих транспортное обслуживание клиентов. Субъектами управления на данном уровне являются руководители транспортных предприятий и индивидуальные предприниматели.

Принципиальное значение имеет вывод исследователей о том, что автотранспортная система является сложной многоуровневой системой [50,51]. Количество уровней, их конфигурация, состав субъектов и объектов управления могут варьироваться в зависимости от конкретных условий и целей анализа. Однако неизменным должен оставаться фундаментальный принцип: механизмы и инструменты управления такой системой должны разрабатываться на основе научно обоснованных подходов, использующих аппарат теории многоуровневых систем и современные методы системного анализа.

Критический анализ существующей системы управления автотранспортным комплексом приводит авторов к заключению о ее неспособности обеспечить достижение целевых показателей, установленных Транспортной стратегией Российской Федерации на период до 2030 года. Действующая система управления характеризуется преимущественно рекомендательным характером управляющих воздействий, что не позволяет осуществлять эффективную координацию деятельности множественных участников рынка и преодолевать негативные тенденции фрагментации и бессистемности.

Второй фундаментальный вывод исследования касается качественного состава автотранспортных предприятий на микроуровне транспортной системы. Анализ структуры рынка автотранспортных услуг позволяет ответить на вопрос о природе таких явлений, как низкая прозрачность рынка, демпинг недобросовестных перевозчиков и высокая фрагментированность. На рисунке 1.5 и в таблице 1.1 представлены данные о распределении объемов транспортной работы между различными категориями автотранспортных предприятий.

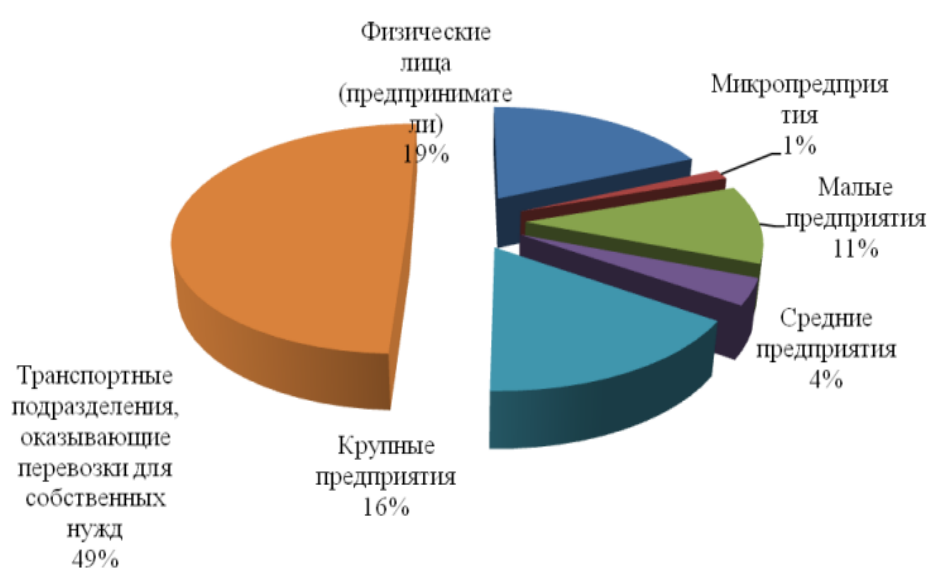


Рисунок 1.5 – Диаграмма распределения объемов выполняемой транспортной работы между различными категориями транспортных предприятий, %. Источник: [50].

Таблица 1.1 – Распределение объемов выполняемой транспортной работы между различными категориями транспортных предприятий, млрд. тонно-км. Источник: [50]

Показатель	Грузооборот, млрд т-км
Всего	248,3
Физические лица (предприниматели)	45,9
Микропредприятия	3,4
Малые предприятия	27,0
Средние предприятия	9,1
Крупные предприятия	40,1
Транспортные подразделения, оказывающие перевозки для собственных нужд	122,8

Современный рынок автотранспортных услуг характеризуется значительной гетерогенностью состава участников. Предприятия дифференцируются по организационно-правовым формам, масштабам деятельности, количеству подвижного состава в распоряжении, уровню технической оснащенности и квалификации персонала.

При исключении из анализа автотранспортных предприятий, обслуживающих собственные нужды и не оказывающих услуги на коммерческой основе, структура рынка коммерческих автомобильных грузоперевозок характеризуется следующими параметрами:

На долю физических лиц, зарегистрированных в качестве индивидуальных предпринимателей, приходится 45,9 миллиардов тонно-километров выполненной транспортной работы, что составляет 36,6 процента от совокупного объема коммерческих автомобильных грузоперевозок.

Юридические лица, включающие малые, средние и крупные автотранспортные предприятия, обеспечивают 79,6 миллиардов тонно-километров транспортной работы, что соответствует 63,4 процента рынка коммерческих перевозок.

Представленная в работах [50,51] вертикальная трехуровневая структурная модель автотранспортной отрасли, несмотря на свою методологическую ценность, не в полной мере отражает многообразие и сложность взаимосвязей в автотранспортной системе. Необходимо учитывать специфические особенности автотранспортной системы как экономической системы особого типа.

Автотранспортная система не может быть классифицирована как строго иерархическая структура, поскольку транспортные предприятия, формально относящиеся к микроуровню и, казалось бы, подчиненные региональному уровню управления, в действительности осуществляют свою операционную деятельность в масштабах всей страны или значительных межрегиональных территорий. Данная особенность характерна как для крупных автотранспортных холдингов, так и для малых и средних предприятий, а также для индивидуальных предпринимателей.

Для функционирования автотранспортной системы первостепенное значение имеет общая численность парка грузовых автомобилей в стране и их технические характеристики, а не территориальное распределение подвижного состава по регионам. Более того, эмпирические данные свидетельствуют, что именно сегмент индивидуальных предпринимателей обеспечивает в настоящее время значительную часть коммерческих автомобильных перевозок в стране.

Совокупность изложенных аргументов позволяет сформулировать следующие положения:

Автотранспортная система характеризуется гибридной организационной структурой, сочетающей элементы иерархической организации с характеристиками сетевой структуры. Такая конфигурация обеспечивает гибкость и адаптивность системы, но одновременно усложняет процессы координации и управления.

Мезоуровень региональной организации имеет ограниченное значение в контексте организации и регулирования магистральных междугородних автомобильных перевозок. Основное управляющее воздействие должно осуществляться с макроуровня непосредственно на микроуровень, где сосредоточены реальные исполнители транспортных услуг.

С позиций интересов транспортной системы в целом, интегрирующей различные виды транспорта в единый комплекс, основным субъектом стратегического управления выступает макроуровень, тогда как основным объектом управляющего воздействия является микроуровень, включающий как крупные автотранспортные предприятия, так и множество малых предприятий и индивидуальных предпринимателей.

Следовательно, управленческие решения, принимаемые на макроуровне государственного регулирования, должны учитывать не только опосредованное воздействие через региональный уровень, но и прямые эффекты, оказываемые на микроуровень автотранспортной системы. Данный подход обусловлен тем, что именно на микроуровне сосредоточено значительное количество предприятий,

непосредственно обеспечивающих функционирование автотранспортной системы и определяющих качество транспортного обслуживания экономики.

На основе проведенного критического анализа существующих моделей предлагается усовершенствованная схема автотранспортной системы России, акцентирующая внимание на критической важности прямого управляющего воздействия с макроуровня на микроуровень (рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Структура транспортно-логистического производства РФ.

Источник: [разработано автором].

Количественный и качественный анализ структуры автотранспортного рынка позволяет сформировать комплексное представление о соотношении между количественными характеристиками (численность парка подвижного состава) и качественными показателями (объем выполняемой транспортной работы) для автотранспортных предприятий различных организационно-правовых форм. На рисунке 1.7 представлено графическое отображение данного распределения.



Рисунок 1.7 – Распределение объёмов работ в сегменте грузовых автомобильных перевозок между индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами (малые, средние и крупные автопредприятия). Источник: [54].

Систематизация данных позволяет идентифицировать следующие ключевые характеристики эффективности автотранспортных предприятий различных организационно-правовых форм:

Индивидуальные предприниматели, располагающие более чем 56 процентами общего парка грузовых автомобилей, обеспечивают выполнение лишь 36,6 процента совокупной транспортной работы в Российской Федерации. Данное соотношение свидетельствует о значительно более низкой производительности использования подвижного состава в сегменте индивидуального предпринимательства.

Юридические лица, владеющие приблизительно 43 процентами парка грузовых автомобилей, выполняют 63,4 процента совокупного объема транспортной работы в стране. Это указывает на существенно более высокую эффективность использования подвижного состава корпоративными автотранспортными предприятиями.

Критерий производительности эксплуатации подвижного состава демонстрирует значительное превосходство юридических лиц над индивидуальными предпринимателями. Однако комплексная оценка эффективности требует учета множественных критериев, выходящих за рамки узкого показателя производительности.

При расширении спектра критериев эффективности и включении в анализ таких параметров, как эффективность в контексте налогообложения (максимизация налоговых поступлений в бюджетную систему), экологическая эффективность (минимизация негативного воздействия на окружающую среду), безопасность дорожного движения, социальная ответственность, проблема неэффективности сегмента индивидуальных предпринимателей приобретает еще более острый характер.

Комплексное исследование эффективности автотранспортных предприятий различных организационно-правовых форм и масштабов деятельности представлено в работе [55], где на основе методов многокритериального анализа проводится сравнительная оценка предприятий по следующим критериям: производительность подвижного состава, ресурсоемкость производства, экологическая безопасность производственных процессов, безопасность дорожного движения. Исследование опирается на данные работ [56,57,58] и использует специально разработанную методику интегральной оценки эффективности.

Результаты многокритериального оценивания, представленные на рисунке 1.8, однозначно подтверждают тезис о критически низкой эффективности микро-автотранспортных предприятий индивидуальных предпринимателей по совокупности релевантных критериев.

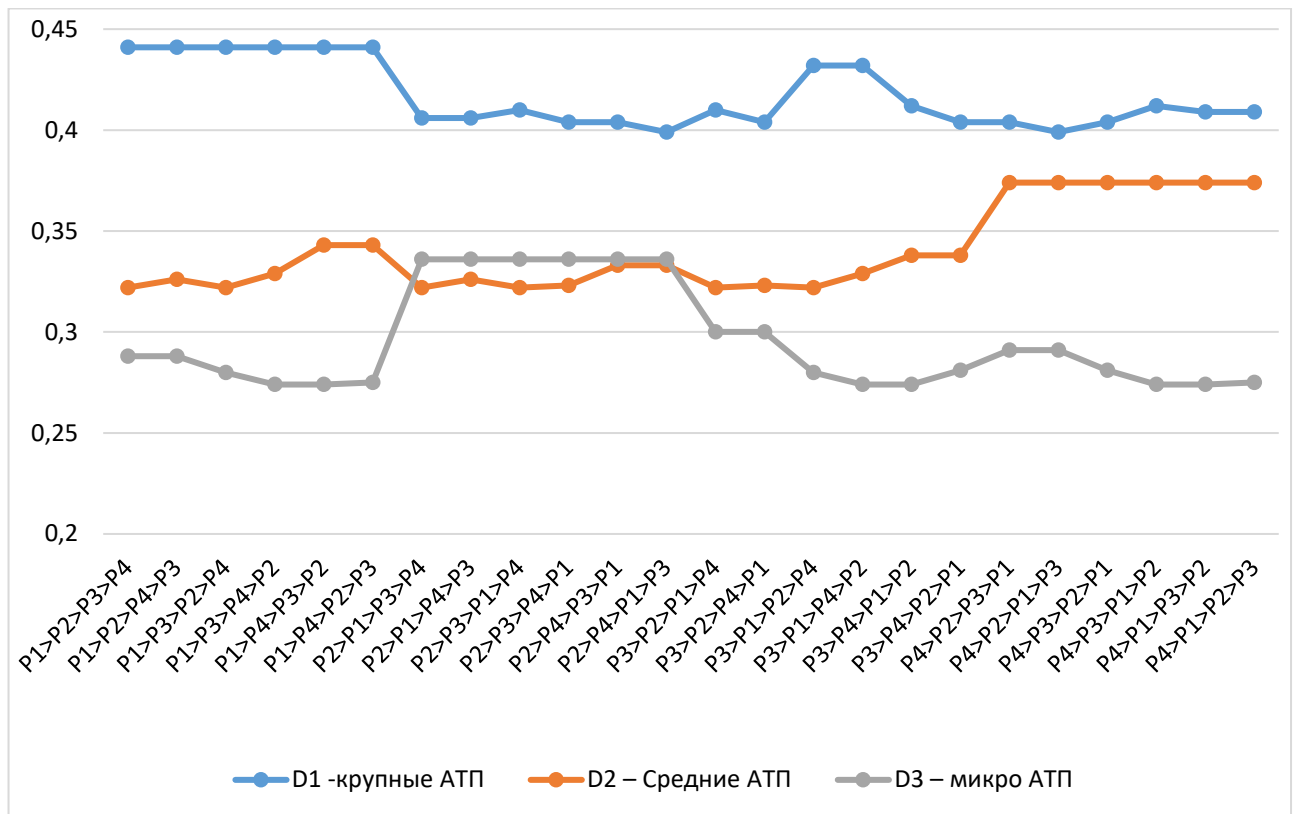


Рисунок 1.8 – Сравнение индексов эффективности автотранспортных предприятий различных форм собственности и имеющих различный количественный состав автомобилей. Источник: [55].

Методика оценки, примененная в исследовании, основана на расчете интегрального индекса эффективности, агрегирующего несколько частных критериев целеполагания. В рамках данного исследования рассматривались четыре критерия:

P1 – критерий производительности, характеризующий объем транспортной работы, выполняемой единицей подвижного состава в единицу времени;

P2 – критерий ресурсоемкости, отражающий расход материальных, энергетических и трудовых ресурсов на единицу транспортной работы;

P3 – критерий безопасности дорожного движения, учитывающий частоту дорожно-транспортных происшествий, тяжесть их последствий и уровень соблюдения правил дорожного движения;

P4 – критерий экологической безопасности, характеризующий объем вредных выбросов в атмосферу, уровень шумового загрязнения и общее воздействие на окружающую среду в расчете на единицу транспортной работы.

Результаты анализа демонстрируют систематическое отставание индивидуальных предпринимателей и микропредприятий по всем рассмотренным критериям эффективности. Данный вывод имеет критическое значение для формирования государственной политики регулирования автотранспортного рынка и обоснования мер по его структурной трансформации.

Современные экономические вызовы, обусловленные геополитической турбулентностью, санкционным давлением, необходимостью технологического суверенитета и структурной перестройки экономики, предъявляют повышенные требования к устойчивости и адаптивности транспортно-логистической системы. В данном контексте понятие эффективности транспортно-логистической деятельности должно быть существенно расширено.

Традиционное узкое понимание эффективности, ограничивающееся финансово-экономическими показателями отдельного предприятия, должно эволюционировать в направлении комплексной, сбалансированной эффективности. Комплексная эффективность понимается как способность системы к достижению множественных, потенциально конфликтующих целей в условиях динамичной и неопределенной внешней среды при обеспечении устойчивого развития не только отдельных транспортно-логистических компаний, но и всей экономики страны.

Концепция комплексной эффективности предполагает интеграцию экономических, социальных и экологических аспектов деятельности, учет интересов множественных стейкхолдеров, обеспечение долгосрочной жизнеспособности системы. Данный подход согласуется с современными концепциями устойчивого развития и корпоративной социальной ответственности.

Необходимость трансформации подходов к оценке и управлению эффективностью транспортно-логистической деятельности, создания механизмов устойчивого развития транспортно-логистического комплекса на территории

Российской Федерации во взаимодействии с партнерскими государствами в соответствии с установленными отраслевыми целями декларируется в ряде фундаментальных стратегических документов Правительства Российской Федерации [1,2,3,4,5,6]:

Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 года № 3363-р [1], определяет стратегические цели и приоритеты развития транспортного комплекса, целевые показатели эффективности и качества транспортного обслуживания.

Стратегические направления в области цифровизации транспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года, утвержденные распоряжением Правительства Российской Федерации от 3 ноября 2023 года № 3097-р [2], устанавливают приоритеты внедрения цифровых технологий в транспортной сфере, включая создание интеллектуальных транспортных систем, цифровых платформ управления грузоперевозками, систем мониторинга и контроля.

Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 года № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» [3], определяет направления использования технологий искусственного интеллекта в различных отраслях экономики, включая транспорт и логистику.

Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 года № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» [4] устанавливает систему национальных целей развития, достижение которых требует эффективного функционирования транспортно-логистической инфраструктуры.

Реализация амбициозных стратегических целей, заложенных в указанных документах, требует фундаментальных изменений в методологии управления транспортно-логистическими системами. Согласно постулатам общей теории систем, для достижения качественно нового уровня комплексной эффективности

транспортно-логистической деятельности необходимо решение двух взаимосвязанных задач [61,62,63,64,65]:

Первая задача заключается в снижении неопределенности при исследовании транспортно-логистических процессов. Необходимо определить информационное состояние системы, в котором формируются наблюдаемые показатели эффективности, идентифицировать ключевые факторы, определяющие результативность деятельности, установить причинно-следственные связи между управляющими воздействиями и результатами функционирования системы.

Вторая задача состоит в разработке механизмов управления исследуемыми процессами, адекватных выявленному информационному состоянию системы. Механизмы управления должны учитывать специфику транспортно-логистических систем, множественность и противоречивость целей, динамичность внешней среды, вероятностный характер значительной части процессов.

Решение обозначенных задач возможно только на основе применения объективных научных методов, опирающихся на аналитический аппарат оценки эффективности транспортно-логистических предприятий. В соответствии с фундаментальными положениями теории информации и кибернетики, эффективным инструментом решения данной научной проблемы является энтропийный подход.

Энтропийный подход основывается на концепции энтропии как меры неопределенности или дезорганизации системы. Сущность данного подхода заключается в разработке и применении антиэнтропийных инструментов – методов и механизмов, направленных на снижение энтропии в исследуемой системе, повышение ее организованности, предсказуемости и управляемости.

Центральным инструментом энтропийного подхода выступает теория принятия решений, базирующаяся на моделях теории игр. Учитывая сложность и многомерность информационного пространства транспортно-логистических систем, их открытый характер и подверженность значительному влиянию стохастических внешних факторов, для решения задач настоящего исследования целесообразно использование теории игр с природой.

Теория игр с природой представляет собой раздел теории принятия решений, ориентированный на ситуации, в которых лицо, принимающее решение, взаимодействует не с рациональным противником, а с неопределенной внешней средой – «природой». Ключевой особенностью теории игр с природой, обуславливающей ее применимость к исследуемой проблематике, является способность разрабатывать модели принятия решений в условиях неопределенности.

Под условиями неопределенности понимаются ситуации, в которых вероятностные характеристики факторов, влияющих на результаты решений, неизвестны или не могут быть достоверно определены. В контексте транспортно-логистических систем значительная часть показателей эффективности функционирования предприятий не подчиняется известным вероятностным законам распределения случайных величин, что делает неприменимыми классические статистические методы анализа и прогнозирования.

Применение аппарата теории игр с природой позволяет разрабатывать рациональные стратегии управления транспортно-логистическими предприятиями в условиях, когда традиционные методы оптимизации оказываются неэффективными. Данный подход обеспечивает возможность формализации процессов принятия управленческих решений, объективизации критериев выбора альтернатив, минимизации рисков в условиях неполной информации.

Таким образом, совокупность выявленных проблем и противоречий в развитии транспортно-логистического комплекса Российской Федерации, стратегические приоритеты государственной транспортной политики, возрастающие требования к эффективности и устойчивости транспортных систем в условиях геополитических вызовов обосновывают актуальность и необходимость разработки научной методологии системной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий. Данная методология должна базироваться на фундаментальных принципах системного анализа, теории информации, теории принятия решений и учитывать специфику функционирования транспортно-логистических систем в современных экономических условиях.

## **1.2 Анализ концептуальных направлений путей повышения эффективности транспортно-логистической деятельности в РФ**

### **1.2.1 Переход к цифровым технологиям, как инструмент снятия неопределенности в транспортно-логистической системе РФ**

Понятия «цифровая система» или «цифровые технологии» возникли не сиюминутно и не последнее время. Начиная с середины прошлого века и особенно в конце XX века технологии машинной обработки данных, а затем обработки больших данных, последовательно развиваются и понижают в различные отрасли экономики [66]. Возможность обработки больших объемов информации позволяет создавать объективные механизмы управления сложными организационно-техническими и организационно-социальными системами. Термин «цифровая экономика» или «цифровизация экономики» («digital economics») был введен научный обиход еще в 1995 г профессором Николасом Негропonte [67]. По мере активного развития «digital economics» формируются отдельные элементы этой системы, работающие непосредственно в информационном пространстве: «цифровые сервисы» или «цифровые бизнес-модели». В транспортных системах «цифровые сервисы» предполагают активное использование геоинформационных систем (ГИС), позволяющих создавать информационно-аналитические ГИС-платформы, контролирующие перемещение грузов в транспортной системе, а следовательно, решать первую задачу - снимать неопределённость показателей использования подвижного состава. Фактически «цифровой сервис» — это инструмент, позволяющий благодаря Интернет-ресурсам повысить скорость передачи информации и увеличить её защищенность. Активность применения «цифровых сервисов» в качестве бизнес-моделей характеризует уровень технологичности современной экономики и уже имеет свою систему измерителей [68,69]: NRI (Networked Readiness Index) – индекс сетевой готовности; GII (Global innovation index) – глобальный инновационный индекс DESI (Digital Economy and Society Index) – индекс цифровизации экономики DESI (рисунок 1.9) [70].



Рисунок 1.9 – Составляющие индекса DESI. Источник [71].

Международный опыт показывает (рисунок 1.9), что цифровизация экономики (составляющие индекса DESI) должна носить комплексный характер, включающий в себя: наличие необходимой инфраструктуры коммуникативных сетей, подготовленность человеческих ресурсов, готовность бизнес-структур интегрироваться в единое информационное отраслевое пространство, наличие законодательной базы, регламентирующей деятельность цифровых сервисов и т.д. В этом случае переход к цифровым технологиям сможет создать инструмент снятия неопределенности в транспортно-логистической системе РФи позволяет вывести решение отраслевых задач управления на новый качественный уровень.

Можно сказать, что вся современная и будущая практическая и теоретическая деятельность в области отраслевого транспортного управления в РФ, направленная на повышение эффективности производства – начиная от управления технологическими процессами перевозок и заканчивая управлением процессами организационной деятельности транспортно-логистическими компаниями - должна базироваться на цифровых технологиях.

Подтверждением сказанному является инициатива Правительства РФ, реализованная в Постановлении Правительства РФ от 3 июля 2024 года, по разработке проекта создания Национальной цифровой транспортно-логистической платформы (НЦТЛП), разработчиком которой является Министерство транспорта РФ. С 1 марта 2026 года работает единый электронный реестр автоперевозчиков грузов «ГосЛог», функционалом которого является создание единой базы данных о грузоперевозчиках, транспортно-логистических компаниях и сведениях о перевозимых в стране грузах и интеграция НЦТЛП с аналогичными системами в Китае и Индии в целях эффективной организации международного транспортного производств. Одной из задач НЦТЛП является формирование электронного рейтинга эффективности транспортно-логистических компаний, имеющего своей целью обеспечение объективными данными всех участников процесса транспортно-логистического производства [7]. В проекте создания НЦТЛП конкретизируются основные проблемы, уже упомянутые нами, на решение которых будет направлена создаваемая информационно-аналитическая платформа:

- Уход от «серых» схем уклонения от налогов за счёт повышения контроля за перевозочной деятельностью транспортных компаний (согласно данным, представленными разработчиками НЦТЛП, они охватывают около 60% от всего объема перевозок в РФ);
- Регистрация данных о транспортно-логистических компаниях и о наличии в их распоряжении подвижного состава с максимальной массой свыше 3,5 тонн;
- Создание единой информационной платформы делопроизводства (электронного документооборота) на государственном и межгосударственном уровне в целях повышения прозрачности в транспортной отрасли и интенсификации процессов международного сотрудничества;
- Переориентация транспортных потоков и повышение пропускной способности транспортных коридоров в Восточном направлении в целях повышения взаимодействия с аналогичными цифровыми платформами Китая, Индии и др. дружественных стран.

➤ Развитие отечественных цифровых технологий и обеспечение национального суверенитета в области обмена данными и управления информационными потоками организации транспортных процессов.

Важно отметить, что **основным субъектом управления НЦТЛП – оператором «ГосЛог» будет является Министерство Транспорта РФ**, что подчёркивает понимание необходимости координации на начальном этапе и централизованного управления в дальнейшем транспортно-логистической деятельности РФ. Разработка системы НЦТЛП поручена ФГБУ «СИЦ Минтранса России» (Ситуационно-информационный центр). Проекты архитектуры, основных цифровых сервисов, объединяемых в единую экосистему и этапы создания НЦТЛП приведены на рисунках 1.10, 1.11 и 1.12.

Представленная на рисунках 1.10-1.12 информация о целях, составе задач, инфраструктуре и этапах реализации позволяет предположить, что создание НЦТЛП является крупнейшим за последние десятилетия государственным проектом в области единого транспортно-логистического пространства грузовых перевозок на территории РФ. Состав задач проекта предполагает формирование нескольких порталов, включающих в себя ряд подсистем:

- 1) Портал «цифровых сервисов для государства», выполняющих функции предоставления аналитической и статистической отчетности в Министерство транспорта и профильные комитеты Правительства РФ, управления приоритетной доставки специальных грузов, управления возникающими инцидентами, моделирования и прогнозирования развития системы. Перечисленные функции необходимы для эффективного управления национальными проектами в области развития и системного планирования государственной экономической политикой.

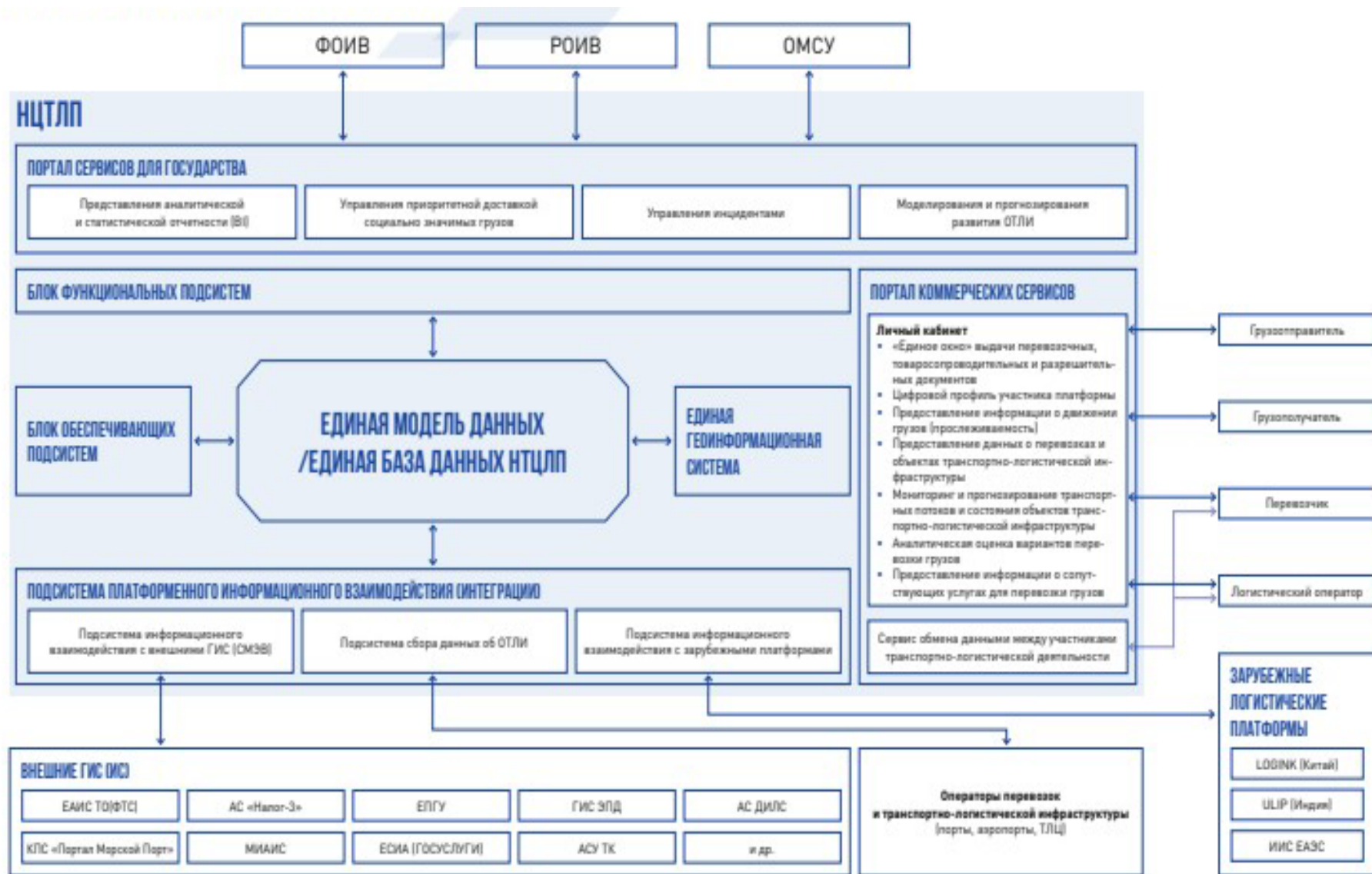


Рисунок 1.10 – Базовая архитектура НЦТПЛ. Источник: [7].



Рисунок 1.11 – Основные сервисы Экосистемы НЦТПЛ. Источник: [7].

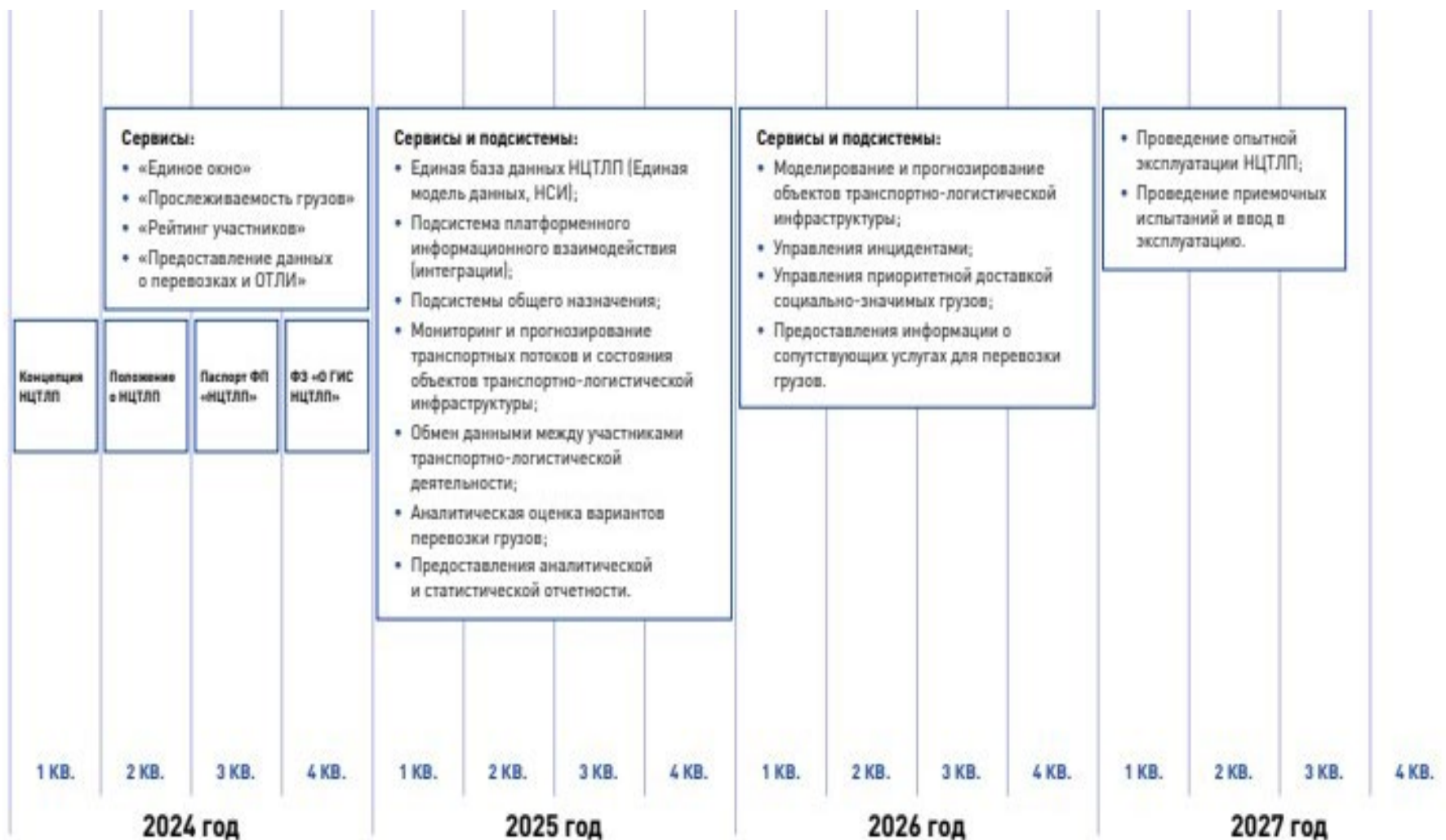


Рисунок 1.12 – Планируемые этапы создания НЦТЛП. Источник: [7]

2) Портал «коммерческих цифровых сервисов», обслуживающий интересы транспортных компаний и реализующий функции: «единого окна» выдачи перевозочных, товаросопроводительных и разрешительных документов, предоставлении данных о состоянии транспортно-логистической инфраструктуры, мониторинга и прогнозирования транспортно-логистических потоков, аналитических данных по маршрутам перевозки грузов. Перечисленные функции транспортно-логистические компании выполняли самостоятельно, что требовало содержания в каждой компании отдельного штата логистов или отделов логистики. В данном проекте реализуется важнейшее преимущество цифровых сервисов – это решение одинаковых специальных по назначению и характерных для всех предприятий отрасли задач в едином информационно-аналитическом пространстве. Это преимущество цифровых сервисов как бизнес-модели активно реализуется в цифровых экономических проектах стран с высоким значением индекса DESI и является неотъемлемой составной частью цифровой экосистемы государства.

3) Портал «платформенного информационного взаимодействия», объединяющий в единую систему различные подсистемы входных данных: подсистемы ГИС, подсистемы информационного взаимодействия с зарубежными аналогичными информационно-аналитическими платформами.

Важной особенностью проекта НЦТПЛ является его объединяющая направленность на взаимодействие различных видов транспорта, что подразумевает включение в состав участников проекта не только грузоперевозчиков, экспедиторов и грузовладельцев, но и операторов-владельцев подвижного состава на различных видах транспорта, операторов транспортно-складской инфраструктуры, операторов электронных систем оформления перевозочных документов и т.д. Таким образом решаются задачи создания единой модели данных (рисунок 1.9), когда становится возможным:

➤ Обмен данными в едином цифровом формате между всеми участниками транспортно-логистической деятельности. Обеспечение единства цифрового формата на первый взгляд является не сложной задачей, но на практике,

когда каждая крупная транспортная компания разрабатывала собственные цифровые форматы обработки и сохранения данных, их трансформация в единую модель может вызывать значительные затруднения;

➤ Аналитическая оценка и выработка оптимальных маршрутов движения подвижного состава с учетом интересов всех участников проекта, включая экономические и политические интересы государства. Далеко не каждый оптимальный маршрут доставки груза, построенный с учетом критериев целеполагания отдельных компаний, является оптимальным исходя из критериев более высокого иерархического уровня управления транспортно-логистической деятельностью на уровне отрасли или государства в целом, таких как: расходы на содержание и капитальные расходы транспортно-логистической и дорожной инфраструктуры, обеспечение экологической безопасности регионов с активным товародвижением, обеспечение безопасности дорожного движения и т.д.);

➤ Управление транспортными потоками с учетом приоритетов государства, регулирующее и обеспечивающее доставку специальных грузов, безопасность перемещения грузов исходя из рисков чрезвычайных ситуаций, начиная от рисков возникновения дорожно-транспортных происшествий и заканчивая глобальными рисками экологического и геополитического характера;

➤ Привлечение в модель управления данными информации о смежных с транспортированием груза услугах: организации гостиничного бизнеса, создание управляемой инфраструктуры станций заправки и зарядки подвижного состава различными видами топлива, включая перспективное направление развития системы электроразрядных устройств и т.д.

Таким образом формируемая архитектура НЦТЛЛ призвана объединить все цифровые сервисы грузоперевозчиков, грузовладельцев, экспедиторов различных видов транспорта в единой системе взаимодействия между всеми субъектами и объектами транспортно-логистической деятельности.

Основную сложность при реализации масштабных задач проекта представляет необходимость совмещения всех порталов и подсистем проекта с присущими огромному количеству разнородных по функционалу и показателям

задач в единое информационно-аналитическое пространство. Каждая из описанных выше задач вполне выполнима и не представляет сложности с научной точки зрения и возможностей теоретического решения. Но системное совмещение и практическое воплощение их в единую платформу обработки и управления информационными потоками однозначно вызовет трудности в разработке: аналитических методов обработки огромного объема информации, методов решения оптимизационных многокритериальных задач в системе, методов управления решениями на различных уровнях многоуровневой аналитической системы и т.д. На это обстоятельство обращают внимание эксперты в транспортной отрасли, которые отмечают ряд потенциальных сложностей при разработке и внедрении системы [7].

Наибольшую сложность, по мнению экспертного сообщества, при создании НЦТПЛ представляет процедура создания оригинальных, независимых от зарубежных разработок программных продуктов, математического и программного обеспечения моделей обработки больших данных, способных объективно оценивать текущее состояние и управлять эффективностью системы транспортно-логистической деятельности в обозначенных масштабах национального уровня [7]. Это обстоятельство актуализирует задачу и обуславливает необходимость активного развития научно обоснованных прикладных математических методов системной оценки уровня эффективности отдельных предприятий как субъектов организации производства и объектов управления с целью сбалансированного и устойчивого развития транспортно-логистической системы РФ.

### **1.2.2. Формирование концепции управления транспортно-логистическим производством РФ**

Главный вывод, который можно сделать на основании видимого активного развития цифровых транспортных технологий и государственной поддержки в этом направлении - федеральные органы исполнительной власти вырабатывают

принципиально новую государственную политику в области нормативно-правового регулирования в области транспорта. Для того чтобы увидеть необходимость данной трансформации, необходимо выявить её причины. Как уже отмечалось выше, современное негативное по ряду показателей состояние транспортной отрасли сложилось в силу хаотичных процессов перехода от централизованной экономики к рыночным механизмам. Начало процессов деструктуризации на транспорте было положено в 1991 году с принятием Закона «О приватизации государственных и муниципальных предприятий в РСФСР» № 1531-1 от 3 июля 1991 г., в соответствии с которым было прекращено централизованное финансирование и развитие транспортного комплекса на территории РФ.

Результатом стало неупорядоченное развитие рыночных отношений на транспорте, которое привело к явному критическому состоянию транспортного комплекса. Начиная с 1997 года в государственных структурах управления РФ предпринимают ряд действий для выхода из создавшейся ситуации в направлении повышения эффективности систем управления на транспорте. В начале XX-го века была разработана первая Концепция Государственной транспортной политики Российской Федерации [72, 73], определяющая необходимость формирования эффективной транспортно-логистической системы в РФ. Для решения задач повышения эффективности транспортно-логистической системы был разработан ряд Федеральных целевых программ и возобновлено бюджетное финансирование транспортного комплекса [74, 75, 76].

В последующие годы (с 2010 г. по 2022 г.) суммы вкладов из различных источников, из федерального бюджета в том числе, в развитие транспортной отрасли увеличились с 4,5 трлн. руб. до 10, 273 трлн. руб. соответственно (рисунок 1.13) [77].



Рисунок 1.13 – Динамика финансирования транспортного комплекса в РФ.

Источник: [77].

Однако, если сравнить тенденции в увеличении финансирования государством транспортной отрасли (рисунок 1.11) начиная с 2010 и по настоящее время с динамикой показателей производительности производства на транспорте за аналогичный период (рисунок 1.12), то на лицо несоответствие между объемами финансирования и результативными показателями производительности. Особенно значим показатель «Объем перевозок, млн.т.», его значение практически не изменяется. Таким образом, исходя из классического определения эффективности как отношения показателей производительности к показателям затрат, можно сделать вывод о неэффективности реализации вкладываемых государством в отрасль финансовых ресурсов.

Из рисунка 1.13 видно, что фактическое финансирование транспортного комплекса за период с 2010 г до 2020 годы было увеличено в 3 раза, а в документах, отражающих перспективы развития транспортной отрасли до 2030 года, говорится о планах по увеличению финансирования на порядок. В этих условиях вопрос о

эффективности реализации вкладываемых средств и инвестиций государства в транспортную отрасль становится особенно острым и актуальным.

Важным обстоятельством, характеризующим изменение отношения государства к ситуации в транспортной отрасли, является декларация целей сценариев её развития (рисунок 1.14 и 1.15) [49].



Рисунок 1.14 – Грузооборот и объем перевозок в РФ с 2010 по 2022 гг. Источник: данные [78].

Из рисунка 1.15 видно, что устанавливаются стратегические приоритеты государства в виде комплекса целеполагания, причем целеполагание явно носит противоречивый характер, поскольку каждая цель определяется набором собственных индикаторов. Индикаторы являются показателями эффективности реализации направлений государственной транспортной политики и, в свою очередь, должны обеспечивать решение ряда конкретных задач, на которое выделяется финансирование.

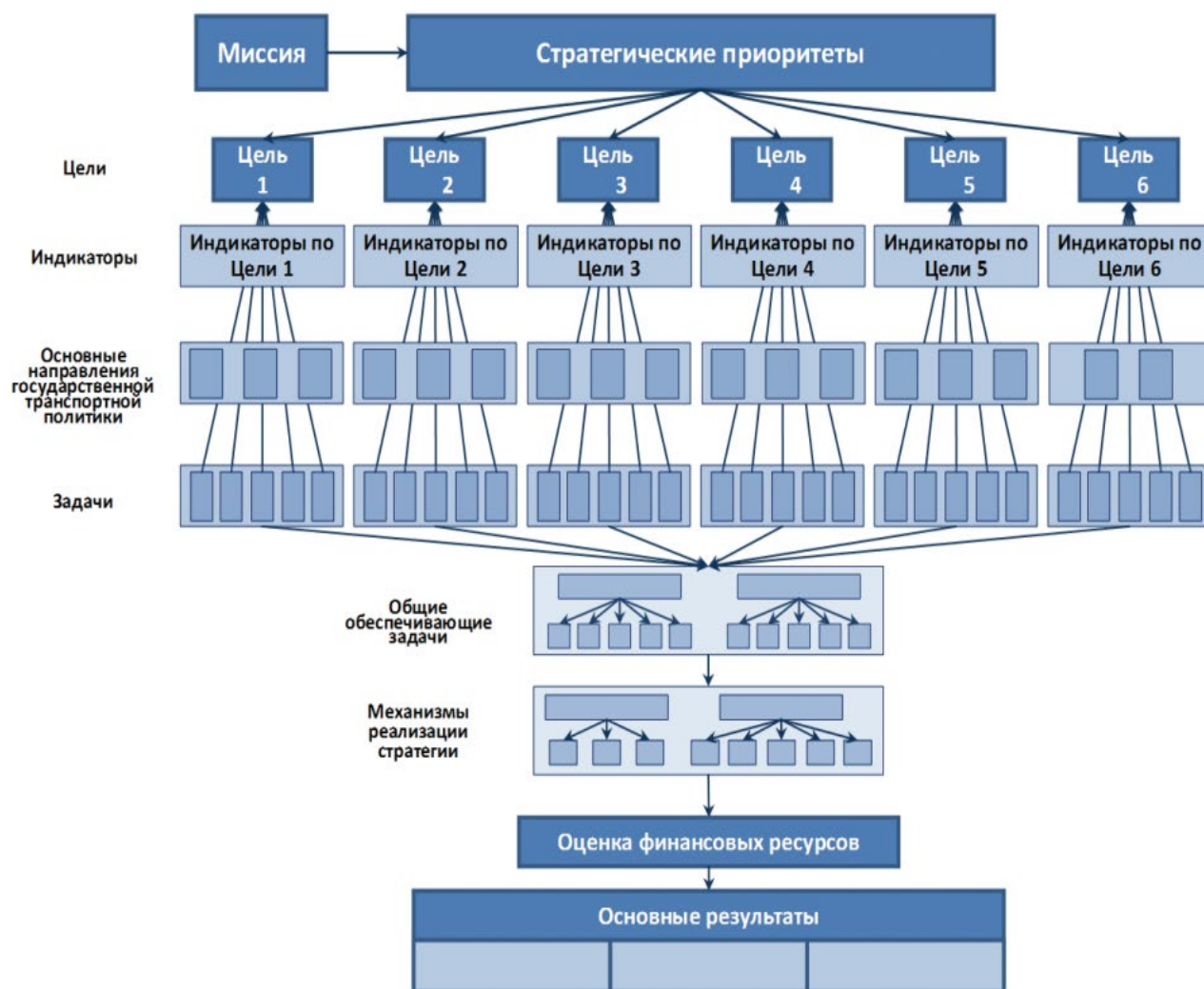


Рисунок 1.15 – Целевая модель транспортной стратегии. Источник [49].

Несложный анализ целевой модели транспортной стратегии РФ показывает, что данная модель является:

- системой с противоречивым целеполаганием (например, цель «максимизация производительности труда», входящая в состав стратегического общетранспортного производства, неизбежно вступает в противоречие с целями повышения уровня безопасности транспортной системы и целью снижения негативного воздействия транспорта на окружающую среду по критерию минимизации затрат, входящему в общеэкономический стратегический приоритет и т.д.) [приложение А];

- сложной, то есть содержащей большое количество разнородных по количеству и по природе происхождения индикаторов (например, единицы

измерения по критериям экологическая или транспортная безопасность, интеграция в мировое транспортное пространство имеют совершенно различные шкалы измерения и нередко носящие относительный характер и т.д.);

– многоуровневой, так как реализация поставленных целей не может быть достигнута на счёт решения задач в одной плоскости управления (например, часть задач, относящихся к показателям производительности, формируется и решается на микроуровне отдельных транспортных предприятий, а часть – на макро- и мезоуровне, которые формируются отраслевыми и государственными задачами);

– открытой, то есть подверженной значительному влиянию факторов внешней и внутренней среды с неизвестными вероятностными характеристиками (в настоящее время фактически отсутствует достоверное представление законов распределения случайных величин, которым подчиняется большинство из приведенных на рисунке 1.16 укрупненной схемы, раскрывающей содержание приоритетов и целей транспортной стратегии РФ). Более того на рисунке 1.16 приведена лишь незначительная часть состава и структуры целей и задач из сценариев развития транспортной отрасли в РФ.

Перечисленные особенности сложной многоуровневой системы с неизвестными вероятностными характеристиками исследуемых показателей определяют её информационное состояние как неопределенное. Механизмы управления многокритериальными сложными и неоднородными по составу показателей системами в условиях неопределенности являются объектом исследования специальных областей научных знаний, таких как исследование операций, теория игр или теория игр с природой факторов.



Рисунок 1.16 – Миссия, приоритеты и цели и состав задач транспортной стратегии. Источник: [49]

Основные положения этих разделов науки определяют, что при формировании стратегий развития и повышения эффективности транспортно-логистической системы в РФ необходимо не только снять неопределенность исследуемых процессов, в которой формируются исследуемые события – показатели эффективности, но и разработать механизмы управления исследуемым процессом, максимально соответствующим выявленному информационному состоянию исследуемой системы. Начать при этом необходимо с формализации понятия исследуемого процесса управления транспортно-логистической системой: к какой категории относится исследуемый процесс?

Отметим, что во всех перечисленных выше документах, включая документы, посвященные по разработке проекта создания Национальной цифровой транспортно-логистической платформы (НЦТЛП), исследуемый процесс определяется как некая **транспортно-логистическая деятельность**: «Необходима координация на начальном этапе и централизованного управления в дальнейшем транспортно-логистической деятельности РФ» и т.д. [7].

Между тем общеизвестно, что термин «деятельность» не относится к какой-либо конкретной категории научно-прикладных знаний и подразумевает любые действия во всевозможных сферах приложения усилий и затрат энергии без какого-либо устойчивого целеполагания. В нашем случае, когда требуется исследовать целенаправленный процесс повышения эффективности транспортно-логистических систем и когда критерии эффективности определены и задекларированы в государственных национальных программах развития транспортной отрасли, требуется ввести новое понятие **«транспортно-логистическое производство»**, в большей степени отражающее суть и содержание исследуемой проблемы. Термин «производство» в отличие от термина «деятельность» подразумевает конкретизацию направленности действий (деятельности) в виде целей, обязательное определение средств производства, набора производственного оборудования, формирование структуры используемых ресурсов (финансовых, материальных и человеческих), методов и моделей управления и т.д.

Термин же «деятельность» хорошо подходил для этапа развития транспортной отрасли в РФ в конце 90-х годов прошлого века, характеризующегося бесформенностью и бессистемностью практических подходов и полным отсутствием их научного обоснования. В современных условиях, когда требуется системная трансформация транспортной отрасли как неотъемлемой части отраслевого производства в РФ, и в соответствии с установленным государством целеполаганием, о чем последовательно (с 2008 по 2018 гг.) указывалось в следующих документах:

– Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 22.11.2008 года №1734-р [79];

– Государственная программа Российской Федерации «Развитие транспортной системы», утвержденная Постановлением Правительства Российской Федерации от 20.12.2017 №1596[80];

– Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной Президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам, Протокол от 24.12.2018 года № 16[81];

необходимо введение нового термина **«транспортно-логистическое производство»**.

### **1.3 Обзор применяемых на практике методов оценки эффективности транспортно-логистического производства в РФ**

Комплекс особенностей транспортно-логистической системы, выявленных и систематизированных в предыдущих разделах исследования, определяет специфические требования к методологии и инструментарию оценки эффективности транспортно-логистического производства. К числу ключевых особенностей, оказывающих определяющее влияние на выбор методов исследования, относятся: многоуровневая иерархическая структура системы с элементами сетевой организации, отсутствие достоверной информации о вероятностных характеристиках критических показателей функционирования, существенное влияние множественных факторов внешней и внутренней среды, характеризующихся высокой динамичностью и неопределенностью.

Принципиальное значение имеет разграничение понятий «транспортно-логистическая деятельность» и «транспортно-логистическое производство». Если транспортно-логистическая деятельность может ограничиваться констатацией и

оценкой предшествующего или текущего состояния системы, то транспортно-логистическое производство, подобно любой форме производственной деятельности, предполагает не только ретроспективный и текущий анализ, но и активное управление функционированием исследуемой системы с целью достижения заданных целевых параметров [82,83,84].

Управленческая функция транспортно-логистического производства имманентно включает прогнозирование траекторий развития системы, предвидение потенциальных отклонений от целевых показателей, разработку превентивных корректирующих воздействий. Следовательно, методы оценки эффективности транспортно-логистического производства должны рассматриваться не изолированно, а в контексте построения комплексных прогностических моделей, обеспечивающих информационную основу для принятия управленческих решений.

Наиболее строгими и объективными методами прогнозирования, обеспечивающими максимальную формализацию и верифицируемость результатов, являются методы математического моделирования. Математические модели позволяют устанавливать количественные соотношения между параметрами системы, исследовать динамику процессов, оптимизировать управляющие воздействия. Однако применение аппарата математического моделирования для прогнозирования поведения сложных организационно-технических систем, к которым относятся транспортно-логистические предприятия, сталкивается с существенными объективными ограничениями [85,86,87,88].

Фундаментальная проблема математического моделирования сложных социально-экономических систем заключается в том, что многие ключевые показатели эффективности не поддаются прямому прогнозированию на основе экстраполяции исторических трендов или применения детерминированных зависимостей. Данные показатели являются результирующими величинами, формирующимися в процессе взаимодействия множественных факторов и оптимизации целевых функций при заданных ограничениях. Поэтому методология

прогнозирования строится не на непосредственном предсказании значений показателей эффективности, а на определении их значений как результата решения оптимизационных задач.

В рамках данного подхода объектом прогнозирования становятся не конечные показатели эффективности (эндогенные переменные математической модели), а входные данные, необходимые для функционирования общей математической модели системы. Иными словами, прогнозируются экзогенные переменные – параметры, определяемые внешними по отношению к основной модели зависимостями и закономерностями. Эндогенные переменные, к которым относятся целевые показатели эффективности транспортно-логистического производства, выступают искомыми (выходными) переменными математической модели и определяются путем решения системы уравнений модели при заданных значениях экзогенных переменных.

Прогнозирование входных параметров для оптимизации характеристик транспортно-логистической системы, а в некоторых случаях и непосредственное прогнозирование отдельных характеристик системы, осуществляется с использованием различных методологических подходов. Данные подходы дифференцируются по нескольким критериям: теоретической основе (виду применяемой научной теории и соответствующего ей аналитического инструментария), степени формализации процедур прогнозирования, достоверности получаемых результатов, требованиям к объему и качеству исходных данных.

Первая группа методов прогнозирования базируется на построении теоретических причинно-следственных математических моделей в соответствии с установленными научными закономерностями. Фундаментом данного подхода служат выявленные и верифицированные наукой причинно-следственные связи, определяющие механизмы функционирования и развития исследуемых процессов. На основе этих закономерностей конструируются математические модели прогнозируемых процессов, адекватно отражающие существующие причинно-следственные зависимости.

Наибольшее распространение в рамках данной группы методов получили модели, основанные на закономерностях вероятностного характера. Вероятностные модели опираются на законы распределения случайных величин, которые подтвердили свою адекватность и предсказательную силу на обширном эмпирическом материале, накопленном в результате многочисленных наблюдений и экспериментов, проводившихся в стандартизированных условиях. Статистическая устойчивость вероятностных характеристик обеспечивает надежность прогнозов, построенных на их основе.

Типичными представителями данной группы методов являются: модели авторегрессии и скользящего среднего (ARMA, ARIMA), позволяющие прогнозировать временные ряды на основе их предыстории; эконометрические модели, устанавливающие количественные соотношения между экономическими переменными; имитационные модели, воспроизводящие функционирование системы с учетом стохастической природы процессов; модели массового обслуживания, применяемые для анализа транспортных и логистических систем.

Обобщенная методология прогнозирования на основе математических моделей включает последовательность взаимосвязанных этапов, каждый из которых имеет критическое значение для обеспечения достоверности конечных результатов:

#### Этап 1. Построение предварительной математической модели

На начальном этапе осуществляется концептуализация исследуемого процесса и формализация его структуры в виде системы математических соотношений. Данный этап требует глубокого понимания предметной области, способности к абстрагированию от несущественных деталей и выделению ключевых закономерностей. Исследователь должен определить: состав переменных модели (эндогенных и экзогенных), форму функциональных зависимостей между переменными, систему ограничений, отражающих объективные условия функционирования системы.

Построение предварительной модели опирается на теоретические представления о механизмах исследуемых процессов, эмпирические наблюдения,

результаты предшествующих исследований. Важнейшим требованием к предварительной модели является ее теоретическая обоснованность – соответствие положениям релевантных научных теорий и эмпирически установленным закономерностям. Одновременно модель должна обладать достаточной простотой, позволяющей осуществить ее идентификацию и верификацию на доступных данных.

Этап 2. Идентификация параметров математической модели по экспериментальным данным

Предварительная математическая модель, как правило, содержит неизвестные параметры, численные значения которых должны быть определены на основе анализа фактических статистических данных о функционировании исследуемой системы. Процедура определения параметров модели по эмпирическим данным называется идентификацией или калибровкой модели.

Критическим требованием к параметрам модели является их относительная стабильность во времени. Параметры модели должны характеризоваться существенно более высокой устойчивостью и предсказуемостью по сравнению с прогнозируемыми функциями (эндогенными переменными). Данное требование обусловлено логикой прогнозирования: если параметры модели столь же изменчивы и непредсказуемы, как и целевые показатели, то модель теряет свою прогностическую ценность.

Методы идентификации параметров варьируются в зависимости от типа модели и характера доступных данных. Наиболее распространенными являются: метод наименьших квадратов, обеспечивающий минимизацию суммы квадратов отклонений расчетных значений от фактических; метод максимального правдоподобия, максимизирующий вероятность наблюдения фактических данных при заданных параметрах модели; байесовские методы, позволяющие учитывать априорную информацию о параметрах.

Этап 3. Верификация модели и оценка границ ее применимости

После идентификации параметров модели необходимо провести комплексную оценку ее адекватности, точности и границ применимости. Верификация модели включает несколько взаимодополняющих процедур.

Во-первых, осуществляется статистическая проверка соответствия модели фактическим данным. Используются различные критерии качества подгонки: коэффициент детерминации, характеризующий долю дисперсии зависимой переменной, объясняемую моделью; информационные критерии (Акаике, Шварца), позволяющие сравнивать альтернативные модели с учетом их сложности; критерии значимости параметров, проверяющие гипотезу о ненулевом влиянии соответствующих факторов.

Во-вторых, проводится анализ остатков модели – отклонений фактических значений от расчетных. Остатки должны удовлетворять определенным статистическим свойствам: иметь нулевое математическое ожидание, постоянную дисперсию (гомоскедастичность), отсутствие автокорреляции, приближенно нормальное распределение. Нарушение этих свойств сигнализирует о неадекватности модели и необходимости ее модификации.

В-третьих, определяются границы применимости модели – диапазоны значений переменных и временные горизонты, в пределах которых модель обеспечивает приемлемую точность прогнозов. За пределами этих границ надежность модели не гарантируется.

При выявлении существенных несоответствий между моделью и данными осуществляется корректировка модели. Корректировка может включать: модификацию функциональной формы зависимостей, включение дополнительных переменных, учет нелинейных эффектов, введение запаздываний и динамических связей. Процесс спецификации и верификации модели носит итеративный характер и может требовать нескольких циклов уточнения.

#### Этап 4. Разработка прогноза и оценка его достоверности

На заключительном этапе осуществляется непосредственное формирование прогноза путем подстановки в верифицированную модель прогнозных значений экзогенных переменных и решения системы уравнений модели. Получаемые таким

образом значения эндогенных переменных представляют собой точечные прогнозы целевых показателей.

Однако точечный прогноз, не сопровождаемый оценкой его неопределенности, имеет ограниченную практическую ценность. Поэтому обязательным компонентом прогноза является построение доверительных интервалов – диапазонов значений, в пределах которых с заданной вероятностью будет находиться фактическое значение прогнозируемого показателя. Ширина доверительного интервала характеризует точность прогноза: чем уже интервал, тем выше точность.

Анализ достоверности прогноза включает оценку множественных источников неопределенности: погрешности оценки параметров модели, неопределенности прогнозных значений экзогенных переменных, стохастической компоненты модели, возможных структурных изменений в исследуемой системе. Совокупное влияние этих факторов определяет общую неопределенность прогноза.

Критически важным аспектом является тестирование прогностической способности модели на независимых данных, не использовавшихся при ее построении и калибровке. Только положительные результаты внешнего тестирования могут служить убедительным подтверждением прогностической ценности модели.

Ограничения методов математического моделирования в контексте транспортно-логистических систем

Несмотря на теоретическую строгость и методологическую привлекательность, применение классических методов математического моделирования к прогнозированию показателей эффективности транспортно-логистических систем сталкивается с существенными ограничениями.

Первое ограничение связано с отсутствием устойчивых вероятностных закономерностей для многих критических процессов в транспортно-логистической сфере. Распределения грузопотоков, динамика спроса на транспортные услуги, изменения рыночных условий часто не подчиняются известным теоретическим

законам распределения и характеризуются «тяжелыми хвостами», кластеризацией волатильности, режимными переключениями.

Второе ограничение обусловлено структурной нестабильностью транспортно-логистических систем. Технологические инновации, изменения регулятивной среды, трансформации конкурентного ландшафта приводят к изменению параметров и даже структуры причинно-следственных связей. Модели, калиброванные на исторических данных, могут утрачивать адекватность при структурных сдвигах.

Третье ограничение связано с высокой размерностью и сложностью взаимосвязей в транспортно-логистических системах. Построение математических моделей, адекватно отражающих все существенные аспекты функционирования таких систем, требует оперирования большим количеством переменных и параметров, что создает проблему переобучения и снижает надежность оценок.

Данные ограничения не означают отказа от методов математического моделирования, но требуют их дополнения альтернативными и комплементарными подходами, более устойчивыми к неопределенности и структурной изменчивости. К числу таких подходов относятся методы экспертных оценок, нечеткого моделирования, машинного обучения, а также гибридные методы, синтезирующие преимущества различных методологий.

Выбор методов оценки эффективности транспортно-логистического производства должен осуществляться с учетом специфических особенностей исследуемых систем, характера доступной информации, целей исследования и требуемой точности результатов. Методологический плюрализм, предполагающий использование комплекса взаимодополняющих методов, обеспечивает наиболее надежные и устойчивые результаты.

Модели управления в СССР разрабатывались в отраслевых институтах, исследовавших развитие производства и отраслей промышленности в условиях централизованного управления экономики страны в целом. Основы теории в области исследования прикладных математических методов управления в отраслевом и межотраслевом масштабе в сложных экономических системах

государственного уровня сформировали выдающиеся математики-экономисты Л.В. Канторович (лауреат Нобелевской премии) и С.С. Шаталин. Они занимались разработкой программно-целевых методов стратегического планирования, положенных в основу концепции координационного взаимодействия в условиях устойчивой плановой экономики. В 70-80-х прошлого века, когда устойчивая плановая экономика показала недостаточную гибкость и эффективность в условиях сложной структуры глобального производства, методы стратегического планирования исследовались и трансформировались отечественными учеными А.И. Анчишкиным, В.М. Архиповым, О.С. Виханским, В.В. Леонтьевым, В.С. Рапопортом, Ю.В. Яременко и др.

Разработанные ими методы оценки эффективности любой отрасли производства базировались на основе общей теории сложных систем, что позволяло разрабатывать модели управления, стратегии и сценарии повышения эффективности производства на основе принципов сбалансированного межотраслевого развития.

Исследование фундаментальных законов развития сложных систем производились как у нас стране, так и за рубежом. Разработки ведущих ученых доказали, что понятие «эффективность» не может ограничиваться измерителем экономической результативности и требует учета большого количества не финансовых показателей. Р.С. Каплан и Д.П. Нортон разработали концепцию «balanced scorecard», в соответствии с которой выбор стратегии эффективного управления должен опираться на решение многокритериальной задачи. Многокритериальные модели определения эффективного состояния исследуемой системы были разработаны Ф. Эджворт и В. Парето и С. Смейломи совершенствовались В. Д. Ногиным, В.В. Подиновским, И.Г. Черноруцким, К. Дж. Эрроу, доказавшими, что данные модели имеют важнейшее прикладное значение для определения оптимума в сложных системах.

Этапными исследованиями в области развития общей теории систем и перехода к теории сложных систем (ТСС) считается исследование Hiroki Sayama. Согласно его исследованиям в теориях сложных систем интегрируют ряд научных

направлений: теория игр, теория игр с природой, теория коллективного поведения, теория распределенных систем, теория нелинейной динамики и др., каждая из которых должна применяться в соответствии с уровнем сложности исследуемой системы, отождествляемым с уровнем информационной деградации (степенью неопределенности в системе).

Вопросы снятия неопределенности в сложных системах исследовались в работах Р. Беллмана, А. Вильсона, Л. Заде, Н. Мартином, Т. Саати, А. Хедми, Р. Штойера и др. Ими разрабатывали фундаментальные теории и прикладные методы решения задач, позволяющие переводить состояния системы из неопределённого в стохастическое определенное.

В настоящее время полноценно первая группа методов для исследования состояния отраслей производства в межотраслевых масштабах не применяется (или применяется локально) в силу сложившихся рыночных механизмов управления экономикой. В современных условиях больше внимания уделяется второй и третьей группе методов прогнозирования.

**Вторая группа методов** – это составление эмпирических зависимостей по статистике предыстории и настоящего времени, то есть с применением моделей регрессионного анализа и экстраполяции данных. Данная группа методов нашла широкое применение в отдельных современных производственных структурах: крупных транспортных и транспортно-логистических компаниях. Как правило, применение второй группы методов под силу отдельным отделам и службам предприятий при наличии достаточной статистической базы на микроуровне многоуровневой транспортно-логистической системы. Достаточно хорошо подходы, основанные на второй группе методов оценки логистической системы транспортно-экспедиторского комплекса, представлены в [89]. В [89] проанализирован ряд основных математических и экономико-математических методов оценки эффективности транспортно-логистических систем на уровне отдельного предприятия. Основное внимание уделяется упрощенным прикладным экономическим методам «Анализ ABC» и «Анализ XYZ».

**Метод «Анализ ABC»** предполагает выделение некоего множества из управляемых объектов, которые вносят наибольший вклад в достижение обозначенной цели, как правило, экономического содержания (рисунок 1.17). При этом, при распределении вкладов отдельных объектов в достижение общей цели предприятия делается ссылка на «метод Парето», согласно которому около 20% объектов реализуют 80% эффективности, а оставшиеся 80%, соответственно 20%. К сожалению, данный подход, являющийся очень вольной и достаточно примитивной интерпретацией модели многокритериальной оценки эффективности возможных решений, предложенной Вильфредом Парето, широко применяется в деятельности логистических отделов транспортных предприятий.

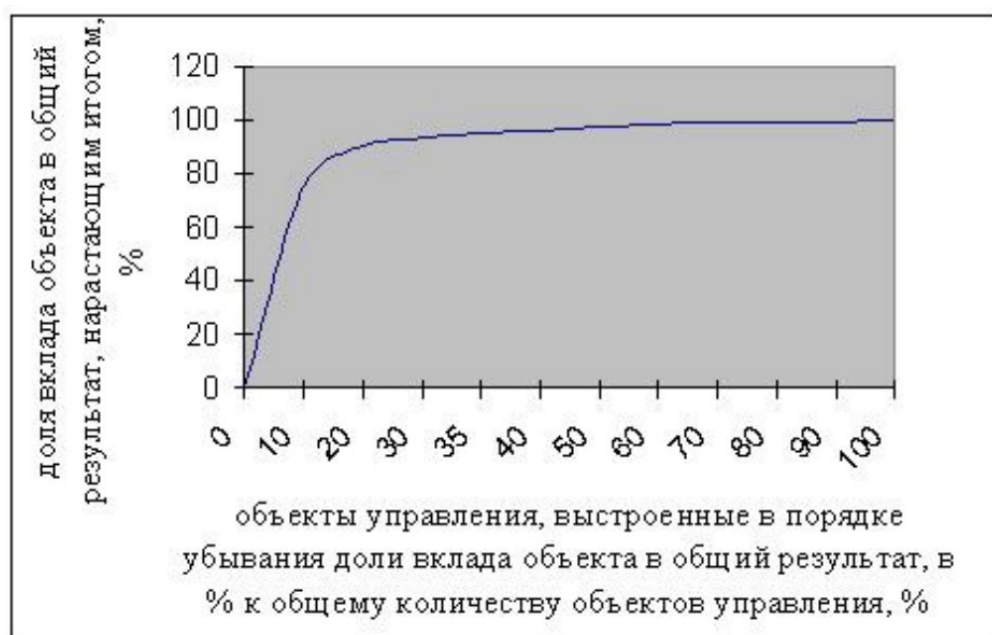


Рисунок 1.17 – Графическая интерпретация «Метода ABC». Источник: [89].

Данный тезис мы подтвердим в следующей главе, посвященной исследованию математических моделей прогнозирования и систематизации аналитических методов многокритериальной оптимизации, поэтому не будем подробно останавливаться на данном тезисе и перейдем к анализу следующего метода оценок эффективности производства в современных условиях.

**Метод «Анализ XYZ»** посвящён решению прикладных транспортных задач в условиях нестабильности рыночных отношений, то есть при наличии значительного дисбаланса между спросом и предложением на транспортные услуги. В соответствии с данным методом все виды транспортный услуг, оказываемых предприятием, разделены на несколько групп (как правило, на три) по признаку регулярности обращений за ними из внешней среды: постоянные, регулярные и эпизодические.

Далее предполагается на основе статистических данных за предшествующие периоды определить вероятностные характеристик возможного спроса на транспортные услуги посредством коэффициента вероятности [89].

$$v = \frac{\sqrt{\frac{\sum(x_i - x_c)^2}{n}}}{x_c} 100\% \quad (1.1)$$

где  $x_i$ — $i$ -е значение спроса по рассматриваемой позиции;

$x_c$  – среднее значение спроса по оцениваемой позиции за рассматриваемый период ( $n$ ) [89].

Необходимость определения коэффициента вероятности подтверждает, что исследуемый процесс не подчиняется известным законам распределения случайных величин, то есть имеет место информационное состояние неопределенности. Можно сделать вывод, что широкое применение на практике [90, 91, 92, 93, 94] методов «Анализ ABC» и «Анализ XYZ» лишь подтверждает тезис о том, что современные транспортно-логистические системы функционируют в условиях неопределенности, вызываемых нестабильностью баланса спроса и предложения и многокритериальностью целеполагания. Но исследование функционала транспортно-логистической системы на уровне региона или отрасли, то есть на более высоком иерархическом уровне, затрудняется ввиду отсутствия единых баз по всей необходимой совокупности исходных данных (по всем объектам производства). Именно это обстоятельство вынуждает к созданию

цифровых информационно-аналитических платформ (типа «ГосЛог»), в рамках которых можно было бы:

- интегрировать необходимую статистическую информацию;
- производить соответствующее аналитическое моделирование, на основании которого, в свою очередь, разрабатывать модели более высокого уровня отраслевого и межотраслевого прогнозирования.

Поэтому в силу сложившихся субъективных и объективных причин при анализе текущей ситуации и построении моделей прогнозов развития транспортно-логистической системы в РФ в настоящее время применяется **третья группа методов – методы экспертной оценки.**

Экспертные методы прогнозирования (методы экспертных оценок) основаны на использовании квалифицированных специалистов в исследуемой области (экспертов) в качестве основных источников информации для оценки перспектив развития исследуемых объектов. Это определяет основное преимущество метода экспертных оценок – возможность анализа и прогноза развития объекта исследования при отсутствии полноценной базы исходных данных или установленных закономерностей развития исследуемых процессов.

Однако в большинстве случаев применяется комбинированная модель принятия решения, когда эксперты производят оценку эффективности производства, используя два описанных выше метода, либо производится обработка данных, полученных на основе экспертного опроса с использованием математических методов обработки данных. Модель экспертного оценивания в свою очередь можно тоже разделить на две группы.

**Первая группа моделей экспертного оценивания**– это качественная оценка исследуемых или прогнозируемых процессов, когда эксперты определяют свое мнение без привлечения количественных данных. Примером данной модели могут служить различные опросы или обзоры, направленные на выявление мнений и предложений экспертов транспортной отрасли при создании принципиально новых проектов. Например, по проекту создания платформы «ГосЛог» было проведено

обзорное исследование [95]. В обзоре приняли участие представители крупных компаний транспортно-логистического рынка РФ — ГК «Деловые Линии», «Скиф-Карго», «ЛогистикАвто», «ДА-ТРАНС», «Грузовичкоф», NC Logistic и ПЭК.

В процессе обсуждения были вскрыты как преимущества разрабатываемого проекта, так и проблемы, которые могут сопровождать его развитие. Естественно, что данный тип экспертного оценивания сложно назвать объективным в контексте основных постулатов системного подхода, несмотря на опыт и квалификацию участвующих экспертов. Как не парадоксально, именно квалификация экспертов в данном случае играет отрицательную роль.

Поясним: все участники обзора в той или иной степени являются непосредственными участниками исследуемого процесса и круг решаемых ими задач находится в эндогенном информационном пространстве исследуемой проблемы, а положение системного подхода требует получения решения, которое соответствует как эндогенной, так и экзогенной природе источников информации, сопровождающей исследуемый процесс. То есть непосредственные участники исследуемого процесса априори не могут быть носителями объективной информации, а их решения могут носить субъективный характер. На основе опыта участия в подобных опросах можно заметить, что они могут являться средством для поиска новых идей, а также могут использоваться для отсека не- или слабореализуемых предложений. В качестве недостатков методов экспертной оценки стоит выделить:

- Субъективность – эксперт даёт оценку на основании своего собственного ограниченного опыта.
- Пристрастность – эксперт может иметь свои интересы, которые повлияют на его итоговую оценку.
- Политизированность – эксперт может не иметь возможности высказать своё истинное мнение в силу того, что оно будет противоречить определённому курсу.

- Вероятные сложности с оценкой новых технологий – эксперт использует собственный прошлый опыт, поэтому не обязательно сможет оценить новые разработки, с которыми он ранее не сталкивался. Зачастую наличие большого опыта мешает беспристрастной оценке новых разработок.

**Вторая группа моделей экспертного оценивания** – содержит не только качественную, но количественную оценку исследуемых или прогнозируемых процессов. В большинстве случаев, таких как [95,96,98,99] содержится сравнительная количественная оценка деятельности транспортно-логистических компаний, при этом как правило оценка производится по отдельным либо объемным, либо экономическим показателям.

В отдельных случаях [100] содержатся не только данные по количеству выполненной транспортной работы или тарифам на перевозки, но и рассчитывается рейтинг предприятий по ряду финансовых показателей: выручка от транспортно-логистической деятельности, доходы от внутренних и международных перевозок, доходы от хранения грузов, доходы от экспедиторских и логистических услуг, годовая выручка и т.д. Важно отметить, что в [100] приводится методология расчёта, по которой образовался рейтинг, и констатируются основные проблемы, которые мешают получить объективные оценки, а именно:

- 1) компании осуществляют не только транспортные услуги, но и ряд других видов деятельности: сопутствующее производство, торговля и т.д.;
- 2) разнородность участников рынка, и, как результат, мало-сопоставимость компаний и сложность перехода к «общему знаменателю».
- 3) отсутствие понимания, с точки зрения законодательства, чем отличаются транспортно-логистические предприятия от логистических компаний;
- 4) дробление выручки от транспортно-логистической деятельности по видам «для компаний разных сегментов: если для портовых операторов основное — выручка от погрузочно-разгрузочных работ, то для операторов склада — от хранения и складирования, для автоперевозчиков — от перевозки и экспедирования» [100].

Несмотря на вышеуказанные трудности применения методов экспертного оценивания, у них есть еще преимущество – возможность прогнозировать «скачкообразные» изменения в процессе развития объекта или производить поиск принципиально новых идей и организационно-технических решений.

Заметим, что определённая перспектива видится в итерационном использовании моделей первой и второй группы, когда на первом этапе эксперты отбирают определённые компании для анализа, на втором эти компании анализируются с помощью количественных методов, далее результат оценивается экспертами и, при необходимости, вносятся корректировки в количественные методы для проведения повторной или дополнительной оценки.

Поиск новых идей и решений – чрезвычайно сложная и во многом творческая процедура, полностью формализовать и описать которую практически не представляется возможным. Тем не менее в последние годы предпринимаются многочисленные попытки отобрать, систематизировать и подробно описать хотя бы часть наиболее эффективных приемов и методов данного рода творчества. В настоящее время получили значительное развитие методы машинного обучения на основе нейросетевых технологий и моделирование исследуемых процессов с помощью интеллектуальных экспертных систем, которые помогут преодолеть основной недостаток, присущий методам экспертных оценок – высокая степень субъективизма. При этом основная задача заключается в интеграции достижений научно-технического прогресса с научно-обоснованными методами их применения. Создание на основе новых цифровых технологий методологии оценки эффективности транспортно-логистического производства на уровне межотраслевого взаимодействия требует разработки ряда оригинальных математических моделей, основанных на аналитических методах принятия эффективных решений, адаптированных для решения актуальных задач инновационного развития и цифровизации деятельности в условиях недостаточности информации или неопределённого состояния среды. Повысить степень определённости, а, следовательно, получить достоверные оценки и прогнозы по направлениям эффективного развития транспортно-логистической

системы РФ возможно, оптимизируя все компоненты и направления деятельности, опираясь на цифровые базы данных и обладая навыками их обработки.

Отсутствие в настоящее время научно-методологических разработок, позволяющих формировать процесс управления транспортно-логистическими системами, использующих в своей деятельности цифровые платформы, позволяет говорить, что проблема, стоящая в центре данного исследования, не решена или решена лишь частично.

### **Выводы по первой главе**

В первой главе, посвященной генезису проблемы неэффективного состояния транспортного производства в РФ и определения возможных путей повышения качества управления, произведён анализ современного состояния транспортно-логистического сектора обслуживания экономики РФ. В процессе анализа ряда информационных источников и научных публикации были **выявлены** признаки проблемной ситуации, а именно: при практически неизменной величине доли транспорта в ВВП РФ (около 8-10 %) за последнее десятилетие и незначительно увеличивающихся объемах перевозок и в то же время при кратном увлечении ВВП, транспортная отрасль с каждым годом «поглощает» все большее количество ресурсов из экономики РФ. **Определено**, что в условиях значимой поддержки государством транспортной отрасли неэффективное использование ресурсов недопустимо. Особенно явно обозначенная проблема проявляется при анализе результативных показателей эффективности функционирования автомобильного транспорта. Если разрыв в динамике роста между показателем грузооборот и объем перевозок в целом на транспорте составляет 3-4 значения, то отставание роста показателей объемов перевозок от грузооборота на автомобильном транспорте составляет около 20-ти значений. Таким образом состояние подсистемы автомобильных грузовых перевозок в системе транспортной отрасли РФ можно определить как неэффективное и требующее реструктуризации.

В процессе исследования существующей системы и организации деятельности транспортной отрасли **обосновано**, что её общая модель является:

- многокритериальной с противоречивым целеполаганием;
- сложной, то есть содержащей большое количество разнородных по количеству и по природе происхождения индикаторов;
- многоуровневой, так как реализация поставленных целей не может быть достигнута на счёт решения задач в одной плоскости управления;
- открытой, то есть подверженной значительному влиянию факторов внешней и внутренней среды с неизвестными вероятностными характеристиками.

В данных условиях решение обозначенной проблемы возможно только с применением объективных научных подходов, основанных на аналитических методах оценки эффективности транспортно-логистических предприятий. В соответствии с постулатами теории информационного взаимодействия решение данной научной проблемы возможно с применением энтропийного подхода, суть которого сводится к разработке антиэнтропийных инструментов. Назначение антиэнтропийных инструментов – снижение энтропии (меры неопределенности) в исследуемой системе. Основным инструментом энтропийного подхода является теория принятия решений, основанная на моделях теории игр. Учитывая сложность информационного пространства исследуемой открытой системы, то есть подверженной значительному влиянию внешнего факторного пространства, для решения задач исследования следует использовать теорию игр с природой (факторов). Особенностью теории игр с природой факторов, обуславливающей её применение, является возможность разработки моделей принятия решений в условиях неопределенности, то есть, когда значения показателей эффективности исследуемых процессов функционирования транспортно-логистических компаний не подчиняется вероятностным законам распределения случайных величин. Объективным инструментом реализации энтропийного подхода при организации сложного характера взаимодействия между многочисленными объектами управления в транспортной отрасли являются цифровые технологии.

**Установлено**, что переход к современным цифровым технологиям сможет создать механизмы снятия неопределенности в транспортно-логистической системе РФ и позволит вывести решение отраслевых задач управления на новый качественный уровень.

**Доказано**, что в условиях, когда критерии эффективности транспортной отрасли определены и задекларированы в государственных национальных программах развития, требуется ввести новое понятие «**транспортно-логистическое производство**», в большей степени отражающее суть и содержание исследуемой проблемы. Поскольку в отличие от транспортно-логистической деятельности транспортно-логистическое производство подразумевает не только оценку эффективности предшествующего и текущего состояния, но и как любая производственная деятельность подразумевает операции по управлению функционалом исследуемой системы и прогнозированием её эффективного развития. Поэтому методы и оценки транспортно-логистического производства необходимо рассматривать в контексте построения моделей прогноза. В настоящее время прогнозирование входных данных для оптимизации характеристик транспортно-логистической системы производится методами экспертного оценивания. Основными результатами процедур экспертного оценивания являются различные «рейтинги» структур и элементов, входящих в исследуемую транспортно-логистическую систему. Поэтому, подводя первые итоги исследования можно определить его цели и задачи.

Целью диссертационного исследования является разработка методологии системной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий, комплексно учитывающей целеполагание устойчивого развития сложной многоуровневой структуры внутри- и межотраслевого взаимодействия

Задачи исследования:

1. Обосновать актуальность и необходимость решения задачи разработки методологии системной оценки эффективности транспортно-логистических

предприятий, комплексно учитывающей целеполагание устойчивого развития сложной многоуровневой структуры внутри- и межотраслевого взаимодействия.

2. Разработать единые принципы и методы оценки эффективности транспортно-логистических предприятий для обеспечения репрезентативности и сопоставимости результатов оценки, учитывающие высокую степень неопределенности в исследуемой системе.

3. Разработать концепцию рейтинговой оценки эффективности транспортно-логистических предприятий, содержащую набор целевых функций и показателей, и являющуюся инструментом оптимизации в модели управления сложной многоуровневой системы транспортной отрасли РФ.

4. Разработать аналитические инструменты (модель) оценки эффективности объектов в сложных системах, позволяющие координировать функционал их взаимодействия на различных иерархических уровнях в целях сбалансированного развития транспортной отрасли РФ.

5. Разработать алгоритмы и программное обеспечение, реализующие в цифровом формате модель разработанной рейтинговой оценки эффективности транспортно-логистических предприятий.

6. Произвести численный эксперимент, апробирующий количественную оценку, сравнение и анализ эффективности транспортно-логистических предприятий в целях формирования электронного рейтинга, обеспечивающего объективными данными объекты и субъекты системы транспортно-логистического производства в РФ

7. Разработать совокупность методик по применению методов, моделей и программного обеспечения, реализующих методологию системной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий.

## 2. СИСТЕМАТИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА В СТРУКТУРАХ РЕЙТИНГОВОГО ОЦЕНИВАНИЯ

### 2.1 Систематизация структуры методов оценки эффективного состояния транспортного логистического производства в контексте методологии прогностики

В первой главе настоящего исследования было установлено, что транспортно-логистическое производство представляет собой комплексную систему деятельности, выходящую за рамки простой констатации и оценки предшествующего или текущего состояния объекта исследования. Подобно любой форме производственной деятельности, транспортно-логистическое производство имманентно включает операции по активному управлению функционалом исследуемой системы и прогнозированию траекторий ее эффективного развития в перспективе. Данная особенность принципиально отличает производственную систему от статичного объекта наблюдения и налагает специфические требования на методологический аппарат исследования.

Следовательно, методы оценки эффективности транспортно-логистического производства не могут рассматриваться изолированно от задач прогнозирования. Они должны быть концептуально и инструментально интегрированы в общую методологическую рамку построения прогностических моделей, обеспечивающих информационно-аналитическую основу для принятия управленческих решений, направленных на оптимизацию функционирования системы и достижение заданных целевых показателей.

Анализ современной практики оценки и прогнозирования состояния транспортно-логистической системы Российской Федерации выявляет противоречивую ситуацию. С одной стороны, наблюдается активное применение методов, позиционируемых как прогностические, для обоснования стратегических решений в области развития транспортной инфраструктуры и организации логистических процессов. С другой стороны, детальный методологический анализ

данных подходов свидетельствует о том, что в подавляющем большинстве случаев они относятся к третьей группе методов прогнозирования – методам экспертного оценивания, которые при всей своей практической ценности обладают существенными ограничениями в контексте формирования научно обоснованных долгосрочных прогнозов.

В настоящее время доминирующей практикой прогнозирования входных данных для оптимизации характеристик транспортно-логистической системы является применение различных процедур экспертного оценивания. Основными результатами таких процедур выступают разнообразные рейтинги структурных подразделений, отдельных предприятий и элементов, входящих в исследуемую транспортно-логистическую систему. При этом наблюдается смешение понятий «оценка», «прогноз» и «рейтинг», что приводит к методологической путанице и снижает качество аналитических выводов.

Важно подчеркнуть, что экспертные методы с позиций научной методологии представляют собой в первую очередь специфический класс методов прогнозирования, применяемых в условиях информационного дефицита. Данные методы обеспечивают возможность анализа и прогнозирования развития объекта исследования при отсутствии полноценной базы количественных исходных данных или при невозможности установления детерминированных закономерностей развития исследуемых процессов на основе имеющейся информации.

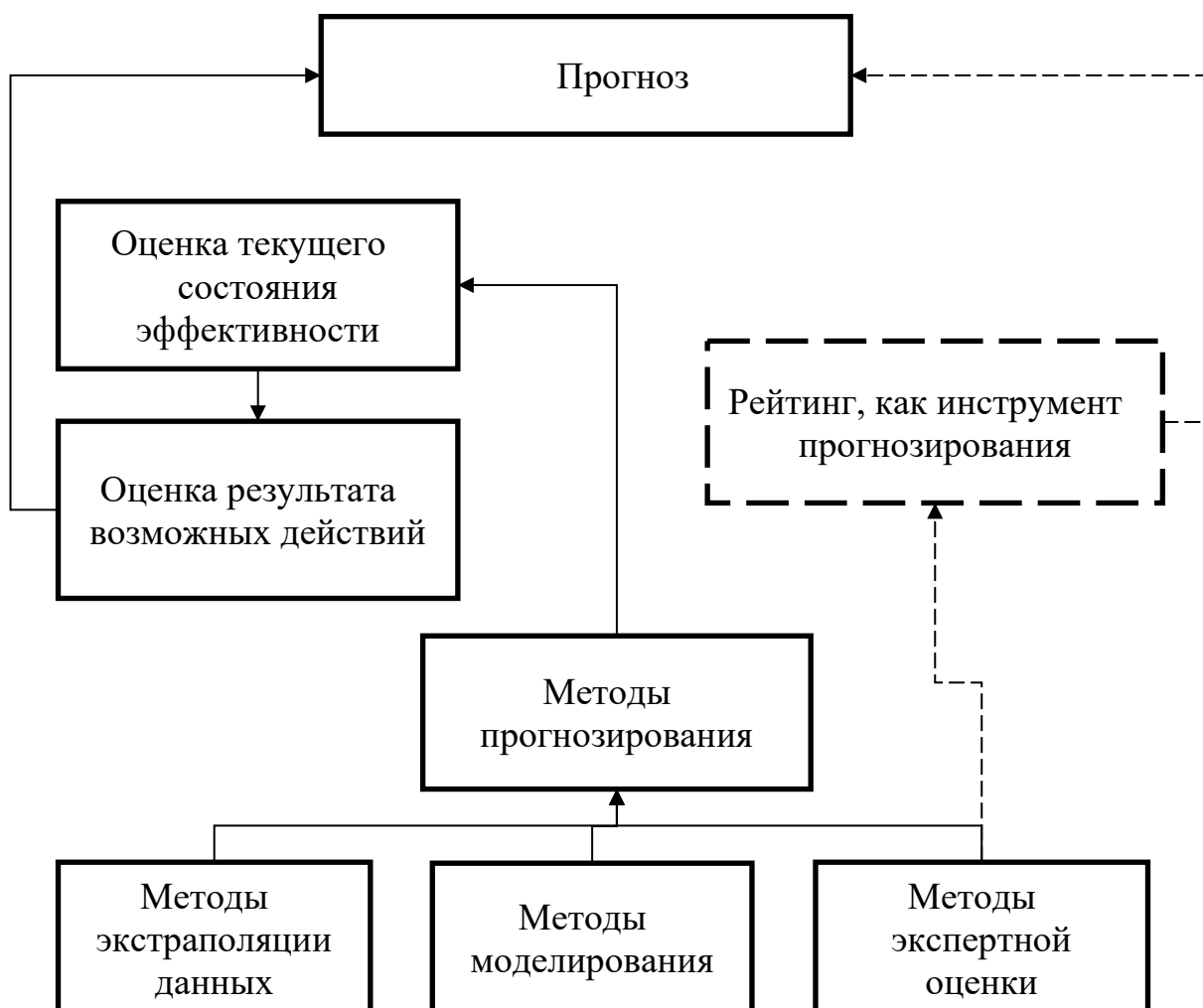
Для корректного понимания места и роли рейтинговых оценок в системе научного знания о транспортно-логистических системах необходимо рассмотреть понятие «рейтинг» в контексте научной дисциплины прогностики – области знания, изучающей общие принципы и методы прогнозирования развития объектов любой природы и закономерности процесса разработки прогнозов.

Интенсивное развитие прогностики как самостоятельной научной дисциплины было обусловлено практической потребностью в систематизированных методах предвидения будущего, возникшей в связи с усложнением организационно-технических систем, расширением состава и круга

решаемых ими задач, а также активным развитием инструментария программного и компьютерного моделирования. Современные сложные системы, к которым относятся транспортно-логистические комплексы, характеризуются множественностью взаимосвязанных элементов, нелинейностью процессов, значительной инерционностью, что делает невозможным эффективное управление без научно обоснованного предвидения траекторий развития.

Принципиальное отличие моделей прогнозирования от моделей оценки эффективности заключается в наличии и учете представлений о пространстве возможных управляющих воздействий в исследуемой системе и их последствий для состояния системы. Модели оценки эффективности фокусируются на диагностике текущего или ретроспективного состояния системы, тогда как прогностические модели ориентированы на предвидение будущих состояний системы при различных сценариях внешних условий и управленческих решений.

На рисунке 2.1 представлена принципиальная схема, отражающая структуру взаимодействий в системах прогнозирования и иллюстрирующая качественное различие между процедурами оценки и прогнозирования.



**Рисунок 2.1** – Принципиальная схема, отражающая взаимодействие в системах прогнозирования. Источник: [разработано автором].

Представленная на рисунке 2.1 концептуальная схема в упрощенной форме демонстрирует фундаментальное противоречие между процедурами полноценного прогнозирования состояния объекта или системы и технологиями получения современных рейтинговых оценок. Сопоставление этих двух подходов к формированию знаний о состоянии логистических транспортных систем обусловлено двумя принципиальными обстоятельствами.

Во-первых, проведенный анализ современного состояния развития логистических транспортных систем в Российской Федерации выявил парадоксальную ситуацию. С одной стороны, наблюдается выраженная

заинтересованность со стороны государственных органов управления в формировании институциональных структур, специализирующихся на объективной оценке и составлении прогнозов развития транспортной отрасли. Об этом свидетельствует создание специализированных аналитических центров, выделение значительных ресурсов на проведение исследований, регулярная публикация отраслевых обзоров и прогнозных документов.

С другой стороны, детальный методологический анализ продукции данных институциональных структур свидетельствует об отсутствии единой научно обоснованной методологии, которая могла бы быть положена в основу перспективных моделей прогнозирования. Вместо систематизированного методологического подхода в данной сфере доминируют разнородные по своей теоретической основе, степени формализации и верифицируемости технологии и процедуры оценки показателей транспортной деятельности. Данная методологическая эклектика препятствует сопоставимости результатов различных исследований, затрудняет накопление систематизированного знания и снижает надежность прогнозов.

Во-вторых, в большинстве случаев современные технологии оценки текущего состояния исследуемых логистических транспортных систем различной локализации и масштаба опираются преимущественно на методы экспертного оценивания. При этом результаты применения данных методов нередко некорректно позиционируются как «прогнозы», что приводит к подмене понятий и формированию неадекватных ожиданий относительно предсказательной способности таких оценок.

Показательным примером данной практики служит документ [41], который содержит преимущественно ретроспективную оценку состояния экономики Российской Федерации с элементами экспертной экстраполяции выявленных трендов, однако позиционируется под названием «Прогноз экономики России за период 2018 по 2024 г.». Такая терминологическая небрежность не является безобидной: она размывает границы между научными категориями, снижает

критичность восприятия аналитических материалов и может приводить к неоптимальным управленческим решениям.

Активное развитие прогностики как научной дисциплины в последние десятилетия привело к формированию обширного методологического арсенала, включающего множество методов, процедур и приемов прогнозирования, существенно различающихся по своим теоретическим основаниям, областям применения и практической значимости. По оценкам ведущих зарубежных и отечественных специалистов в области прогностики, к настоящему времени разработано и описано свыше 150 специфических методов прогнозирования [103,104,105].

Однако необходимо отметить, что число базовых, фундаментальных методов прогнозирования, которые воспроизводятся в различных вариациях и модификациях в других методах, значительно меньше. Многие из номинально самостоятельных «методов» в действительности представляют собой либо отдельные приемы или процедуры, применяемые в рамках базовых методов, либо комбинации базовых методов с незначительными модификациями. Другие позиционируемые как самостоятельные методы в действительности являются наборами отдельных приемов, отличающимися от базовых методов или друг от друга лишь количеством частных процедур или последовательностью их применения.

Данное обстоятельство множественности и гетерогенности методов прогнозирования предопределяет необходимость их систематизации и классификации. Обоснованная классификация методов прогнозирования обеспечивает несколько важных функций: ориентацию исследователя в многообразии доступных методов, рациональный выбор метода в соответствии со спецификой объекта прогнозирования и характером доступной информации, идентификацию методологических пробелов и направлений развития прогностического инструментария.

Согласно классической системе классификации, восходящей к фундаментальным работам по общей теории прогнозирования, все методы

прогнозирования подразделяются на два основных класса: фактографические и экспертные методы. В качестве классификационного критерия, разграничивающего эти два класса, принимается источник получения прогностической информации – фундаментальное основание, определяющее специфику метода.

Фактографические методы прогнозирования базируются на использовании фактографической информации – объективных данных о прошлом и настоящем состоянии объекта прогнозирования, количественных характеристиках процессов, статистических закономерностях. Данные методы опираются на принцип инерционности развития: предположение о том, что закономерности, проявившиеся в прошлом, с определенной вероятностью сохранятся и в будущем. Ключевым требованием для применения фактографических методов является наличие достаточного объема достоверной количественной информации о факторах, влияющих на объект прогнозирования, и их взаимосвязях с прогнозируемыми показателями.

Экспертные методы прогнозирования базируются на экспертной информации – систематизированных суждениях специалистов, обладающих глубокими знаниями в соответствующей предметной области. Данные методы опираются на интуицию, профессиональный опыт, способность экспертов к обобщению разнородной информации, включая неформализованные знания, аналогии, прецеденты.

Принципиальное различие между фактографическими и экспертными методами заключается не только в источнике информации, но и в степени формализации процедур прогнозирования, верифицируемости результатов, возможности воспроизведения прогноза различными исследователями. Фактографические методы характеризуются высокой степенью формализации и объективности, тогда как экспертные методы неизбежно содержат элемент субъективности.

Экспертные методы прогнозирования применяются в ситуациях двух типов. Первый тип ситуаций характеризуется чрезмерной простотой объекта

прогнозирования, когда применение формализованных методов нецелесообразно с точки зрения соотношения затрат и ожидаемого выигрыша в точности прогноза. Второй, более распространенный тип ситуаций определяется высокой сложностью объекта прогнозирования, когда аналитический учет влияния множественных взаимодействующих факторов практически невозможен в силу ограничений доступной информации, вычислительных ресурсов или современного уровня развития теории.

Именно ко второму типу относятся современные логистические транспортные системы. Данные системы априори характеризуются высокой структурной и функциональной сложностью, множественностью взаимосвязанных элементов, нелинейностью процессов. Дополнительно они подвергаются значительному влиянию факторного пространства внешней среды – экономических, политических, технологических, социальных факторов, характеризующихся высокой динамичностью и слабой предсказуемостью. Совокупное воздействие внутренней сложности системы и внешней неопределенности приводит исследуемое информационное пространство к состоянию фундаментальной неопределенности, в котором применение детерминированных моделей оказывается неэффективным.

Поэтому вполне обоснованным является обращение к различным моделям экспертного оценивания, позволяющим структурировать и формализовать профессиональные суждения специалистов, обладающих экспертизой в соответствующей области. Полученные в результате применения экспертных процедур индивидуальные или коллективные экспертные оценки могут использоваться двояко: либо как конечные прогнозные суждения, принимаемые в качестве основы для управленческих решений, либо в качестве исходных данных в комплексных гибридных методиках прогнозирования, синтезирующих экспертные оценки с фактографическими методами.

В зависимости от общих методологических принципов организации экспертизы и способа получения экспертной информации применяемые в современной практике методы экспертного оценивания подразделяются на две

основные группы: индивидуальные и коллективные экспертные методы, каждая из которых включает несколько специфических подгрупп и конкретных методов [106,107,108].

Группа индивидуальных экспертных методов объединяет подходы, в которых прогностическая информация формируется на основе суждений отдельных экспертов без организации непосредственного взаимодействия между ними. В зависимости от способа получения прогнозной информации индивидуальные экспертные методы дифференцируются на следующие основные подгруппы:

Метод индивидуальной экспертной оценки представляет собой базовую процедуру, в рамках которой эксперт самостоятельно формулирует прогностическое суждение на основе своих знаний, опыта и интуиции. Данный метод характеризуется максимальной простотой реализации, но одновременно высокой подверженностью индивидуальным предубеждениям и ошибкам эксперта.

Метод интервью предполагает структурированное взаимодействие исследователя с экспертом в форме интервью, в ходе которого последовательно обсуждаются различные аспекты объекта прогнозирования. Преимуществом данного метода является возможность детализации и уточнения экспертных суждений, выявления логики рассуждений эксперта.

Метод построения прогнозного сценария основан на разработке экспертом нарративного описания возможных последовательностей событий, ведущих от текущего состояния системы к различным будущим состояниям. Сценарный подход позволяет учитывать альтернативные траектории развития, качественные изменения, критические точки бифуркации.

Морфологический анализ представляет собой структурированный метод исследования всех теоретически возможных комбинаций параметров многомерной системы с целью выявления потенциально реализуемых конфигураций. Данный метод особенно эффективен для прогнозирования технических систем и технологических решений.

Аналитические экспертные исследования предполагают проведение экспертом глубокого анализа объекта прогнозирования с использованием доступной информации, теоретических моделей, расчетных процедур. Результатом является аналитический отчет, содержащий обоснованные прогностические суждения.

Коллективные экспертные методы применяются в ситуациях, требующих комплексной оценки многоаспектных объектов прогнозирования или повышения надежности прогнозов за счет агрегирования суждений нескольких экспертов. Данные методы представляют собой комплексные системы прогнозирования, в которых органично сочетаются процедуры получения индивидуальных экспертных оценок и статистические методы обработки этих оценок для формирования консолидированного прогноза.

Поскольку статистические методы обработки применяются во вспомогательных процедурах выработки прогнозной информации и не определяют существа метода, целесообразно классифицировать коллективные экспертные методы прогнозирования как сингулярные (частные) методы, относящиеся к классу экспертных. К наиболее распространенным и методологически разработанным коллективным экспертным методам относятся:

Метод экспертных комиссий основан на организации совместного обсуждения проблемы группой экспертов с целью выработки консолидированного суждения. Данный метод обеспечивает взаимное обогащение позиций экспертов, критическое обсуждение аргументов, но подвержен влиянию группового мышления и доминирования авторитетных участников.

Метод «Дельфи» представляет собой итеративную процедуру анонимного опроса экспертов с предоставлением им на каждой итерации обобщенной информации о суждениях других экспертов. Данный метод минимизирует негативные эффекты группового взаимодействия, стимулирует конвергенцию экспертных оценок на основе обоснованных аргументов.

Метод коллективной генерации идей, известный также как метод «мозговой атаки» или «мозгового штурма», направлен на стимулирование креативности

экспертов путем создания условий для свободного высказывания идей без критической оценки на начальном этапе. Данный метод эффективен для генерации инновационных решений и выявления нетривиальных сценариев развития.

Метод деструктивной отнесенной оценки основан на организации критического анализа экспертами позиций оппонировающих групп с целью выявления слабых мест в аргументации и формирования более обоснованных прогнозов.

При использовании фактографических методов прогнозирования, опирающихся на количественную информацию о прошлом и настоящем состоянии объекта, возможны два принципиально различных методологических подхода.

Первый подход заключается в попытке вскрыть причинно-следственный механизм формирования прогнозируемого показателя. Данный подход предполагает идентификацию факторов, определяющих поведение целевого показателя, установление характера и силы их влияния, построение модели, описывающей процесс формирования показателя под воздействием факторов. Реализация данного подхода требует наличия теоретических представлений о механизмах исследуемых процессов и приводит к построению причинно-следственных математических моделей поведения объекта.

Второй подход основан на принципе инерционности: предположении о том, что закономерности изменения показателя, проявившиеся в прошлом, будут сохраняться и в будущем. В рамках данного подхода исследователь не пытается проникнуть в механику изменения состояния объекта, а формирует прогноз путем экстраполяции выявленных в прошлом трендов изменения показателя. Временной ряд прогнозируемого показателя анализируется изолированно, без явного учета влияющих факторов.

Данные два методологических подхода формируют основание для разделения фактографических методов прогнозирования на две большие группы: методы моделирования и методы экстраполяции тенденций.

Необходимо отметить методологическую дискуссию относительно обоснованности противопоставления моделирования и экстраполяции. Некоторые

исследователи указывают на условность данного разграничения, аргументируя свою позицию тем, что экстраполяция тенденций как обязательное условие также предполагает построение математической модели. Действительно, процедура экстраполяции невозможна без формализации выявленной закономерности в виде некоторой математической функции.

Однако при простой экстраполяции математическая модель строится в редуцированном пространстве переменных «прогнозируемый параметр – время», где время выступает не в качестве причинного фактора, а как суррогатная переменная, косвенно отражающая совокупное влияние множества неявно учитываемых факторов. В противоположность этому, методы моделирования предполагают создание более сложной логической или математической конструкции, адекватно представляющей прогнозируемое состояние исследуемого объекта или системы.

Построенная в рамках методов моделирования модель эксплицитно учитывает наличие сложных, часто нелинейных и опосредованных связей между множественными параметрами объекта или между взаимодействующими объектами в системе. Модель может включать обратные связи, запаздывания, пороговые эффекты, режимные переключения. Поэтому процедура построения адекватных математических моделей является существенно более сложной по сравнению с процедурой экстраполяции тенденций, и эта сложность возрастает по мере усложнения структуры исследуемой системы.

Логистические транспортные системы, особенно мультимодальные системы, интегрирующие несколько видов транспорта, характеризуются высокой структурной и функциональной сложностью. Данное обстоятельство требует разработки специальных методов моделирования, позволяющих достоверно прогнозировать траектории эффективного развития таких систем с учетом их специфических особенностей. Следовательно, необходимо более детально рассмотреть типологию и специфику методов моделирования.

Методы моделирования подразделяются по типу используемых моделей на несколько основных групп: информационные модели, математические модели, логические модели-образы и их производные комбинации.

Информационные модели составляют методологическую основу целого ряда специализированных методов прогнозирования, в которых прогностическая информация извлекается из анализа массивов документальной информации. К данной группе относятся: патентный метод прогнозирования, основанный на анализе динамики патентования изобретений в определенной области; цитатно-индексный метод, использующий анализ цитирования научных публикаций для выявления перспективных направлений исследований; публикационный метод прогнозирования, опирающийся на динамику количества и тематики научных публикаций; метод сканирования научного задела, предполагающий систематический мониторинг научных достижений для выявления прорывных направлений.

Математические модели представлены в широком спектре методов прогнозирования, использующих аппарат различных разделов математики для формализации процессов и построения прогнозов. К наиболее значимым методам данной группы относятся: метод игрового моделирования, применяющий теорию игр для анализа стратегического взаимодействия; сетевой метод, использующий теорию графов для планирования и прогнозирования сложных проектов; матричный метод прогнозирования, опирающийся на аппарат матричной алгебры для анализа межотраслевых взаимодействий; метод математической аналогии, основанный на выявлении и использовании формальных соответствий между различными процессами; методы оптимизации параметрических рядов, применяемые для прогнозирования развития технических систем.

Логические модели-образы используются в методах, опирающихся на качественное, концептуальное подобие между различными объектами или процессами. К данной категории относятся: метод исторических аналогий, предполагающий прогнозирование на основе выявленных закономерностей развития аналогичных систем в прошлом; методы имитационного моделирования,

воспроизводящие логику функционирования системы без полной математической формализации; методы, основанные на теории распознавания образов, использующие алгоритмы классификации для прогнозирования принадлежности объектов к определенным категориям.

Необходимо отметить, что в силу необходимости применения специализированного математического аппарата и высоких требований к квалификации исследователей методы математического моделирования в практике прогнозирования применяются значительно реже, чем методы из группы экстраполяции тенденций, характеризующиеся большей доступностью и простотой реализации.

Методы экстраполяции тенденций также характеризуются значительным внутренним разнообразием и подразделяются на несколько подгрупп в зависимости от вида процедуры, положенной в основу построения прогноза:

Методы прогнозной экстраполяции и интерполяции основаны на подборе математической функции, аппроксимирующей временной ряд прогнозируемого показателя, и продолжении этой функции за пределы периода наблюдений.

Методы экспоненциального и адаптивного сглаживания используют взвешенные средние прошлых наблюдений с экспоненциально убывающими весами для формирования прогнозов, автоматически адаптируясь к изменениям в характере тренда.

Методы вероятностного моделирования опираются на теорию вероятностей и математическую статистику для построения стохастических моделей прогнозируемых процессов.

Корреляционные и регрессионные методы устанавливают количественные соотношения между прогнозируемым показателем и влияющими факторами на основе анализа статистических взаимосвязей.

Методы экстраполяции по огибающим кривым применяются для прогнозирования предельных характеристик развития систем путем построения огибающих для семейства траекторий развития аналогичных систем.

Для структурного представления существующего разнообразия методов прогнозирования и систематизации их взаимосвязей на рисунке 2.2 представлена интегральная классификационная схема.



Рисунок 2.2 – Классификация методов прогнозирования. Источник: [разработано автором].

Необходимо подчеркнуть, что представленное разделение методов прогнозирования на классы, группы и подгруппы является в определенной степени условным. В практике применения, особенно при реализации комплексных прогностических исследований, часто происходит интеграция и взаимопроникновение различных подходов, моделей и процедур. Методы математического моделирования могут комбинироваться с методами экстраполяции тенденций, фактографические методы дополняться экспертными оценками.

Также необходимо отметить, что представленная классификация не является исчерпывающей и закрытой. Методология прогностики продолжает активно развиваться, появляются новые методы и модификации существующих подходов. Поэтому нижние уровни практических классификаций всегда остаются открытыми для внесения новых элементов, которые могут появляться в процессе дальнейшего развития инструментария прогностики. Некоторые методы, не названные в представленной классификации, являются разновидностями или дальнейшей конкретизацией включенных в схему базовых методов.

Понимание структуры и специфики различных методов прогнозирования создает необходимую основу для критического анализа современной практики оценки эффективности транспортно-логистических систем и разработки научно обоснованной методологии системной оценки, адекватной сложности и специфике объекта исследования.

## **2.2 Исследование применяемых на практике методов экспертной оценки и прогнозирования при оценке эффективности логистических систем**

Критический анализ современных подходов к оценке и прогнозированию состояния логистических транспортных систем в контексте классификационной структуры, представленной в предыдущем параграфе, позволяет выявить доминирующие методологические тенденции и присущие им ограничения. Эмпирические наблюдения свидетельствуют о том, что наиболее

распространенными и часто встречающимися в практике оценки транспортно-логистических систем являются методы, относящиеся к классу экспертных методов прогнозирования.

Доминирование экспертных методов объясняется несколькими объективными и субъективными факторами. Во-первых, транспортно-логистические системы характеризуются высокой степенью сложности и многофакторностью, что затрудняет построение строгих математических моделей. Во-вторых, наблюдается дефицит систематизированной количественной информации о ключевых параметрах функционирования системы, что ограничивает применимость фактографических методов. В-третьих, относительная простота реализации экспертных процедур и их доступность для исследователей, не обладающих глубокой математической подготовкой, способствует их широкому распространению.

Однако детальный анализ конкретных реализаций экспертных методов в практике оценки транспортно-логистических систем выявляет существенные методологические проблемы, снижающие качество и надежность получаемых результатов.

Характерный пример применения экспертных методов представлен в исследовании [109], где для анализа развития рынка электронной коммерции и логистики последней мили используется модифицированный вариант метода интервью. В отличие от классической процедуры структурированного интервью, в данном случае экспертам предоставляется возможность делать заключения об исследуемой проблеме в произвольной форме, опираясь исключительно на заявленную тему исследования без детализированного опросника.

Необходимо отметить положительную особенность данного материала: он содержит значительный объем аналитических данных, посвященных количественной оценке развития исследуемого процесса. На рисунках 2.3 и 2.4 представлены статистические данные, характеризующие структуру онлайн-заказов и интенсивность развития логистической инфраструктуры последней мили в различных городах Российской Федерации.

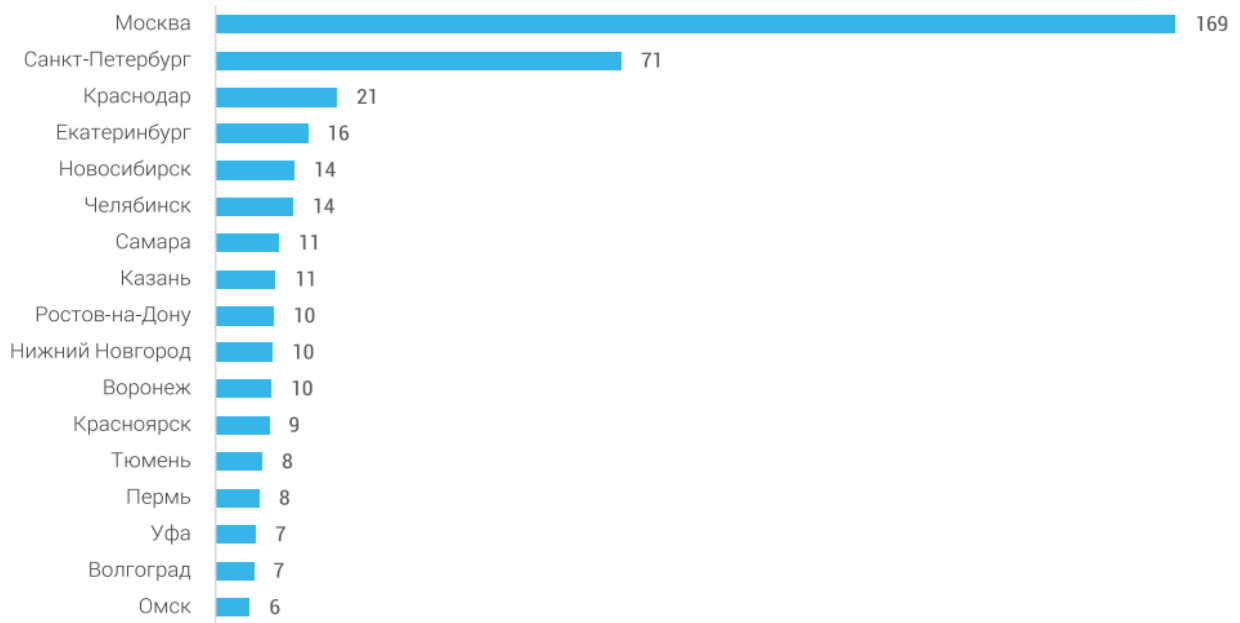


Рисунок 2.3 – Структура распределения онлайн-заказов по городам РФ.

Источник: [109].

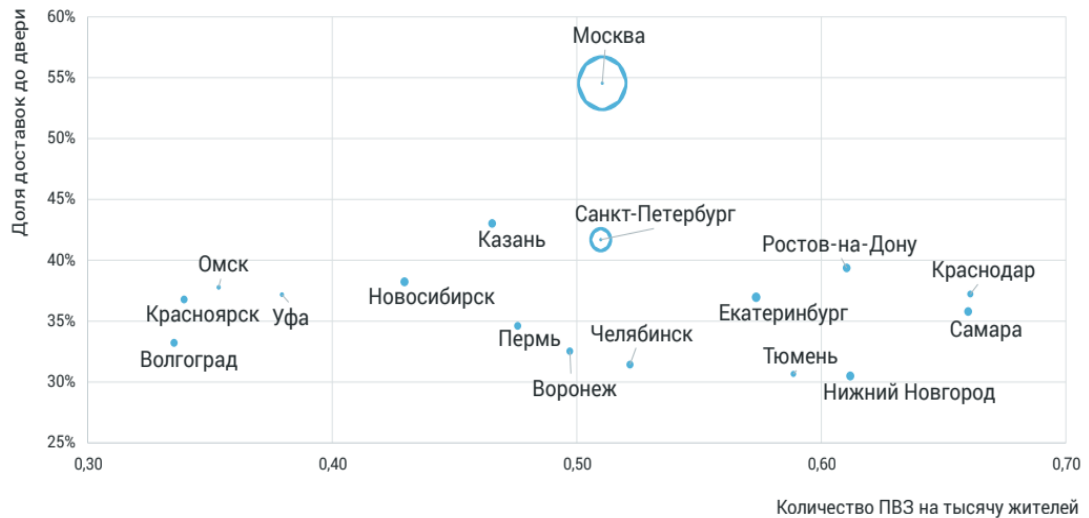


Рисунок 2.4 – Доля доставок до двери по городам РФ, приходящаяся на 1000 жителей. Источник: [109].

Представленные количественные данные обеспечивают ценный эмпирический материал для анализа пространственной дифференциации развития электронной коммерции и логистических услуг. Однако интеграция данных

эмпирических данных с экспертными суждениями в единую аналитическую конструкцию осуществляется недостаточно систематично, что снижает убедительность выводов.

Аналогичный подход к применению экспертных методов оценивания демонстрируется в исследовании [110], целью которого декларируется оценка рынка перевозок крупногабаритных грузов. Данное исследование, подобно предыдущему, характеризуется определенной методологической эклектичностью.

Характерной особенностью обоих рассмотренных исследований [109, 110] является достаточно выраженное пересечение двух пар классических методологических подходов, которые согласно строгой методологической классификации должны были бы применяться отдельно:

Первое пересечение наблюдается между методом интервью и методом аналитических экспертных оценок. Данные методы различаются по способу получения экспертной информации и степени структурированности процесса. Метод интервью предполагает взаимодействие исследователя с экспертом в формате направленной беседы, тогда как метод аналитических оценок основан на самостоятельном анализе эксперта с последующим представлением развернутого заключения. В анализируемых исследованиях наблюдается смешение этих подходов, что проявляется в разнородности представленного материала, сочетающего элементы структурированных ответов на вопросы с развернутыми аналитическими суждениями по широкому спектру тем.

Второе пересечение фиксируется между методами индивидуальных и коллективных экспертных оценок, различающимися по источнику информации и процедуре агрегирования суждений. В рассматриваемых материалах не всегда четко разграничиваются индивидуальные суждения отдельных экспертов и консолидированные коллективные оценки, что затрудняет оценку степени консенсуса или дивергенции экспертных мнений.

Критически важно подчеркнуть, что данное методологическое пересечение, когда в единое моделируемое пространство интегрируются принципиально различные подходы без явной методологической рефлексии и обоснования

правомерности такой интеграции, является характерной особенностью многочисленных материалов, посвященных проблемам развития логистических транспортных систем в Российской Федерации. Методологическая эклектичность естественным образом влечет за собой значительное снижение объективности получаемых оценок, их верифицируемости и сопоставимости между различными исследованиями.

Динамические экспертные оценки, предполагающие анализ временной динамики показателей с элементами прогнозирования, также достаточно широко представлены в современной практике исследования состояния логистических транспортных систем. Показательным примером служит исследование [111], в котором представлены данные по динамике российского рынка транспортно-логистических услуг, в частности сегмента логистического аутсорсинга, за период 2008-2022 годов.

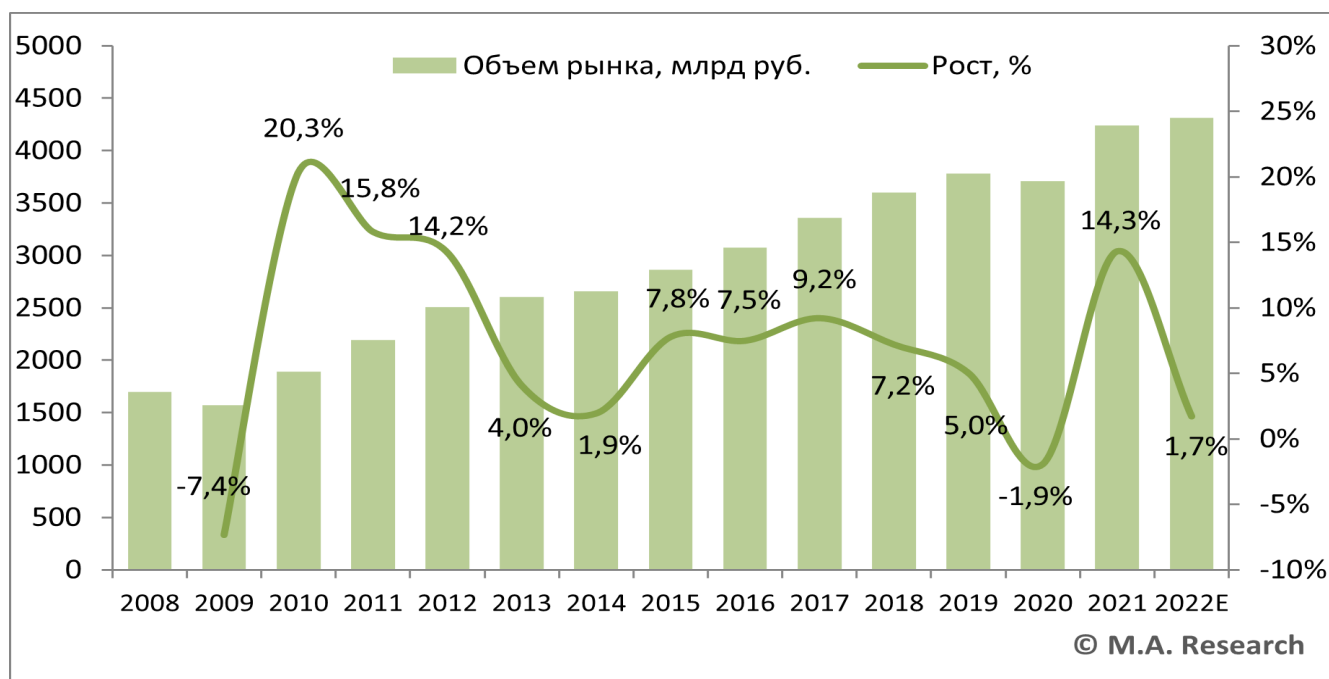


Рисунок 2.5 – Динамика российского рынка транспортно-логистических услуг (логистического аутсорсинга) за 2008-2022 гг. (млрд руб. и %). Источник: [111].

В данном конкретном случае решается задача определения состояния исследуемого объекта на будущие временные интервалы посредством экспертного оценивания, опирающегося преимущественно на эмпирический опыт и профессиональную интуицию экспертов. Исходными данными для формирования прогноза служат статистические данные о динамике рынка за предшествующие годы и экспертные представления о возможном влиянии факторов внешней среды на траекторию дальнейшего развития.

Характерным примером экспертного прогнозирования с учетом влияния внешних факторов служит следующее суждение из исследования [111]:

«По оценке M.A.Research, по итогам 2022 г. Ожидается падение объема перевозок и грузооборота в железнодорожном и воздушном транспорте. Положительная динамика сохранится до конца года в сегментах автомобильных и морских перевозок (в тоннаже и по грузообороту), внутренним водным транспортом (в тоннаже). Снижение международных грузопотоков под влиянием западных антироссийских санкций скажется на работе российских портов, грузооборот которых в 2022 г. Может сократиться более чем на 1%».

Данное прогнозное суждение демонстрирует попытку учета влияния геополитических факторов на функционирование транспортно-логистической системы. Однако механизм формирования данного прогноза остается непрозрачным: не эксплицируются источники информации, на основе которых делаются выводы, не раскрывается логика рассуждений, не оцениваются доверительные интервалы прогнозных значений.

Аналогичный характер носит следующее прогнозное суждение из того же источника:

«В условиях роста себестоимости грузоперевозок и складской обработки товаров (из-за удорожания расходных материалов, ограничений по приобретению грузового транспорта, увеличения расходов на обслуживание техники, персонал и пр.) высока вероятность ухудшения финансовых показателей участников рынка, часть из которых будет вынуждена прекратить свою деятельность».

Данное суждение содержит качественный прогноз относительно финансового состояния предприятий отрасли. Однако отсутствие количественных оценок («высока вероятность», «часть предприятий») делает прогноз недостаточно операционализируемым для практического использования в процессах принятия управленческих решений.

Значительный методологический интерес представляют модификации методов прогностики, получающиеся в результате интеграции средств математического моделирования с моделями теории исследования операций. Теория исследования операций обобщает разнообразные методы оптимизации в направлении разработки строго формализованных подходов к обоснованию решений на основе математического моделирования.

Данная теория применима в условиях, когда необходимо синтезировать целенаправленное организационное мероприятие, обеспечивающее достижение заданных целей при существующих ограничениях. В этом смысле методология исследования операций оптимально подходит для решения прогностических и оптимизационных задач в логистических транспортных системах, характеризующихся необходимостью координации множественных взаимосвязанных решений при ограниченных ресурсах.

Подтверждением актуальности данного направления служит устойчивый интерес к нему со стороны исследователей, специализирующихся на прикладных методах решения оптимизационных задач в условиях неопределенности [116-124]. На рисунке 2.6 представлен характерный алгоритм последовательного снятия неопределенности в открытых системах, разработанный в рамках данного направления исследований.

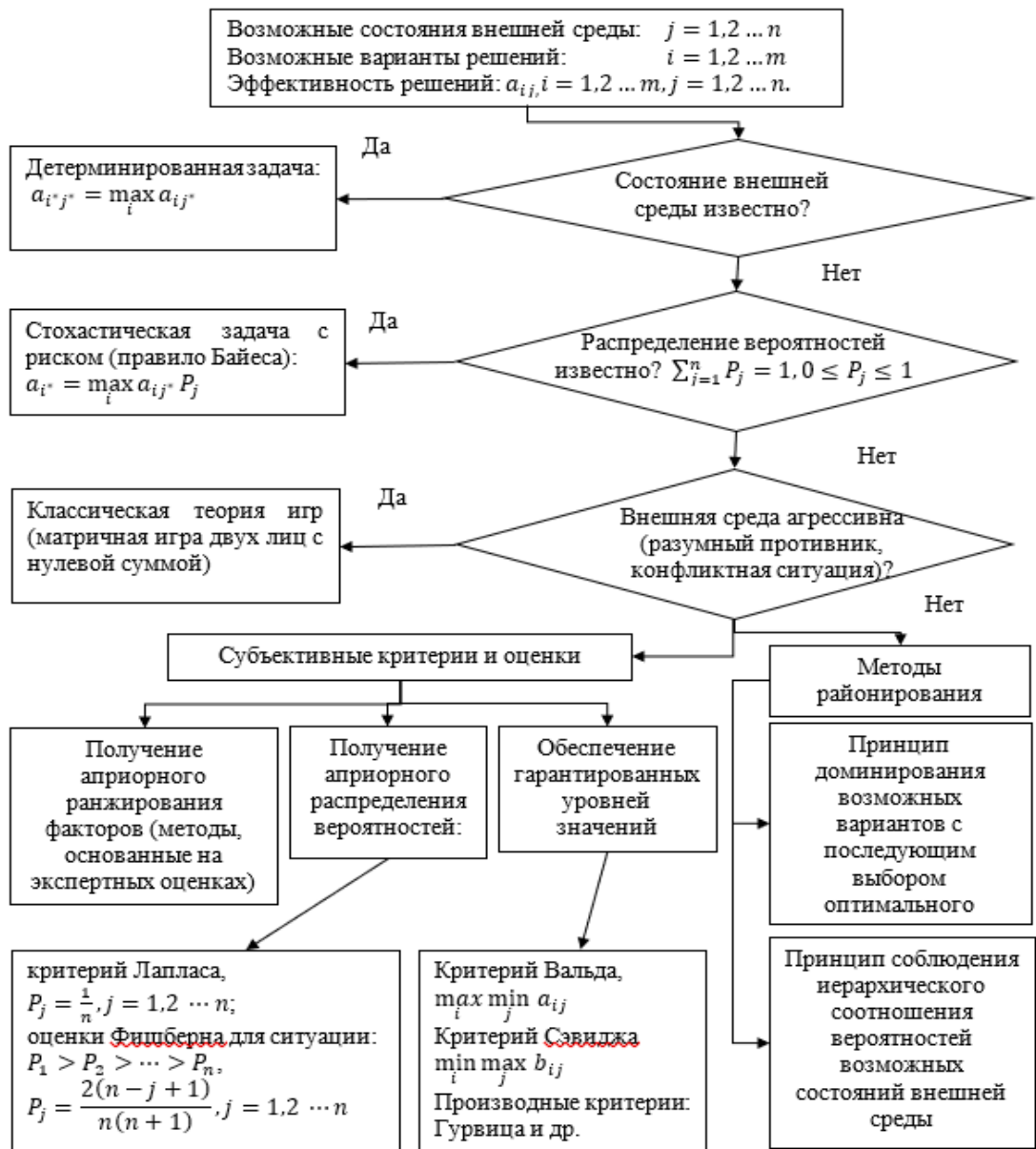


Рисунок 2.6 – Алгоритм последовательного снятия неопределенности в открытых системах. Источник: [123, 124].

Представленный алгоритм демонстрирует систематический подход к редукции неопределенности путем итеративного уточнения информации о системе и последовательного применения процедур оптимизации. Данный подход обеспечивает методологическую основу для разработки эффективных систем поддержки принятия решений в транспортно-логистической сфере.

Методы моделирования, основанные на теории исследования операций, являются естественным аппаратом для количественной оценки результатов

принятых решений либо для выработки оптимальных решений, и в этом качестве они органически интегрируются в методологию теории принятия решений. Однако необходимо констатировать, что на практике для решения задач прогнозирования эффективности транспортно-логистических систем используется относительно узкий спектр методов моделирования, основанных на теории принятия решений.

Наиболее распространенными в практике прогнозирования являются методы экстраполяции тенденций, характеризующиеся относительной простотой реализации и умеренными требованиями к объему исходных данных. Помимо базовых процедур экстраполяции, в аналитической практике применяются специализированные модификации данных методов, адаптированные к специфическим характеристикам прогнозируемых процессов.

К числу таких модификаций относятся методы прогнозирования по огибающим кривым и методы экспоненциального сглаживания, каждый из которых обладает специфическими областями эффективного применения.

Суть метода прогнозирования по огибающим кривым состоит в том, что для анализируемого направления развития системы исследователь стремится идентифицировать последовательную смену одних технологических формаций или этапов развития другими, более совершенными. Классическим примером служит эволюция поколений вычислительной техники: переход от ламповых компьютеров к транзисторным, затем к интегральным схемам, микропроцессорам, и в современный период к нейросетевым архитектурам и квантовым вычислениям.

Благоприятную методологическую основу для относительно строгой экстраполяции в рамках данного подхода создает уравнение логистической кривой, которая адекватно описывает изменение ключевого характеристического признака системы на отдельном этапе ее эволюции. Процесс развития сложной системы, как правило, включает несколько последовательных или частично перекрывающихся этапов, для каждого из которых характерна своя траектория изменения главного признака, описываемая индивидуальной логистической кривой.

Можно ожидать, что огибающая кривая, построенная вокруг семейства отдельных логистических кривых, соответствующих конкретным этапам развития,

также будет принимать форму «большой» S-образной кривой. Данная «большая» логистическая кривая характеризует долгосрочную траекторию развития системы с учетом последовательной смены технологических поколений.

Уравнение логистической кривой в стандартной форме записывается как:

$$y = \frac{a}{b + e^{-mt}} \quad (2.1)$$

или в эквивалентной форме:

$$y = \frac{a}{b + ae^{-bt}} \quad (2.2)$$

где  $a/b$  – отношение параметров, характеризующее предельное (асимптотическое) значение прогнозируемого признака, к которому стремится система при  $t \rightarrow \infty$ ;

$c$  – показатель, характеризующий скорость достижения предельного значения уровня, определяющий крутизну S-образной кривой в точке перегиба.

Критически важным моментом в динамике логистического роста является точка перегиба, в которой абсолютный прирост показателя достигает максимума, после чего темп роста начинает замедляться. Момент времени, соответствующий точке перегиба, определяется выражением:

$$t_* = \frac{\ln b}{c} \quad (2.3)$$

Идентификация точки перегиба имеет существенное практическое значение для стратегического планирования, поскольку указывает на момент, когда исследуемая технология или система начинает приближаться к пределам своего потенциала развития и требуется поиск альтернативных решений.

Метод экспоненциального сглаживания в настоящее время является одним из наиболее широко применяемых методов построения регрессионных зависимостей для прогнозируемых показателей, представленных в форме временных рядов. Популярность данного метода обусловлена его способностью

адаптироваться к изменяющимся условиям функционирования системы и относительной простотой вычислительных процедур.

Фундаментальная идея, лежащая в основе экспоненциального сглаживания, состоит в учете дисконтирования исходных данных при прогнозировании временных рядов. Интуитивно понятно, что более поздним наблюдениям следует придавать большую значимость, больший «вес» при формировании прогноза, поскольку они отражают более актуальное состояние системы. Напротив, наблюдения, относящиеся к отдаленному прошлому, должны иметь меньшую значимость, так как их релевантность для прогнозирования будущего снижается с течением времени.

Метод экспоненциального сглаживания, являющийся естественным обобщением более простого метода скользящего среднего, позволяет построить такое описание прогнозируемого процесса, при котором более поздним наблюдениям придается больший вес по сравнению с ранними наблюдениями, причем веса наблюдений убывают по экспоненциальному закону по мере удаления в прошлое.

Типовая процедура прогнозирования на основе методов экстраполяции тенденций включает последовательность характерных операций, каждая из которых играет критическую роль в обеспечении качества конечного прогноза:

**Этап 1. Предварительная обработка исходной информации.** Приведение исходных данных временного ряда к виду, удобному для предварительной интерпретации и выявления основных закономерностей динамики. Данный этап может включать процедуры фильтрации аномальных наблюдений, сезонной декомпозиции, трендовой фильтрации.

**Этап 2. Аппроксимация временного ряда функцией времени.** Подбор математической функции, адекватно описывающей зависимость главного признака от фактора времени. Выбор функциональной формы осуществляется на основе визуального анализа графика временного ряда, теоретических представлений о механизме процесса, статистических критериев качества подгонки.

**Этап 3. Верификация точности прогнозирования.** Проверка точности построенной модели путем сопоставления ретроспективных прогнозов с фактическими значениями на контрольной выборке. Данный этап включает также проверку остаточного члена динамического ряда (разности между фактическими и расчетными значениями) на наличие автокорреляции – статистической зависимости между последовательными значениями остатков.

**Этап 4. Корректировка модели.** В случае выявления статистически значимой автокорреляции остатков, что свидетельствует о неполном учете систематических закономерностей в данных, осуществляется корректировка аппроксимирующей функции. Корректировка может включать изменение функциональной формы, введение дополнительных параметров, учет авторегрессионных компонент.

Для иллюстрации практического применения метода экстраполяции тенденций и выявления его преимуществ и ограничений в контексте оценки сложных организационных систем рассмотрим детально методику формирования «Народного рейтинга» банковских учреждений [125]. Данная методика базируется на обработке данных, получаемых путем народного голосования по оценке качества услуг банковских структур, с учетом фактора устаревания информации («возраста» отзыва). По существу, применяется система динамического прогнозирования текущего состояния репутации банка на основе модели экспоненциального сглаживания исторических оценок.

Основная формула для расчета итогового рейтинга имеет следующий вид (формула приведена в оригинальной нотации с последующими комментариями):

$$R = \frac{(\sum(b_i \cdot w_i) + m \cdot C)}{(n + m)} \quad (2.4)$$

где  $R$  – оценка итогового рейтинга банка;  $b_i$  – балл, поставленный  $i$ -м пользователем;  $w_i$  – вес  $i$ -го отзыва, учитывающий его «возраст»;  $n$  – количество засчитанных отзывов данному банку;  $m$  – статистическая поправка, эмпирически рекомендуемая равной 35.

Параметр  $m$  требует специального комментария. Согласно методике, рекомендуется принимать  $m = 35$ , однако обоснование данного конкретного численного значения в методике не приводится. Не определена статистическая или теоретическая природа данного параметра. Более того, возникает методологический вопрос относительно формы его включения в формулу: почему данный параметр используется в числителе дроби как множитель среднего балла, а в знаменателе – как слагаемое к количеству отзывов? Наиболее вероятная интерпретация состоит в том, что это эмпирический коэффициент, подобранный на основе опыта применения методики и призванный стабилизировать рейтинговые оценки для банков с малым количеством отзывов. Однако эмпирический характер данного параметра естественным образом вносит элемент субъективизма в итоговое решение.

$C$  – среднее арифметическое по всем банкам значение засчитанных взвешенных баллов (пересчитывается ежесуточно), определяется по формуле:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{N_A} Y_i k_i^t}{\sum_{i=1}^{N_A} k_i^t} \quad (2.5)$$

где  $j$  – индекс банка;  $\sum n_j$  – общее количество всех отзывов по всем банкам.

Подстановка выражения (2.5) в (2.4) дает развернутую формулу расчета рейтинга:

$$R = \frac{[\sum (b_i \cdot w_i) + m \cdot (\sum_j \sum_i (b_{ji} \cdot w_{ji}) \sum_j n_j)]}{(n + m)} \quad (2.6)$$

Критический анализ формулы (2.6) выявляет следующую структуру расчета. В центральной части выражения, в числителе, мы получаем среднеарифметическое значение взвешенных баллов по всем банкам, которое умножается на статистический коэффициент  $m$ . Далее данный результат суммируется с общей суммой взвешенных баллов, набранных исследуемым банком, с последующим делением на сумму количества отзывов плюс статистический коэффициент. В результате получается взвешенное среднеарифметическое значение балльной оценки с корректировкой, полученной, по всей видимости, эмпирическим путем.

Модель экспоненциального сглаживания применяется в данной методике для определения коэффициента значимости отзыва  $w_i$ , зависящего от времени и отражающего степень устаревания информации. Зависимость веса от возраста отзыва задается рекуррентным соотношением (рисунок 2.7):

$$w(t) = \exp(-\alpha \cdot t) \quad (2.7)$$

где  $t$  – количество дней с момента публикации отзыва до текущей даты;  $\alpha$  – параметр, определяющий скорость убывания веса отзыва.

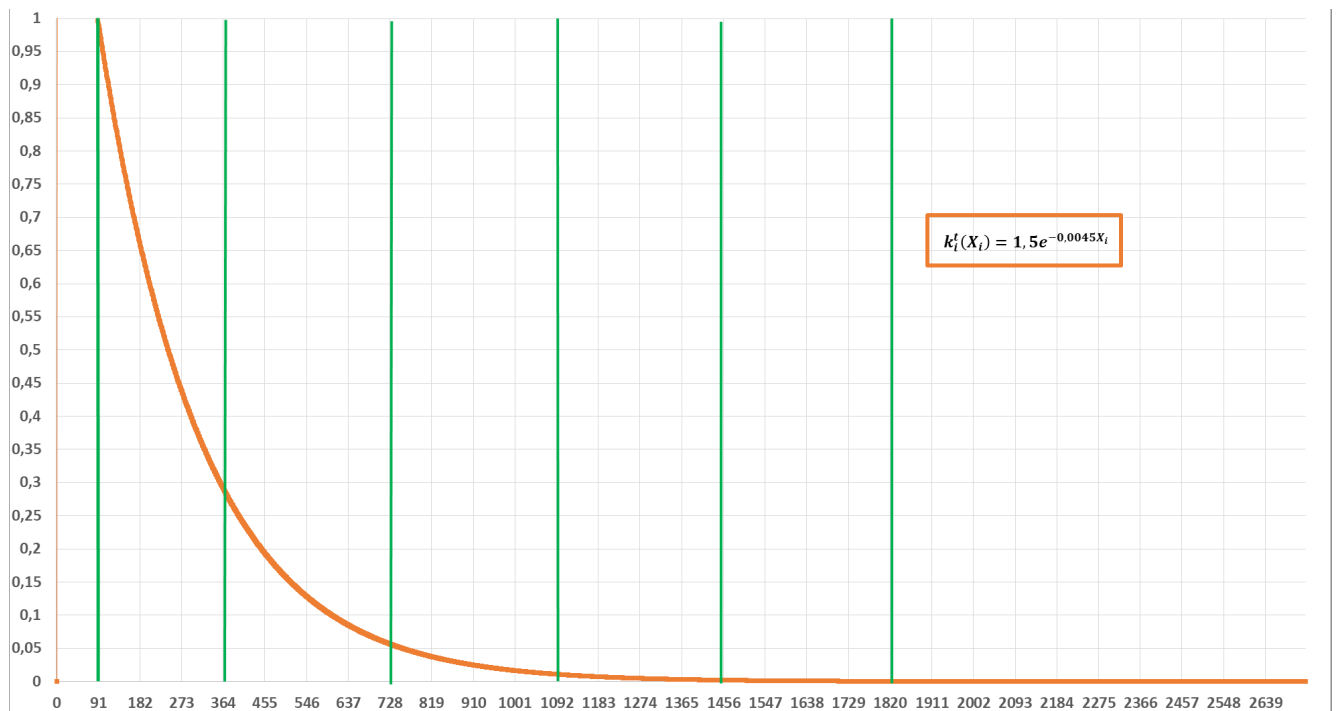


Рисунок 2.7 – График для расчета значимости возраста для оценки наблюдения. Источник: [125].

Согласно пояснениям к методике, коэффициент  $\alpha$ , определяющий конкретный вид экспоненциальной зависимости, был установлен методом экспертных оценок. Данное обстоятельство представляет определенное отклонение от строгих правил применения модели экспоненциального сглаживания. Поясним данное критическое замечание.

Единственным теоретически обоснованным условием для применения модели экспоненциального сглаживания является эмпирически верифицированная

возможность аппроксимации исходного ряда данных с приемлемой точностью в ситуации, когда наблюдается относительное постоянство процентного изменения рассматриваемого параметра во времени. Иными словами, экспоненциальная модель адекватна процессам, характеризующимся пропорциональной зависимостью темпа изменения от текущего уровня. В противном случае, когда данное условие не выполняется, а параметры модели подбираются субъективно, увеличивается риск необъективности получаемых оценок и снижается их предсказательная способность.

Следующим элементом методики является параметр, определяемый как функция количества отзывов. Данный параметр служит для уточнения значения рейтинга, полученного в результате предшествующих процедур агрегирования индивидуальных оценок. Он определяется как комбинация линейной и логарифмической зависимостей (рисунок 2.8):

$$f(n) = \min(1, k_1 \cdot n + k_2 \cdot \ln(n + 1)) \quad (2.8)$$

где  $n$  – количество отзывов;  $k_1$ ,  $k_2$  – эмпирически подобранные коэффициенты.

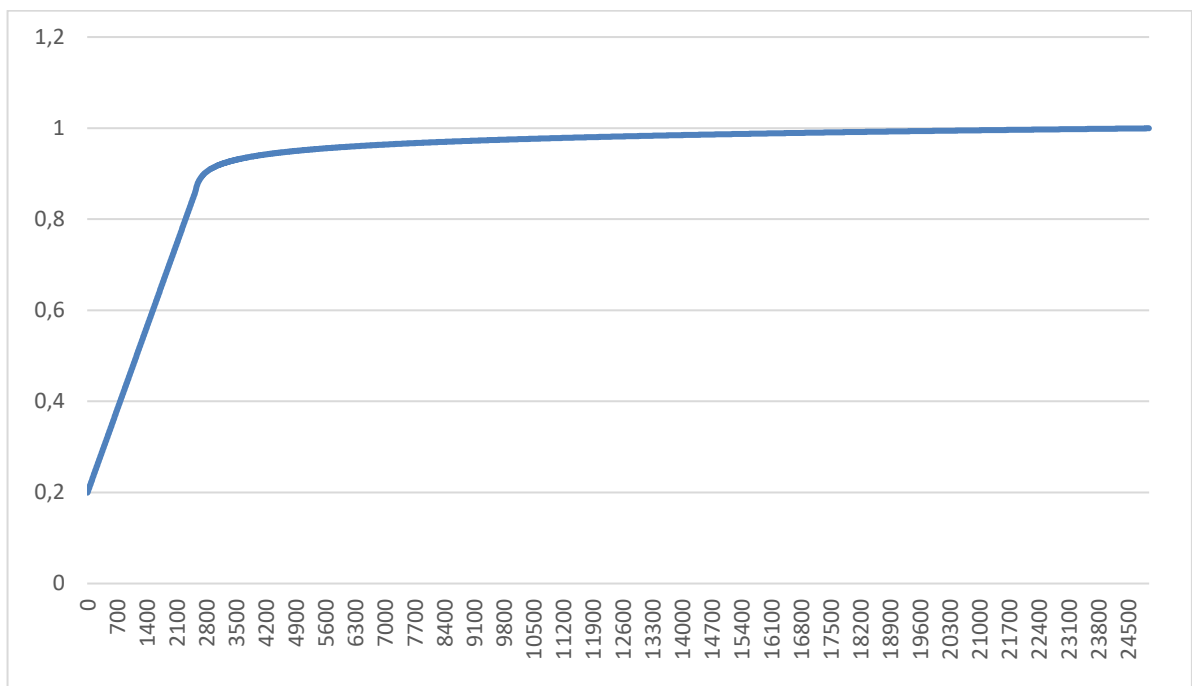


Рисунок 2.8 – Функция количества отзывов. Источник: [125].

Функция количества отзывов служит для снижения рейтинговой оценки в случае недостаточного количества наблюдений. Данный инструмент необходим для обеспечения сбалансированности получаемых рейтинговых оценок между различными банками, характеризующимися различным объемом доступной информации. В данном конкретном случае это методологически обоснованный инструмент, позволяющий нивелировать потенциальный субъективизм при сравнении рейтингов банков с радикально различающимся количеством отзывов.

Логика данной корректировки состоит в том, что если возникла некоторая неточность в определении коэффициентов сглаживающей кривой или в спецификации функциональной формы, то эта систематическая погрешность будет перенесена относительно равномерно на все исследуемые организации. Следовательно, относительное ранжирование банков останется корректным, и главную роль в дифференциации оценок эффективности будут играть фактические баллы, поставленные потребителями услуг.

На следующем этапе методики определяется величина коэффициента учета фальсифицированных отзывов ( $A$ ), формирующего S-образную логистическую кривую (рисунок 2.9):

$$A = \left( 1 + \exp(-k \cdot (p_1 + p_2 - \theta)) \right) \quad (2.9)$$

где  $p_1$  – показатель, определяющий долю фальсифицированных отзывов по отдельному банку относительно общего количества фальсифицированных отзывов по всем банкам;

$p_2$  – показатель, определяющий долю фальсифицированных отзывов по отдельному банку относительно общего количества активных отзывов данного банка;

$k, \theta$  – параметры логистической функции;

Дополнительно вводится функция устаревания фальсифицированных отзывов, зависящая от количества дней с момента написания отзыва до текущей даты, также определяемая рекуррентным соотношением:

$$g(t) = \exp(-\beta \cdot t) \quad (2.10)$$

где  $\beta$  – параметр скорости устаревания информации о фальсификации.

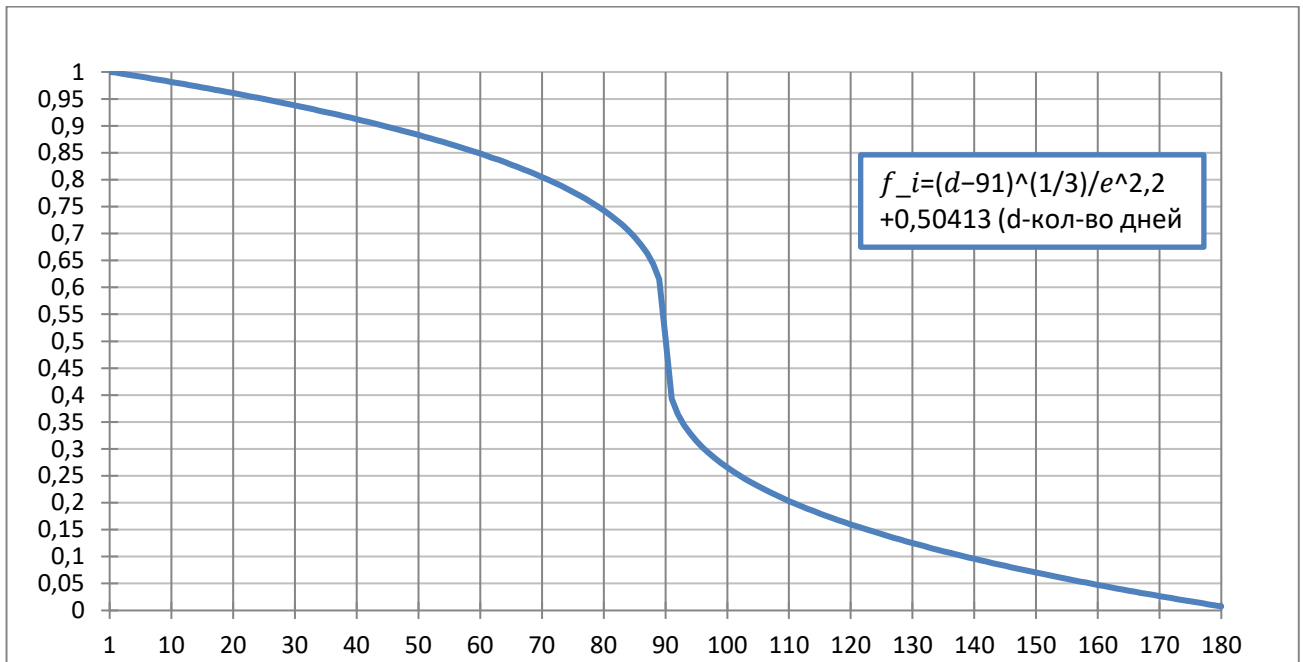


Рисунок 2.9 – Вид функции устаревания фальсифицированных отзывов.

Источник: [125].

Логистическая модель, используемая в данном компоненте методики, является более гибким инструментом по сравнению с простой экспоненциальной функцией, поскольку позволяет моделировать пороговые эффекты и нелинейные зависимости. Однако необходимо подчеркнуть, что логистическая модель, как и любая параметрическая модель, не является точной характеристикой процесса влияния фальсифицированных отзывов на репутацию банка, а лишь отображает общие наблюдаемые тенденции и закономерности в развитии данного параметра.

На завершающем этапе применения методики рекомендуется определить коэффициент, отвечающий за учет последнего отзыва:

$$L = h(t_{last}) \quad (2.11)$$

где  $t_{last}$  – время с момента публикации последнего отзыва;

$h(\cdot)$  – некоторая убывающая функция времени.

Данный коэффициент призван учитывать актуальность информации о банке: длительное отсутствие новых отзывов может интерпретироваться как снижение активности банка или уменьшение количества клиентов.

Проведенный комплексный анализ существующих методов прогнозирования – экспертных оценок, экстраполяции тенденций и математического моделирования, – которые потенциально могут быть положены в основу методологии системной оценки эффективности (формирования рейтингов) логистических транспортных систем и их структурных составляющих, выявил ряд системных проблем и ограничений.

Методы экспертных оценок и методы экстраполяции тенденций, несмотря на их широкое практическое применение, характеризуются рядом общих существенных недостатков:

Во-первых, эти методы предъявляют высокие требования к объему априорной информации. Для обеспечения приемлемой надежности экспертных оценок требуется привлечение значительного числа квалифицированных экспертов. Для построения статистически значимых экстраполяционных моделей необходимы достаточно длинные временные ряды.

Во-вторых, существуют принципиальные трудности в определении допустимого интервала экстраполяции – горизонта прогнозирования, на котором модель сохраняет адекватность. Чем дальше в будущее простирается прогноз, тем выше вероятность структурных изменений, делающих экстраполяцию исторических закономерностей неправомерной.

В-третьих, проблематична объективная оценка точности прогноза. Для экспертных методов точность зависит от компетентности и добросовестности экспертов, что трудно верифицируется. Для методов экстраполяции статистические меры точности, рассчитанные на исторических данных, могут быть нерепрезентативными для будущих периодов.

С учетом выявленных ограничений доминирующих в практике подходов, проектируемая методология системной оценки эффективности транспортно-логистических систем должна опираться преимущественно на методы

математического моделирования, основанные на теории принятия решений в условиях неопределенности. При этом критически важным требованием является то, что точность прогноза должна быть в определенном смысле управляемым фактором – характеристикой, которая может контролироваться и улучшаться путем совершенствования модели и привлечения дополнительной информации.

В ситуации, когда необходимо синтезировать целенаправленное организационное мероприятие для повышения эффективности транспортно-логистической системы, следует концентрировать исследовательские усилия на методах оптимизации, основанных на строгом математическом моделировании. Методы моделирования, базирующиеся на теории принятия решений, являются естественным аналитическим аппаратом одновременно для количественной оценки результатов (эффективности) принятых решений и для выработки оптимальных управленческих решений.

С учетом необходимости формирования представлений о пространстве возможных управляющих воздействий и их последствиях для эффективности системы, базовая структура метода прогнозирования, представленная на рисунке 2.1, должна быть трансформирована в более сложную конфигурацию, отраженную на рисунке 2.10.

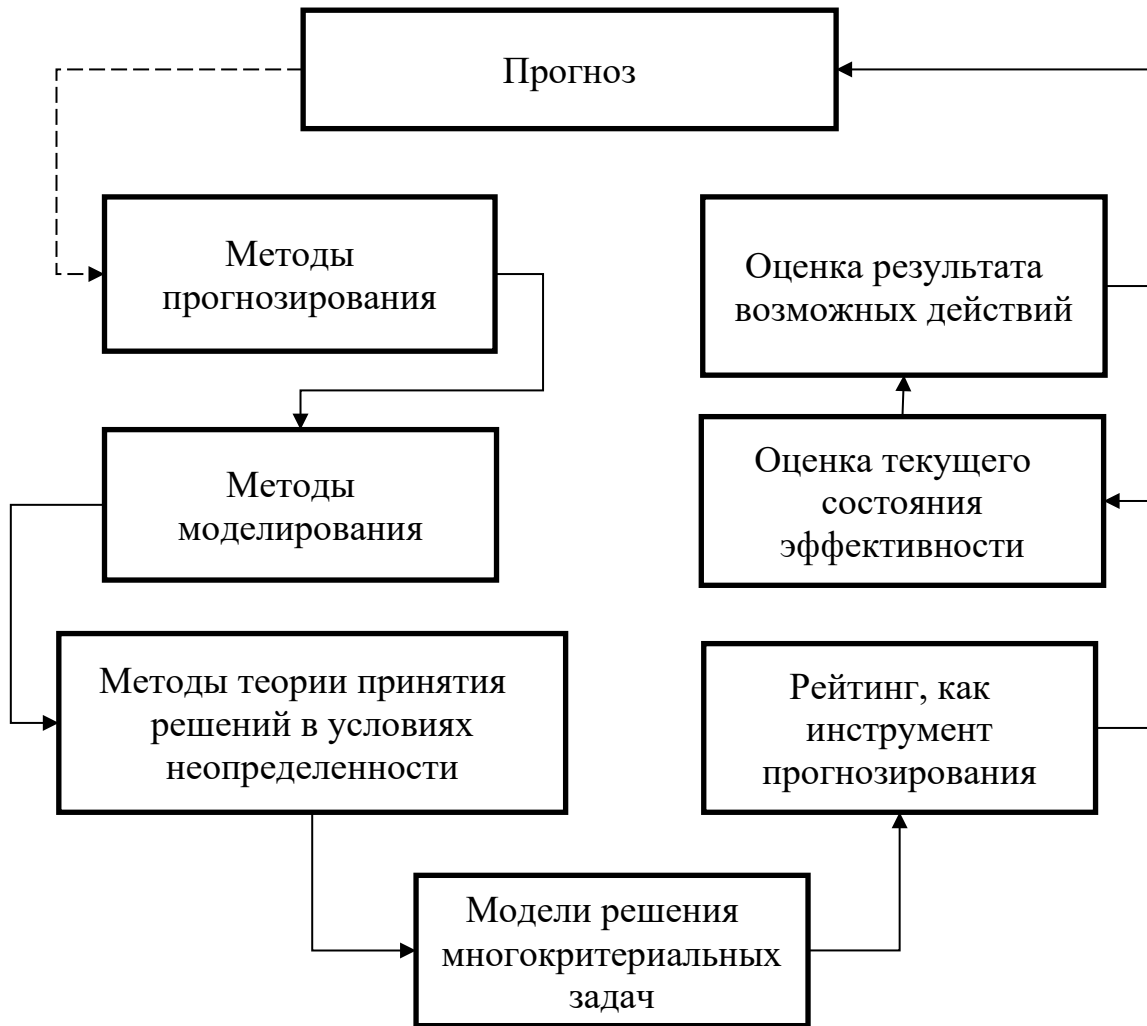


Рисунок 2.10 – Принципиальная схема, отражающая взаимодействие в системе прогнозирования эффективности логистических транспортных систем.

Источник: [разработано автором].

Принципиальная схема, представленная на рисунке 2.10, отражает последовательность взаимосвязанных процедур в системе прогнозирования эффективности. В данной схеме находит отражение системное совмещение и практическое воплощение в единую интегрированную платформу обработки и управления информационными потоками следующих компонентов:

Аналитические методы обработки значительных объемов разнородной информации, включая методы статистического анализа, интеллектуального анализа данных, методы машинного обучения.

Методы принятия решений в условиях неопределенности, включая теорию игр, теорию нечетких множеств, робастную оптимизацию, стохастическое программирование.

Модели решения многокритериальных оптимизационных задач, позволяющие учитывать множественные, часто конфликтующие цели различных стейкхолдеров транспортно-логистической системы.

Совокупность процедур в рамках перечисленных методов и моделей должна приводить к объективной количественной оценке эффективности отдельных объектов логистической транспортной системы, формирующих рейтинговую оценку. Критически важной особенностью результата данного рейтингового оценивания является то, что оно не ограничивается простой констатацией эффективности отдельного объекта в изолированном рассмотрении.

Предлагаемый подход обеспечивает оценку вклада каждого объекта в достижение состояния, максимизирующего эффективность системы в целом. Иными словами, эффективность отдельного транспортно-логистического предприятия оценивается не только по его индивидуальным показателям, но и по степени его синергетического взаимодействия с другими элементами системы, по вкладу в общую результативность.

Таким образом, формируется прогноз развития исследуемой системы как упорядоченной, оптимально синтезируемой совокупности объектов, ранжированных в формируемом рейтинге. Данный рейтинг отражает не только текущее состояние эффективности, но и потенциал каждого объекта к повышению общей системной эффективности, что создает информационную основу для принятия стратегических управленческих решений на различных уровнях транспортно-логистической системы.

### **2.3 Исследование методов и моделей решения многокритериальных задач определения эффективных решений в сложных логистических транспортных системах**

### 2.3.1 Постановка задачи многокритериальной оптимизации в прикладных условиях транспортного производства

Анализ применимых на практике методов формирования прогнозов эффективного состояния в транспортном производстве показал, что модели экстраполяции тенденций для формирования рейтингов объектов, входящих в логистические транспортные системы, могут давать необъективные оценки в силу наличия не одного, но достаточно большого количества параметров с противоречивым целеполаганием, которое необходимо учитывать.

Анализ целевой модели декларируемой Правительством РФ транспортной стратегии (рисунок 1.15) показал, что данная модель является именно многокритериальной с противоречивым целеполаганием, когда достижение максимума по критерию производительности труда неизбежно вступает в противоречие с критериями повышения уровня безопасности транспортной системы и снижения негативного воздействия транспорта на окружающую среду и т.д., [приложение А]. В этом случае понятие эффективности транспортного производства в математическом представлении является прямым обобщением понятия максимума числовой функции в случае нескольких исследуемых гетерогенных функций и хорошо описывается набором обозначений:

$X$  - множество допустимых решений или множество объектов, подлежащих рейтинговому оцениванию;

- $X = \{1, 2, \dots, m\}$  – множество номеров решений или объектов;
- $f_1, f_2, \dots, f_n$  – критерии целеполагания или целевые функции в исследуемой системе
- $N = \{1, 2, \dots, n\}$  – множество номеров критериев целеполагания
- $f = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$  – векторный критерий
- $g = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$  – вектор-функция ограничений в исследуемой системе
- $\hat{Y}$  – множество векторных оценок

- $Y = f(x) = \{y \in E^n | y = F(x), x \in X\}$  – множество достижимых векторных оценок (эффективных оценок)
- $E^n$  – евклидово  $n$ -мерное пространство

В прикладных многокритериальных задачах множество решений  $(\widehat{Y})$  является не пустым и, более того, внешне устойчивым, и поэтому оптимальное решение нужно искать именно среди множества эффективных решений  $Y = f(x)$ .

- $S_i^x, i = \{1, 2, \dots, m\}$  – множество эффективных решений в прикладной системе;
- $S_\Sigma^X$ , – совокупная эффективность системы;

Известно, что если в однокритериальной задаче в качестве оптимального можно принимать любое решение, максимизирующее критерий (так как они эквивалентны), то в многокритериальной задаче обычно множество эффективных решений оказывается весьма неэквивалентными (и количественно и содержательно существенно разными) решениями, и для объективного выбора оптимального решения в многокритериальных прикладных задачах необходимо исследовать наиболее полную информацию о существующих предпочтениях в исследуемом информационном пространстве. Поэтому модели определения эффективного решения по целому ряду причин играют важнейшую роль в теории многокритериальной оптимизации и практических задачах по её применения [23]. В таблице 2.1 приведена формальная структура исследуемой системы при постановке задачи многокритериальной оптимизации для прикладных случаев в принятых нами обозначениях.

Таблица 2.1 - Формальная структура исследуемой системы при постановке задачи многокритериальной оптимизации для прикладных случаев (рейтингового оценивания -  $R_0$ ).

$R_0$		$\hat{Y}$					$S_i^r$
		$f(x)_1$	...	$f(x)_j$	...	$f(x)_n$	
$X_i$	$x_1$	$x_{11}$	...	$x_{1j}$	...	$x_{1n}$	$S_1^x$
	...	...	...	...	...	...	...
	$x_i$	$x_{i1}$	...	$x_{ij}$	...	$x_{mj}$	$S_i^x$
	...	...	...	...	...	...	...
	$x_m$	$x_{m1}$	...	$x_{in}$	...	$x_{mn}$	$S_m^x$

Эффективное решение в прикладных задачах обычно далеко не всегда единственно, но все-таки множество эффективных решений значительно уже, чем исходное исследуемое множество возможных решений – множество эффективных решений является лишь частью границы множества всех достижимых оценок.

Поэтому построение (определение) множества эффективных решений (или их оценок) является одним из этапов большого количества интерактивных процедур, при этом некоторые интерактивные методы многокритериальной оптимизации предусматривают последовательное перемещение от одного эффективного решения к другому, более предпочтительному. Количество интерактивных процедур для определения множества эффективных оценок, в первую очередь, зависит от рассматриваемых критериев, которые практически формируют границы исследуемой системы, а, соответственно, и размеры (объемы) исследуемого информационного пространства.

Как правило, в современных условиях, при оценке эффективности производственного процесса транспортного производства применяется единственный критерий «стоимость», или в лучшем случае два критерия «стоимость-эффективность» [23]. В первом случае понятие «эффективность» отождествляется с понятием «стоимость», во втором случае эти понятия

разделяются и понятие «эффективность» отождествляется с понятием производительности производственного процесса. В транспортном производстве в качестве критерия «эффективности» используется параметр «объем перевозок», измеряемый тоннаж, или «грузооборот» в тонна-километрах. Данный подход широко применяется с 70-80 гг. прошлого века и лежит в основе метода одноименного метода «стоимость-эффективность» [23]. Он хорошо себя зарекомендовал для исследования детерминированных транспортных систем, формируемых в условиях централизованной экономики, но в условиях рыночных отношений с высокой степенью неопределенности данный подход обладает высокой долей субъективизма, и чем «насыщенней» становится рынок транспортного производства, тем менее точные оценки можно получить, применяя одно- или двух критериальные модели. Тем не менее, один из вариантов этого метода широко применяется для решения задач выбора лучшего из нескольких рассматриваемых конкурирующих вариантов в исследуемой системе. В общих чертах он заключается в следующем. Для двух критериев целеполагания множество эффективных оценок можно представить графически (рисунок 2.11) или в табличной форме (таблица 2.2)

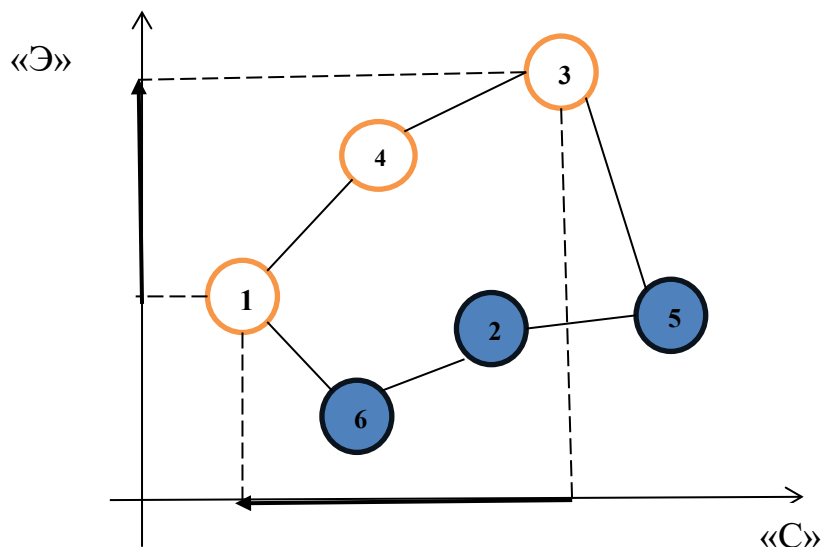


Рисунок 2.11 - График оценки эффективности по двум критериям целеполагания.

Источник: [23].

Таблица 2.2 - Формальная структура исследуемой системы при постановке двухкритериальной задачи оптимизации.

$R_0$		$\hat{Y}$		$S_i^r$
		$f(x)_1$	$f(x)_2$	
$X_i$	$x_1$	$C_{11}$	$\mathcal{E}_{12}$	$S_1^x$
	...	...	...	...
	$x_i$	$C_{i1}$	$\mathcal{E}_{i2}$	$S_i^x$
	...	...	...	...
	$x_m$	$C_{m1}$	$\mathcal{E}_{m2}$	$S_m^x$
		$\min_i C$	$\max_i \mathcal{E}$	

1) Каждый вариант ( $X$ ) оценивается по двум критериям: стоимости транспортного производственного процесса ( $C$ ) и эффективности выполнения поставленных перед системой задач ( $\mathcal{E}$ ). Значения измерителей этих критериев рассчитываются по широко известным и специально разработанным для отдельных видов транспорта методикам [23].

2) Далее строится график оценок, соответствующий всем рассматриваемым и сравниваемым вариантам системы, а из него выделяются те варианты, из которых должен быть выбран один – оптимальный вариант.

3) Далее строится логическая или формальная система неравенств из возможных предпочтений. Например, поскольку критерий ( $C$ ) желательно минимизировать, а критерий ( $\mathcal{E}$ ) максимизировать, то, например вариант (4) предпочтительнее варианта (2), так как последний имеет меньшую эффективность и в тоже время большую стоимость. Таким образом из шести представленных на рисунке вариантов три (первый, третий и четвертый) могут претендовать на роль лучшего.

4) Окончательный выбор оптимального варианта производится, как правило, эвристически (на основании опыта, интуиции, не формализуемых соображений) лицом, принимающим решения (ЛПР) на основании построенных графиков,

которые наглядно показывают, какой ценой (увеличение стоимости) достигается приращение эффективности при переходе от «недоминуемого» варианта к «доминируемому». В описываемом методе эти решения называются «недоминируемыми», так как общий термин «эффективный» неудобен из-за аналогичного названия критерия (Э). Поэтому в данном исследовании мы будем трактовать понятие «эффективность» как совокупную оценку по нескольким критериям, а каждый из рассматриваемых критериев будем определять понятием «критерий эффективности» [23].

Сужение множества выбора до множества эффективных решений (или некоторого его подмножества) важно не только само по себе, но и еще потому, что на более узком подмножестве могут выполняться различного рода упрощающие дальнейший анализ допущения о предпочтениях (например, в виде функции ценности), которые могут быть заведомо несправедливы для множества всех решений. Кроме того, эффективные решения могут обладать интересными и практически важными свойствами, не присущими остальным решениям. Это обстоятельство хорошо известно и широко применяется в математической экономике (методы линейного программирования) и теории игр [23].

Данный прием предоставляет определенные возможности, но его применение ограничено в современных условиях транспортного производства. Например, хорошо известен подход, используемый для оптимизации транспортного производства с помощью метода потенциалов, когда условием решения задачи предполагается равенство спроса и предложения на рынке транспортных услуг, что естественно несправедливо в условиях рыночной экономики.

Лишены данного недостатка методы многокритериальной оптимизации, предусматривающие выделение оптимального решения непосредственно из множества всех решений, основанные на теории информационного взаимодействия с применением энтропийного подхода. Суть данного подхода сводится к разработке антиэнтропийных инструментов. Назначение антиэнтропийных инструментов – снижение энтропии (меры неопределенности) в

исследуемой системе. Формально, процедура сужения множества выбора до множества эффективных решений (или некоторого его подмножества) является частным случаем применения энтропийного подхода – она позволяет снизить энтропию в исследуемой системе. Выше отмечалось, что основными инструментами энтропийного подхода являются методы теории принятия решений, основанной на моделях теории игр. Учитывая сложность информационного пространства исследуемой открытой системы, то есть подверженной значительному влиянию внешнего факторного пространства, для решения задач исследования следует использовать теорию игр с природой (факторов). Поэтому необходимо выявить модели многокритериальной оптимизации, которые можно интегрировать в теорию принятия решений в условиях неопределенности.

В связи с этим полезно проанализировать эти методы получения эффективных решений, синтезирующих оптимальное состояние системы в целом (таблица 2.3) и выяснить, всегда ли они приводят к получению эффективного решения, и если нет, то специально предусмотреть возможность улучшения выделяемого решения до системно эффективного.

Таблица 2.3 - Формальная структура синтезируемой оптимальной системы для прикладных случаев рейтингового оценивания -  $R_0$

$R_0$		$\hat{Y}$					$S_i^r$
		$f(x)_1$	...	$f(x)_j$	...	$f(x)_n$	
$X_i$	$x_1$	$x_{11}$	...	$x_{1j}$	...	$x_{1n}$	$S_1^x$
	...	...	...	...	...	...	...
	$x_i$	$x_{i1}$	...	$x_{ij}$	...	$x_{in}$	$S_i^x$
	...	...	...	...	...	...	...
	$x_m$	$x_{m1}$	...	$x_{in}$	...	$x_{mn}$	$S_m^x$
		$\min_i(\max x_1)$		$\min_i(\max x_j)$		$\min_i(\max x_n)$	$\max_{ij} S_i^r$

### **2.3.2 Анализ прикладных методов многокритериальной оптимизации логистических транспортных систем**

При синтезе оптимальных систем рейтингового оценивания важной задачей является не только формирование критериев качества, удовлетворяющих требованиям, предъявляемым к логистическим транспортным системам (ЛТС), но и выбор метода, позволяющего достичь требований к самой процедуре оптимизации. Требования в отношении критериев могут быть весьма разнообразны и противоречивы, вследствие чего возникают затруднения в отражении этих требований одним постулируемым, то есть неизменным критерием оптимальности, а в ряде случаев такое отражение оказывается субъективным или априори невозможным. Требования в отношении самих методов многокритериальной оптимизации или оптимизации по совокупности показателей исследуемой ЛТС в целях синтеза оптимальной структуры могут быть удовлетворены при использовании методов векторной оптимизации [126, 127, 128, 129, 130].

Теория многокритериальной оптимизации представляет собой фундаментальный раздел современной прикладной математики, находящий применение в широком спектре областей: теории принятия решений, теории игр, теории иерархических систем, задачах структурного и параметрического синтеза сложных технических и организационных систем. Развитию теоретических основ и практических методов многокритериальной оптимизации посвящено значительное количество работ как отечественных, так и зарубежных исследователей, формирующих обширный корпус научного знания в данной области.

Наиболее значимые фундаментальные теоретические результаты по многокритериальной оптимизации и ее применению в различных прикладных областях были получены выдающимися отечественными учеными еще в прошлом столетии. Эти результаты, впитавшие в себя и критически переработавшие передовой зарубежный опыт, представлены в классических работах А.А. Колесникова, Ю.Б. Гермейера, А.С. Красненкера, Л.С. Гуткина, В.В.

Поудиновского, Л.А. Растригина и других выдающихся представителей отечественной школы исследования операций и теории управления [131,132,133,134].

Данные фундаментальные работы заложили методологический фундамент для решения широкого класса многокритериальных оптимизационных задач и продолжают сохранять свою актуальность в современных исследованиях. Однако специфика применения методов многокритериальной оптимизации к задачам синтеза и оценки эффективности транспортно-логистических систем требует селективного подхода к выбору методов и их адаптации к особенностям исследуемого объекта.

В рамках настоящего исследования мы сосредоточимся на анализе тех методов многокритериальной оптимизации, которые представляют наибольший практический интерес и методологическую ценность при решении задач синтеза сложных систем управления, к категории которых принадлежат логистические транспортные системы, оптимизируемые по векторному критерию качества. Данный селективный подход обусловлен необходимостью концентрации на методах, непосредственно применимых к специфическим характеристикам транспортно-логистических систем: многоуровневой структуре, множественности стейкхолдеров с различными целевыми функциями, динамичности процессов, неопределенности параметров внешней среды.

Основным постулатом теории многокритериальной оптимизации, определяющим ее методологическую специфику и отличие от классической скалярной оптимизации, является положение о принципиальной недостижимости в общем случае точной оптимизации векторного функционала. Данное фундаментальное утверждение имеет глубокие теоретические основания, связанные с отсутствием естественного отношения порядка в многомерных пространствах.

В то время как для скалярных величин существует естественное линейное упорядочение (для любых двух действительных чисел  $a$  и  $b$  справедливо одно и только одно из отношений:  $a < b$ ,  $a = b$ , или  $a > b$ ), для векторов в многомерном

пространстве такое полное упорядочение отсутствует. Два вектора могут быть несравнимыми в том смысле, что один превосходит другой по одним компонентам, но уступает по другим компонентам.

Именно данное фундаментальное обстоятельство порождает многообразие методов и моделей решения многокритериальных оптимизационных задач. Каждый из этих методов предлагает специфический способ преодоления проблемы несравнимости векторов путем введения дополнительной информации о предпочтениях лица, принимающего решение, или путем трансформации многокритериальной задачи в эквивалентную скалярную постановку.

В связи с этим методологическим многообразием представляется целесообразным систематизировать и обобщить наиболее распространенные формальные подходы к проблеме оптимизации по векторным критериям. На рисунке 2.12 представлена классификационная схема основных методов векторной оптимизации.



Рисунок 2.12 – Основные методы векторной оптимизации по нескольким критериям эффективности. Источник: [Разработано автором]

Классификация, представленная на рисунке 2.12, структурирует методы векторной оптимизации по нескольким основаниям: способу учета множественных критериев, роли лица, принимающего решение, характеру используемой информации о предпочтениях, вычислительной сложности реализации.

Принципиальным обобщающим наблюдением относительно всех методов векторной оптимизации, перечисленных на рисунке 2.12, является то, что они всегда, в явном или неявном виде, включают субъективный элемент, отражающий ценностные суждения и предпочтения лица, принимающего решение. Данный субъективный элемент в различных методологических подходах обозначается различной терминологией: критерий предпочтения, функция полезности, схема компромисса, правило свертки критериев, весовые коэффициенты важности и т.п.

Наличие субъективного компонента не является методологическим недостатком, но представляет собой неизбежное следствие фундаментальной природы многокритериальной оптимизации. Субъективные предпочтения привносят дополнительную информацию, позволяющую разрешить неопределенность выбора между несравнимыми по объективным критериям альтернативами.

Задача многокритериальной оптимизации в приложении к анализу сложных организационно-технических структур, к которым относятся транспортно-логистические системы, описывается достаточно стандартным математическим способом. Формулировка задачи включает определение множества допустимых альтернатив (вариантов системы), векторного критерия качества и системы ограничений.

Каждому исследуемому варианту системы  $x$  ставится в соответствие  $m$ -мерная векторная функция критериев качества:

$$f(x) = \{f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)\} \quad (2.12)$$

где  $f_j(x)$  – скалярная компонента векторного критерия, определяющая конкретное свойство или признак функционирования системы, которое необходимо учитывать при оценке эффективности логистической транспортной системы.

Компоненты векторного критерия  $f_j(x)$  могут иметь различную природу и размерность. В контексте транспортно-логистических систем типичными компонентами векторного критерия являются: экономическая эффективность (прибыль, рентабельность, себестоимость единицы транспортной работы), операционная эффективность (производительность подвижного состава,

коэффициент использования грузоподъемности, время доставки), надежность (вероятность своевременной доставки, частота сбоев), экологическая эффективность (объем вредных выбросов на единицу транспортной работы), социальная ответственность (условия труда персонала, безопасность дорожного движения).

Для решения задачи многокритериальной оптимизации требуется из множества исследуемых вариантов  $X = \{1, 2, \dots, m\}$  выбрать структуру  $X^0$ , которая обеспечивает оптимальное в смысле выбранного критерия предпочтения значение векторного функционала  $f(x) = \{f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)\}$ .

Критическое различие между скалярной и векторной оптимизацией проявляется в процедуре сравнения альтернатив. В случае оптимизации по единственному неизменному критерию две альтернативы всегда сравнимы: одна безусловно лучше, хуже или эквивалентна другой. Однако при многокритериальной оптимизации две системы, каждая из которых характеризуется вектором показателей качества, сравнимы и могут быть однозначно упорядочены по векторному критерию только в случае выполнения достаточно жестких условий доминирования.

Отношение векторного доминирования

Формально две альтернативы  $x^*$  и  $x^{**}$  сравнимы по векторному критерию, если выполняется одно из трех условий векторного неравенства:

$$f_j(x^*) \leq f_j(x^{**})$$

или

$$f_j(x^*) \geq f_j(x^{**}) \quad (2.13)$$

или

$$f_j(x^*) = f_j(x^{**})$$

Содержательный смысл первого критериального векторного неравенства, представляющего собой так называемое бинарное отношение предпочтения или отношение доминирования по Парето, заключается в следующем. Альтернатива  $x^*$  доминирует альтернативу  $x^{**}$  (записывается как  $x^* > x^{**}$ ), если каждый из

критериальных показателей качества  $f_j(x)$  системы  $x^*$  не хуже, чем соответствующий показатель системы  $x^{**}$ , причем по меньшей мере один из этих показателей строго лучше, чем у системы  $x^{**}$ .

Для определенности в формулировке (2.13) предполагается, что каждый из частных критериев необходимо минимизировать, то есть меньшие значения критериев соответствуют более предпочтительным альтернативам. В случае, если некоторые критерии подлежат максимизации, соответствующие неравенства инвертируются.

Третье условие в системе (2.13) соответствует эквивалентности альтернатив по векторному критерию. При этом критически важно понимать, что понятие эквивалентности в контексте многокритериальной оптимизации не тождественно понятию идентичности или полного совпадения. Две альтернативы могут быть эквивалентными в том смысле, что обеспечивают одинаковые значения всех компонент векторного критерия, но при этом существенно различаться по структуре, параметрам, способам достижения данных значений критериев.

Безусловный критерий предпочтения и множество Парето

В соответствии с векторными неравенствами (2.13) вводится фундаментальное понятие безусловного критерия предпочтения (БКП), играющее центральную роль в теории многокритериальной оптимизации. Система вариантов  $x^{**}$  безусловно лучше системы вариантов  $x^*$  по Парето, если для всех компонент векторного критерия выполняется система неравенств:

$$f_j(x^*) \leq f_j(x^{**}), \text{ где } j = 1, 2, \dots, n \quad (2.14)$$

и при этом найдется хотя бы один индекс  $k$ , для которого выполняется строгое неравенство:

$$f_k(x^*) < f_k(x^{**})$$

Иными словами, альтернатива  $x^{**}$  доминирует альтернативу  $x^*$  в том смысле, что она не хуже по всем критериям и строго лучше хотя бы по одному критерию.

Применение безусловного критерия предпочтения позволяет выполнить первичную фильтрацию множества допустимых альтернатив и идентифицировать множество недоминируемых решений, известное под различными названиями:

множество Парето (в честь итальянского экономиста Вильфредо Парето, впервые систематически изучившего данную концепцию);

множество эффективных решений (терминология, подчеркивающая, что исключение любого решения из данного множества приводит к потере потенциально оптимальных альтернатив);

область компромиссов (терминология, акцентирующая, что решения в данном множестве представляют различные варианты компромисса между конфликтующими критериями);

множество Парето-оптимальных решений.

Фундаментальное свойство множества Парето заключается в том, что ни одну из Парето-оптимальных альтернатив нельзя признать безусловно лучшей или безусловно худшей по сравнению с другой Парето-оптимальной альтернативой, если использовать исключительно безусловный критерий предпочтения. Все альтернативы в множестве Парето являются несравнимыми в смысле отношения доминирования: улучшение по одному критерию неизбежно сопровождается ухудшением по крайней мере по одному другому критерию.

Геометрически множество Парето в пространстве критериев образует границу области достижимости – гиперповерхность, разделяющую достижимые и недостижимые комбинации значений критериев. Для двухкритериальной задачи ( $n = 2$ ) множество Парето представляет собой кривую на плоскости критериев, для трехкритериальной задачи ( $n = 3$ ) – поверхность в трехмерном пространстве.

Условные критерии предпочтения

Из фундаментального свойства несравнимости Парето-оптимальных альтернатив непосредственно следует ключевой методологический вывод: для того, чтобы из всей совокупности Парето-оптимальных альтернатив можно было выбрать единственное решение, необходимо дополнительно к безусловному критерию предпочтения ввести, исходя из назначения системы и предпочтений

лица, принимающего решение, какой-либо условный критерий предпочтения (УКП).

Условный критерий предпочтения представляет собой дополнительное правило выбора, отражающее субъективные ценностные суждения о относительной важности различных критериев, приемлемых компромиссах между ними, допустимых уровнях достижения отдельных целей. Именно условный критерий предпочтения позволяет разрешить неопределенность выбора в множестве Парето и идентифицировать единственное оптимальное решение.

Многообразие методов многокритериальной оптимизации фактически определяется различными вариантами выбора и формализации условных критериев предпочтения или, что эквивалентно, различными схемами компромисса между конфликтующими критериями. Каждый метод предлагает специфический способ структурирования информации о предпочтениях и интеграции этой информации в процесс оптимизации.

Наиболее распространенные типы условных критериев предпочтения включают:

Линейная свертка критериев предполагает формирование скалярного интегрального критерия как взвешенной суммы частных критериев:

$$F(x) = \sum w_j \cdot f_j(x)$$

где  $w_j$  – весовые коэффициенты, отражающие относительную важность  $j$ -го критерия, нормированные условием  $\sum w_j = 1$ .

Данный подход характеризуется вычислительной простотой, но требует от лица, принимающего решение, способности количественно оценить относительную важность критериев. Критическим ограничением метода является предположение о взаимной компенсируемости критериев: ухудшение по одному критерию может полностью компенсироваться достаточным улучшением по другому критерию.

Метод последовательных уступок предполагает упорядочение критериев по важности и последовательную оптимизацию, начиная с наиболее важного

критерия. На каждом шаге допускается некоторая уступка (ухудшение) по оптимизированному критерию для улучшения следующего по важности критерия.

Метод главного критерия выделяет один наиболее важный критерий для оптимизации, а на остальные критерии накладываются ограничения в виде допустимых уровней достижения.

Метод идеальной точки минимизирует некоторую метрику отклонения достижимого вектора критериев от гипотетического идеального вектора, компоненты которого соответствуют наилучшим значениям каждого критерия, достижимым при изолированной оптимизации.

Выбор конкретного условного критерия предпочтения должен осуществляться с учетом специфики решаемой задачи, доступной информации о предпочтениях, вычислительных ресурсов. Для сложных транспортно-логистических систем часто целесообразным оказывается применение гибридных подходов, комбинирующих несколько условных критериев предпочтения на различных этапах процесса принятия решений.

Как правило, БКП применяют на первом этапе многокритериальной оптимизации, при этом в некоторых случаях найденные нехудшие системы оказываются отличающимися лишь значением одного или небольшого числа параметров, что делает возможным определить оптимальную структуру системы и значения большинства её параметров.

Наиболее распространенным случаем решения данной задачи является задача отыскания минимума (максимума) линейной формы компонент вектора  $f_j(x)$  с постоянными коэффициентами (весовой метод)

$$f_\alpha(x) = \sum_{j=1}^N \alpha_j f_j(x) \quad (2.15)$$

где

$$\alpha_j > 0 \text{ и } \sum_{j=1}^N \alpha_j = 1 \quad (2.16)$$

Тогда формальная структура синтезируемой оптимальной системы для прикладных случаев рейтингового оценивания выглядит следующим образом (таблица 2.4)

Таблица 2.4 - Формальная структура синтезируемой оптимальной системы для прикладных случаев рейтингового оценивания -  $R_0$

$R_0$		$\hat{Y}$					$S_i^r$
		$f(x)_1$	...	$f(x)_j$	...	$f(x)_n$	
$X_i$	$x_1$	$\alpha_{11}x_{11}$	...	$\alpha_{1j}x_{1j}$	...	$\alpha_{1n}x_{1n}$	$S_1^x$
	...	...	...	...	...	...	...
	$x_i$	$\alpha_{i1}x_{i1}$	...	$\alpha_{ij}x_{ij}$	...	$\alpha_{mj}x_{mj}$	$S_i^x$
	...	...	...	...	...	...	...
	$x_m$	$\alpha_{m1}x_{m1}$	...	$\alpha_{in}x_{in}$	...	$\alpha_{mn}x_{mn}$	$S_m^x$
		$\min_i(\max x_1)$		$\min_i(\max x_j)$		$\min_i(\max x_n)$	$\max_{ij} S^r$

Поясним, что под термином «формальная структура синтезируемой оптимальной системы для прикладных случаев рейтингового оценивания» мы будем понимать систему распределения весовых коэффициентов, определяемых условием максимизации эффективного решения  $\max_{ij} S^r$ .

Важно отметить, что полученные значения весовых коэффициентов для отдельных частных критериев могут не соответствовать оптимальному решению частной задачи в рамках отдельной подсистемы, входящей в структуру рейтингового оценивания.

Как правило, для определения искомым коэффициентов  $\alpha_{ij}$  вводятся условия, при которых решение  $x^0$ , оптимизирующее иерархическую последовательность критериев, принадлежит множеству не улучшаемых решений:

$$x^0 \in \Omega \quad (2.17)$$

При этом искусственно устанавливаются порядок предпочтения критериев, применяя различные способы: иерархию, лексикографический список и т.д. На практике построение лексикографической модели базируется на том, что система показателей имеет вид иерархии (вертикальную структуру); каждый показатель определяется совокупностью частных показателей и в то же время является составляющим более общего порядка. Таким образом, все показатели располагаются на каком-нибудь уровне из уровней иерархии, вне уровней показателей быть не может. Задавшись правилами расположения показателей на уровнях иерархии, следует определить их число и правила деления иерархии на уровни. Вершиной иерархии должен быть наиболее общий показатель, соответствующий глобальной цели в системе. На практике, как правило, очень трудно большую совокупность показателей свести в более сложные общие показатели. Поэтому строится иерархия показателей путем дезагрегативирования (расчленения) общих показателей на более частные. Их число определяется непосредственно в процессе построения иерархии.

Дезагрегативирование производится из предпосылки, что каждый показатель на последующем уровне определяется двумя группами показателей предшествующего уровня. Обобщая изложенное, можно заключить:

1. Основой систематизации совокупности показателей должна быть иерархия. Совокупность показателей, входящих в иерархию, определяется целеполаганием системы.

2. На вершине иерархии должен находиться показатель, характеризующий глобальную цель исследуемой системы. На нижних уровнях расположены частные показатели, имеющие размерность, и они должны быть непосредственно определены или измерены.

3. Иерархия строится по следующим принципам: формируется цель исследования, в соответствии с которой устанавливается смысл общего показателя, находящегося на вершине иерархии; иерархия имеет конечное число промежуточных уровней, при этом все показатели должны быть определены на одном из уровней (вне уровней показателей не существует); показатель,

зафиксированный на одном из уровней иерархии, не может повторяться ни на каком другом уровне; систематизация показателей производится «сверху вниз» путем дезагрегативирования общих показателей на более частные, которые находятся на уровнях нижележащих. Дезагрегативирование производится по принципу дополнения, заключающегося в том, что каждый показатель более высокого уровня определяется двумя группами показателей нижнего уровня (одна из групп определяет эффект более общего показателя, другая же дополняет показатель условиями, в которых этот эффект реализуется) [135].

Мы неслучайно привели подробный алгоритм действий при реализации метода иерархии критериев в силу того, что последнее из правил построения иерархии, являющееся наиболее ценным, как правило, не соблюдается. Оно в первую очередь предназначено для того, чтобы в решении оптимизационной задачи учитывалось влияние внешнего факторного пространства. Формально модель выглядит следующим образом.

Допустим в установленном порядке предпочтения  $f_1(x), f_2(x), \dots, f_N(x)$  решение  $x^0 \in \Omega$  и определяется как удовлетворяющее соотношениям

$$\begin{cases} f_1(x^0) = \min_{x \in \Omega_0 \subset \Omega} f_1(x) \\ f_2(x^0) = \min_{x \in \Omega_1 \subset \Omega_0} f_2(x) \\ \dots \\ f_N(x^0) = \min_{x \in \Omega_{N-1} \subset \Omega_{N-2}} f_N(x) \end{cases}, \quad (2.18)$$

где

$$\Omega_j = \left\{ x: f_j(x) = \min_{x \in \Omega_{j-1}} f_j(x) \right\}, j = 1, \dots, N. \quad (2.19)$$

Однако применение данного метода, основанного на создании искусственной иерархии, малоэффективно при решении задач синтеза оптимального управления или реструктуризации системы в целях достижения максимальной эффективности, так как оптимизация по одному из критериев уже приводит к единственному оптимальному решению, исключающему возможность дальнейшей оптимизации

всей системы. То есть достаточно жесткая конструкция построения модели решения приводит к условно эффективному решению, но не носит характер безусловно эффективного решения [136].

Для устранения указанного недостатка применяют различные модификации метода иерархий:

- метода, основанного на введении последовательных уступок,
- метода введения ограничений.

В первом случае минимизация критерия  $f_j(x)$  осуществляется при условии, что разрешено отклонения (уступка) предыдущего критерия:

$$f_{j-1}(x) \leq f_{j-1}(x_{min}) + \delta_{j-1} \quad (2.20)$$

где  $f_{j-1}(x_{min})$  – оптимальное значение скалярного функционала

В методе ограничений все показатели качества, кроме одного, называемого главным, переводятся в разряд ограничений типа равенств, неравенств или смешанного типа.

Еще один метод – введение результирующего показателя качества  $f_p$ , который представляет собой;

- линейную

$$\begin{cases} f_p(x) = \sum_{j=1}^N \alpha_j f_j(x) \\ \sum_{j=1}^N \alpha_j = 1 \\ \alpha_j > 0 \end{cases} \quad (2.21)$$

- нелинейную

$$f_p(x) = \sum_{j=1}^N \vartheta_j \varphi_j[f_j(x)] \quad (2.22)$$

свертку критерия

Анализ возможных видов свертки критериев в зависимости от соотношений между частными критериями показывает, что вследствие неопределенности параметров свертки (что является основным недостатком при введении результирующего показателя качества) её коэффициенты задаются функциями параметров самой системы:

$$f_p(x) = \sum_{j=1}^N \alpha_j(x) f_j(x) \quad (2.23)$$

Также существуют подходы, когда на основе методов рандомизации и сглаживания развивается адаптивный подход к решению задачи скаляризации векторного критерия [137,138]. В данном случае недостатком служит субъективизм процедуры рандомизации или процедуры сглаживания. Для снижения субъективизма процедур рандомизации или сглаживания необходима достаточно большая выборка априорных данных, что как правило трудно осуществимо для сложных открытых систем (ЛТС).

Принцип «справедливого компромисса» основан на предположении, согласно которому выбор обобщенного критерия производится исходя из условия «равномерности потерь» о каждом из частных критериев:

$$\frac{f_1^0 - f_{1min}}{f_{1min}} = \frac{f_2^0 - f_{2min}}{f_{2min}} = \dots = \frac{f_N^0 - f_{Nmin}}{f_{Nmin}} \quad (2.24)$$

В данном случае предположение о равномерности потерь может оказаться не соответствующим реальным процессам, развивающимся в исследуемой системе, что приводит к ошибкам и неточностям при получении результата многокритериальной оптимизации

Для сложных прикладных систем сложной иерархической структуры применяют метод, основанный на едином «глобальном критерии» [139]. Единый глобальный критерий  $F_p$  устанавливается исходя из функционального назначения системы и взаимодействия локальных подсистем, что вполне реализуемо в

системах рейтингового оценивания. Тем самым можно установить лишнюю субъективизма выше рассмотренных методов зависимость:

$$F_p = f_p[f_1(x), f_2(x), \dots, f_N(x)] \quad (2.25)$$

Глобальный критерий может иметь переменную структуру, зависящую от выбираемой схемы компромисса [140]. При этом оптимальное значение глобального критерия  $F_p$  определяет необходимые значения локальных показателей эффективности для отдельных подсистем, которые могут отличаться от их экстремальных значений.

Тогда синтез управления в локальных подсистемах должен быть направлен на достижение не наилучших значений, а заданных значений локальных критериев, что хорошо согласуется с принципами получения гарантированной эффективности системы в целом.

Если же вид результирующей целевой функции  $F_p$  не удастся обосновать не только объективными, но и субъективными методами, то возможно применение минимаксного критерия, при котором в качестве оптимальной выбирается такая система  $x^0$  для которой

$$f_{max}^*(x^0) \leq f_{max}^*(x) \quad (2.26)$$

где наибольший из нормируемых показателей качества

$$f_{max}^* = \max(f_1^*(x), f_2^*(x), \dots, f_N^*(x)) \quad (2.27)$$

определяется соотношением

$$f_j^* = \frac{f_j}{f_{min}}, j = 1, 2, \dots, N \quad (2.28)$$

Данный подход может с успехом применяться тогда, когда возникает «напряженная ситуация», связанная с близостью частных критериев к своим предельным значениям. Адекватной схемой компромисса в данном случае является минимаксная модель. Если не возникает угрозы нарушения установленных ограничений по какому-либо из критериев, то выбирается экономичная схема компромисса (2.24), обеспечивающая минимальные для заданных условий суммарные потери по частным критериям.

Особый интерес при решении прикладных многокритериальных задач могут вызвать методы определения некоторой «идеальной» точки на всем множестве пространства  $f_j(x)$  критериев эффективности и введении нормы  $R(x)$  в этом пространстве. Ключевым элементом данного подхода является постулат о необходимости «работать» с множеством решений, формируемых условиями неопределенности.

Идеальная точка с координатами  $[f_1(x), f_2(x), \dots, f_N(x)]$  определяется минимальным значением каждого из критериев

$$f_j(x_j) = \sup f_j(x), \text{ при } j = 1, 2, \dots, N \quad (2.28)$$

Система  $x^0 \in \Omega$  является оптимальной в смысле  $R(x)$ , для векторного критерия, если имеет место

$$R(x^0) = \inf_{x \in \Omega} R(x) \quad (2.30)$$

В качестве минимизируемой  $x \in \Omega$  меры отклонения  $R(x)$  от идеальной точки принимается квадрат евклидовой нормы

$$R(x) = \sum_{j=1}^N \left[ \frac{f_j(x) - f_j^*(x)}{f_j^*(x)} \right]^2. \quad (2.31)$$

Более общим видом функции приближения  $R(x)$  является норма, представленная видом

$$R(x) = \left( \sum_{j=1}^N \left[ \frac{f_j(x) - f_j^*(x)}{f_j^*(x)} \right]^l \right)^{1/l}, l \geq 1 \quad (2.32)$$

Основным достоинством последних представленных методов является отмена необходимости субъективного выбора весовых коэффициентов  $\alpha_j$ , то есть определенная физичность предлагаемых условных критериев [141].

Однако, заметим: во-первых, критерии остаются «условными» критериями, а, во-вторых, область их применения при многокритериальной оптимизации ограничена классом линейных объектов и решением только для конкретных граничных условий.

Преодолеть данные недостатки можно, применяя методы получения так называемого информационного критерия  $H(f_1(x), f_2(x), \dots, f_N(x))$ , основанного на принципе последовательного снижения энтропии (энтропии Шеннона). Наиболее известным и апробированным методом снятия неопределенности в системе являются «оценки Фишберна» или модель исследования функции неопределенности второго рода [142].

$$\begin{cases} H(f_1(x), f_2(x), \dots, f_N(x)) = f_1(x)^n \cdot f_1(x)^{n-1}, \dots, f_1(x)^1 \\ f_j(x) = \frac{2(n-j+1)}{n(n+1)}, j = 1, \dots, N \end{cases} \quad (2.33)$$

при условии простого предпочтения

$$f_1(x) \geq f_2(x) \geq \dots \geq f_N(x) \geq 0. \quad (2.34)$$

что позволяет решить задачу определения весовых коэффициентов в следующем виде (таблица 2.5)

Таблица 2.5 – Значения весовых коэффициентов для  $N = 2,3,4$  при решении, основанном на оценках Фишберна

2	$F_1 \approx F_2$	1/2	1/2	-	-
	$F_1 \succ F_2$	2/3	1/3	-	-
3	$F_1 \approx F_2 \approx F_3$	1/3	1/3	1/3	-
	$F_1 \succ F_2 \approx F_3$	2/4	1/4	1/4	-
	$F_1 \approx F_2 \succ F_3$	2/5	2/5	1/5	-
	$F_1 \succ F_2 \succ F_3$	3/6	2/6	1/6	-
4	$F_1 \approx F_2 \approx F_3 \approx F_4$	1/4	1/4	1/4	1/4
	$F_1 \succ F_2 \approx F_3 \approx F_4$	2/5	1/5	1/5	1/5
	$F_1 \approx F_2 \succ F_3 \approx F_4$	2/6	2/6	1/6	1/6
	$F_1 \approx F_2 \approx F_3 \succ F_4$	2/7	2/7	2/7	1/7
	$F_1 \succ F_2 \succ F_3 \approx F_4$	3/7	2/7	1/7	1/7
	$F_1 \succ F_2 \approx F_3 \succ F_4$	3/8	2/8	2/8	1/8
	$F_1 \approx F_2 \succ F_3 \succ F_4$	3/9	3/9	2/9	1/9
	$F_1 \succ F_2 \succ F_3 \succ F_4$	4/10	3/10	2/10	1/10

Изложенное позволяет подвести некоторые итоги и выявить наиболее характерные отличия при синтезе оптимального управления для обычных систем и систем управления структурой, находящихся в условиях значительного влияния в большей степени внешнего факторного пространства и в меньшей степени внутреннего факторного пространства. Под состоянием динамического развития системы будем понимать состояние системы, активно реагирующее на изменение внешнего факторного пространства. В данном случае при построении эффективных систем рейтингового оценивания (создания их упорядоченной структуры в соответствии с целеполаганием систем) возникает сложная проблема удовлетворения требований, предъявляемых к качеству объектов. Указанные требования могут быть настолько разнообразными и в определенной мере противоречивыми, что это существенно затруднит их отражение с помощью одного неизменного критерия качества.

Проведенный анализ наиболее распространённых методов решения многокритериальной оптимизации показал их недостаточную эффективность для применения при решении задач синтеза оптимальной структуры системы рейтингового оценивания (СРО) объектов входящих в ЛТС и находящихся в состоянии динамического развития. Одним способом построения оптимального построения СРО в этом случае является введение векторных критериев, которые одновременно должны удовлетворять требованиям текущего состояния, определяемым внешним и внутренним пространством. Другими словами, возникает задача одновременной, параллельной оптимизации СРО по совокупности частных критериев, каждый из которых отражает некоторое определенное требование качеству системы.

Здесь необходимо рассмотреть взаимоотношение понятий «качество» и «эффективность». Как известно, качество – это объективная и всеобщая характеристика системы, обнаруживающаяся только в совокупности свойств входящих в неё элементов. Совокупность свойств элементов системы определяет пригодность для применения её по назначению, в нашем случае для объективной оценки СРО.

Эффективность системы не может быть определена только свойствами самой системы и является более общим комплексным свойством системы, характеризует приспособленность системы к достижению установленного целеполагания и зависит практически от всех факторов, определяющих информационное пространство, в котором функционирует система.

Поэтому важно определить, что для системы, определяющей СРО, качество определяется методологией моделирования отклика системы на информационное состояние, а эффективность определяется структурой расположения входящих в систему исследуемых элементов, полученной в результате решения многокритериальной задачи. Но так как в общем случае достигнуть экстремума одновременно по нескольким критериям невозможно, то решение задачи оптимизации требует определенного компромисса путем формирования некоего нового обобщенного функционала. Ввиду того, что формирование такого

обобщенного функционала (комплексного, комбинированного или глобального) сегодня считается не формальной процедурой, то вид его полностью зависит от выбранной схемы компромиссов, что сводит векторную задачу к скалярной и делает её достаточно неопределенной. Как результат практически все проанализированные методы свели решение задачи к получению некой структуры весовых коэффициентов с главным признаком, которому они подчиняются и который их объединяет.

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_{11} \equiv \dots \equiv \alpha_{i1} \dots \equiv \alpha_{m1} \\ \alpha_{1j} \equiv \dots \equiv \alpha_{ij} \dots \equiv \alpha_{in} \\ \alpha_{1n} \equiv \dots \equiv \alpha_{mj} \dots \equiv \alpha_{mn} \end{array} \right. \quad (2.35)$$

Неопределенность данного решения заключается в том, что неизбежно существуют другие системы распределения весовых коэффициентов удовлетворяющих качеству СРО, но определяющих более высокие значения эффективности.

В связи с этим необходимо развивать методы векторной оптимизации, которые позволяют формировать более гибкие решения в применении к условиям задач синтезирования оптимальных структур, находящихся в динамическом состоянии. Сложность и трудность решения задачи векторной оптимизации в условиях значительного влияния внешнего факторного пространства, то есть в условиях неопределенности, связаны в первую очередь, с решением совокупности нелинейных зависимостей весовых коэффициентов, определяющих возможность решения проблемы синтеза оптимальной структуры открытых систем.

Из теории многокритериальной оптимизации следует, что большинство схем решения задач сводиться к определению подхода при выборе компромиссов и двум основным полярным принципам оптимальности:

- интегральному критерию в виде суммы взвешенных вторичных критериев,
- принципу равномерности, то есть минимакса (рисунок 2.13).

Остальные схемы компромиссов представляют собой модификации этих или подобных им принципов оптимальности.

На основе выполненного анализа методов решения многокритериальных задач можно сделать вывод о том, что наиболее перспективным направлением развития методов решения многокритериальных задач, способных находить адекватные решения в системах рейтингового оценивания в изменяющихся условиях внешней среды, являются модели последовательной оптимизации, предполагающие декомпозицию информационного пространства на ряд непересекающихся областей, со своими наборами показателей критериев оптимальности. Декомпозиция информационного пространства может производиться различными способами, одним из них является агрегатирование областей эффективных решений по принципу распределения предпочтений. При этом в зависимости от принадлежности оптимизируемой системы к той или иной области информационного пространства, определяемого составом факторов возмущения внешней среды, должна формироваться соответствующая оптимальная структура СРО.



Рисунок 2.13 – Схема проанализированных методов многокритериальной оптимизации и выбор схемы разработки метода для оптимизации СРО. Источник [разработано автором].

## Выводы по второй главе

Во второй главе **произведена** систематизация методов определения эффективности транспортного логистического производства с целью выявления объективных научных инструментов (методов моделирования), позволяющих синтезировать оптимальные структуры рейтингового оценивания.

1. **Выявлено**, что транспортно-логистическое производство подразумевает не только оценку эффективности предшествующего и текущего состояния, но и как любая другая производственная деятельность подразумевает операции по управлению функционалом исследуемой системы и прогнозированием её эффективного развития. Поэтому методы и оценки транспортно-логистического производства необходимо рассматривать в контексте построения моделей прогноза.

2. **Определено**, что в силу сложившихся субъективных и объективных причин при анализе текущей ситуации и построении моделей прогнозов развития транспортно-логистической системы в РФ в настоящее время в качестве основной применяется группа методов, основанных на экспертной оценке.

3. **Доказано**, что математическое моделирование является наиболее общим и вместе с тем достаточно строгим методом прогнозирования, и что необходимые для данного исследования методы должны быть основаны на модификации методов прогностики при объединении средств математического моделирования с моделями теории исследования операций. При этом в сложной открытой системе рейтингового оценивания, как правило, содержатся несколько признаков эффективности, которые могут противоречить друг другу в качественном содержании (иметь противоречивое целеполагание), таким образом трансформируя прогнозную задачу в многокритериальную.

4. **Определено**, что применение метода экстраполяции тенденций для формирования рейтингов объектов, входящих в логистические транспортные системы, неприемлемо в силу их природной разнородности и наличия не одного,

но достаточно большого количества параметров с противоречивым целеполаганием, которое необходимо учитывать, а ошибки, накопленные в результате использования неточных эмпирических данных, не нивелируются, а наоборот приводят к крайне неточным результатам. Поэтому проектируемая методология должна опираться на методы моделирования, при этом точность прогноза должна быть в определенном смысле управляемым фактором.

1) **Исследование** методов и моделей решения многокритериальных задач определения эффективных решений в сложных логистических транспортных системах показало, что требования в отношении самих методов многокритериальной оптимизации или оптимизации по совокупности показателей исследуемой ЛТС в целях синтеза оптимальной структуры могут быть удовлетворены при использовании методов векторной оптимизации

2) **Обосновано введение термина** формальная структура синтезируемой оптимальной системы для прикладных случаев рейтингового оценивания, определяемого как система распределения весовых коэффициентов, определяемых условием максимизации эффективного решения  $\max_{ij} S^r$ . Важно отметить, что полученные значения весовых коэффициентов для отдельных частных критериев могут не соответствовать оптимальному решению частной задачи в рамках отдельной подсистемы, входящей в структуру рейтингового оценивания.

3) **Проведенный анализ** наиболее распространённых методов решения многокритериальной оптимизации **показал** недостаточную их эффективность для применения при решении задач синтеза оптимальной структуры системы рейтингового оценивания (СРО), объектов, входящих в ЛТС и находящихся в состоянии динамического развития. Одним из способов оптимального построения СРО в этом случае является введение векторных критериев, которые одновременно должны удовлетворять требованиям текущего состояния, определяемым внешним и внутренним пространством. Другими словами, возникает задача одновременной, параллельной оптимизации СРО по совокупности частных критериев, каждый из которых отражает некоторое определенное требование к качеству системы.

4) **Сделан вывод**, что наиболее перспективным направлением развития методов решения многокритериальных задач, способных находить адекватные решения в системах рейтингового оценивания в изменяющихся условиях внешней среды, являются модели последовательной оптимизации, предполагающие декомпозицию информационного пространства на ряд непересекающихся областей, со своими наборами показателей критериев оптимальности. Декомпозиция информационного пространства может производиться различными способами, одним из них является агрегатирование областей эффективных решений по принципу распределения предпочтений. При этом в зависимости от принадлежности оптимизируемой системы к той или иной области информационного пространства, определяемого составом факторов возмущения внешней среды, должна формироваться соответствующая оптимальная структура СРО.

### 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДА СИНТЕЗА ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ В СИСТЕМЕ РЕЙТИНГОВОГО ОЦЕНИВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

#### 3.1 Разработка концептуальных основ модели снятия неопределенности в системе рейтингового оценивания эффективности транспортно-логистического производства

Лингвистическое описание и формальная математическая постановка задачи синтеза оптимальной структуры в системе рейтингового оценивания эффективности транспортно-логистического производства основывается на результатах комплексного анализа существующей проблематики и критического обзора возможных методов ее решения, проведенных в первой и второй главах настоящего исследования.

Фундаментальным тезисом лингвистического описания разрабатываемой модели, позволяющей синтезировать оптимальную структуру в системе рейтингового оценивания (СРО), является безусловное предпочтение отраслевых интересов транспортно-логистической системы в целом над локальными интересами отдельных транспортно-логистических предприятий или подсистем, входящих в ее состав. Данный принцип отражает системную парадигму, согласно которой оптимальность целого не сводится к простой сумме локальных оптимумов составляющих элементов и может требовать субоптимальности некоторых элементов для достижения глобального оптимума.

Учитывая выявленную в первой главе высокую степень сложности и выраженную разнородность исследуемой транспортно-логистической системы, определяемую как значительным количественным составом элементов (десятки тысяч транспортно-логистических предприятий различных организационно-правовых форм и масштабов деятельности), так и противоречивым качественным их содержанием (конфликтующие цели различных категорий предприятий, дифференцированные бизнес-модели, различная технологическая оснащенность), сформулирована базовая научная гипотеза, положенная в основу разрабатываемой

методологии системной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий.

**Научная гипотеза исследования:**

Решение научной проблемы объективной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий возможно на основе применения энтропийного подхода, сущность которого сводится к разработке и реализации антиэнтропийных инструментов. Назначение антиэнтропийных инструментов заключается в последовательном снижении энтропии – меры неопределенности и хаотичности – в системе рейтингового оценивания, трансформации неупорядоченной совокупности разнородных объектов в структурированную иерархию, отражающую объективное распределение уровней эффективности.

Основным аналитическим инструментом реализации энтропийного подхода выступает теория принятия решений, базирующаяся на концептуальном и математическом аппарате теории игр. Учитывая установленную в первой главе высокую сложность информационного пространства транспортно-логистической системы как открытой системы, подверженной значительному влиянию многомерного и динамичного внешнего факторного пространства, для решения задач настоящего исследования целесообразно использовать специфический раздел теории игр – теорию игр с природой.

Принципиальной особенностью теории игр с природой, обуславливающей ее применимость к исследуемой проблематике, является возможность разработки моделей принятия решений в условиях фундаментальной неопределенности. Под условиями фундаментальной неопределенности понимаются ситуации, в которых значения ключевых показателей эффективности процессов функционирования транспортно-логистических предприятий не подчиняются известным вероятностным законам распределения случайных величин или когда сами эти законы распределения неизвестны и не могут быть надежно оценены на основе доступной эмпирической информации.

Детализация инструментария методологии системной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий в рамках теории игр с природой

заключается в разработке специализированных методов моделирования, обеспечивающих прогнозирование состояния эффективности в системе рейтингового оценивания как управляемого фактора. В данном контексте подразумевается, что разрабатываемая модель обеспечивает не только ретроспективную оценку эффективности предшествующих периодов и диагностическую оценку текущего состояния, но также включает процедуры активного управления функционированием исследуемой системы и прогнозирования траекторий ее эффективного развития в перспективе.

Именно поэтому методы оценки эффективности транспортно-логистического производства необходимо концептуализировать и операционализировать в контексте построения прогностических моделей, обеспечивающих информационно-аналитическую основу для стратегического планирования и оперативного управления.

Решением поставленной в рамках исследования задачи является развитие и адаптация методов решения многокритериальных оптимизационных задач, способных обеспечивать адекватные и устойчивые решения в системах рейтингового оценивания при функционировании в изменяющихся и трудно предсказуемых условиях внешней среды. Ключевым элементом методологической стратегии выступает создание аналитических моделей последовательной оптимизации, предполагающих декомпозицию сложного многомерного информационного пространства на ряд непересекающихся областей (кластеров, страт), каждой из которых соответствует специфический набор показателей и критериев оптимальности.

Декомпозиция информационного пространства может производиться методом агрегирования областей эффективных решений по принципу распределения предпочтений, предложенному и обоснованному в работах [143,144]. Критически важным методологическим требованием является то, что способ распределения предпочтений должен исключать возможность субъективного, произвольного назначения структуры предпочтений лицом, принимающим решение, или экспертами. Объективизация процедуры

распределения предпочтений обеспечивается формализацией правил декомпозиции на основе объективных характеристик информационной ситуации, в которой функционирует система.

С учетом сформулированных методологических принципов может быть определена схема выявления адекватной модели оптимизации в системе рейтингового оценивания по признаку принадлежности к известным классам методов многокритериальной оптимизации (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Схема выявления модели оптимизации в СРО. Источник: [разработано автором].

Для обоснования специфики разрабатываемого подхода необходимо выявить комплекс условий и принципиальных расхождений с существующими методологическими подходами, которые являются определяющими при

разработке модели многокритериальной оптимизации в системе рейтингового оценивания.

Во-первых, требуется определить, являются ли современные системы рейтингового оценивания оптимизационными моделями в строгом математическом смысле или представляют собой эвристические процедуры упорядочения объектов. С точки зрения анализа состава применяемых аналитических инструментов для определения эффективности исследуемых объектов современные системы рейтингового оценивания демонстрируют формальное сходство с известными методами решения многокритериальных задач. Данное сходство проявляется в том, что обе категории подходов используют один из двух базовых методологических путей:

Первый путь основан на различных способах выявления и назначения весовых коэффициентов важности критериев. Данные коэффициенты могут определяться на основании априорной информации о предпочтениях лица, принимающего решение, путем статистического анализа и определения вероятностных характеристик исследуемых процессов, методами экспертного оценивания, аналитическими процедурами типа метода анализа иерархий.

Второй путь предполагает трансформацию части критериев (всех, за исключением одного главного критерия) в разряд ограничений, тем самым радикально упрощая задачу и фактически трансформируя ее из многокритериальной постановки в однокритериальную с множественными ограничениями.

В первом случае наиболее распространенной практикой в современных системах рейтингового оценивания является назначение весовых коэффициентов на основании эмпирических данных, полученных из исторического опыта функционирования аналогичных систем, или с применением различных методов экспертных оценок, включая метод Дельфи, метод анализа иерархий, метод парных сравнений.

Во втором случае, при редукции многокритериальной задачи к однокритериальной, происходит формальная уступка в объективности и полноте

получаемых решений за счет несоответствия упрощенных инструментов моделирования реальной многомерности и многоаспектности исследуемых процессов. Игнорирование части критериев или их механическая трансформация в ограничения может приводить к потере существенной информации о качестве альтернатив.

Следовательно, формально применяемые в настоящее время модели систем рейтингового оценивания не являются оптимизационными в строгом математическом смысле (предполагающем поиск экстремумов критериальных функций в векторно-ограниченном пространстве решений), а представляют собой процедуры упорядочения исследуемой совокупности объектов в соответствии с субъективными предпочтениями и суждениями лица, принимающего решения.

Учитывая выявленную ограниченность существующих подходов, необходима принципиальная трансформация методологии при создании объективных моделей систем рейтингового оценивания в направлении их преобразования в обоснованно оптимизационные конструкции. Разрабатываемая модель должна обеспечивать получение не только эффективных решений в смысле Парето (решений, улучшение которых по одному критерию невозможно без ухудшения по другим критериям), но также решений, определяющих вектор эффективного развития исследуемой совокупности объектов в системе рейтингового оценивания.

Второй подход, основанный на выделении единственного главного критерия и трансформации остальных критериев в ограничения, в контексте решаемой задачи должен быть исключен из рассмотрения. Обоснованием исключения служит то обстоятельство, что в системах с принципиально противоречивым и многоаспектным целеполаганием, к которым относятся транспортно-логистические системы, невозможно объективно ограничиться одним основным критерием без существенного ущерба для достоверности и полноты получаемого решения. Поэтому на схеме 3.1 данный путь исключается и обозначается штриховой линией. Далее в схеме штриховыми линиями будут обозначаться неприемлемые для решаемой задачи варианты.

Первый подход, основанный на процедуре назначения весовых коэффициентов важности критериев, должен быть трансформирован принципиальным образом. Вместо субъективного назначения весов на основе экспертных суждений или эмпирических данных предлагается разработать модель объективного определения весовых коэффициентов, соответствующих установленной и формально идентифицированной информационной ситуации, в которой функционируют исследуемые объекты.

Данная информационная ситуация квалифицируется как ситуация с неопределенными вероятностными характеристиками, что требует применения специализированного математического аппарата теории принятия решений в условиях неопределенности. При этом методологически некорректным было бы полностью исключать из рассмотрения хорошо апробированные и доказавшие свою эффективность в определенных условиях модели, основанные на системах предпочтений.

Данное методологическое решение мотивируется тем соображением, что случай отсутствия предпочтений или равной важности всех критериев формально является частным случаем в рамках более общего направления решений многокритериальных задач с учетом предпочтений. Более того, представляется методологически продуктивным придать системе предпочтений объективный, не зависящий от субъективных суждений характер путем формального разделения и четкой операционализации понятий безусловного предпочтения и условного предпочтения.

Случай безусловного предпочтения в рамках настоящего исследования представим в виде системы соотношений между переменными значениями весовых коэффициентов для каждого из установленных условием задачи критериев эффективности:

$$\lambda_{ij} = f(X_i, C_j, \Theta) \quad (3.1)$$

где  $\lambda_{ij}$  – переменное искомое значение весового коэффициента, соответствующее  $i$ -му исследуемому объекту по  $j$ -му критерию эффективности;  $X_i$  – вектор характеристик  $i$ -го объекта;  $C_j$  – характеристики  $j$ -го критерия;  $\Theta$  – вектор

параметров информационной ситуации; при условиях нормировки:  $\sum \lambda_{ij} = 1$  для всех  $i$ , а также  $\lambda_{ij} \geq 0$ .

Применяя стандартные методы многокритериальной оптимизации, проанализированные во второй главе настоящего исследования (включая метод оценок Фишберна, метод энтропийных весов, метод главных компонент), получаем результирующую структуру весовых коэффициентов, соответствующую детерминированной форме:

$$\lambda_j = \text{const}, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.2)$$

В данном случае весовые коэффициенты  $\lambda_j$  детерминируются на основе априорной информации или экспертных суждений и остаются неизменными для всех объектов, а решение многокритериальной задачи преобразуется в скалярную оптимизационную задачу с интегральным критерием качества. Таким образом, формирование обобщенного функционала (называемого также комплексным, комбинированным или глобальным критерием) в рамках традиционных подходов не является формальной объективной процедурой, а его конкретный вид полностью зависит от выбранной схемы компромиссов между конфликтующими критериями.

Данное обстоятельство сводит исходную векторную задачу к скалярной постановке и делает ее достаточно неопределенной по характеру и интерпретации получаемого результата. Решение задачи в традиционной постановке сводится к получению некоторой априорно заданной структуры весовых коэффициентов с главным признаком или принципом, которому они подчиняются и который их объединяет в единую систему.

Как уже отмечалось при критическом анализе существующих подходов, полученные таким образом значения весовых коэффициентов для отдельных частных критериев могут не соответствовать системно оптимальному решению, максимизирующему эффективность системы в целом. Результатом применения традиционного подхода является искусственно установленный порядок предпочтения критериев, определенный едиными детерминированными правилами расположения показателей для каждого критериального ряда. Данная

конструкция представляет собой условный критерий предпочтения в терминологии теории многокритериальной оптимизации.

Такая конструкция построения модели решения является достаточно жесткой и приводит к условно эффективному решению, оптимальному при заданных весовых коэффициентах, но не носящему характер безусловно эффективного решения, то есть оптимального при любой допустимой структуре весов. Фактически традиционный подход преобразует исследуемую реальную систему в искусственную упрощенную конструкцию, адекватность которой исходной системе требует специальной верификации.

В противоположность искусственной конструкции, в реальной транспортно-логистической системе каждой конкретной информационной ситуации всегда соответствует некоторая уникальная комбинация реализаций имеющихся внешних факторов, определяющая специфическую структуру предпочтений между критериями и соответствующее ей рациональное решение.

При принятии решения в условиях многокритериальной оптимизации управляемые параметры системы должны быть определены таким образом, чтобы исследуемая система приблизилась максимально близко к поставленной многоаспектной цели, причем влияние независимых от лица, принимающего решение, параметров также должно быть адекватно учтено в модели. В данном контексте в качестве независимых переменных, отражающих влияние внешней среды, могут выступать весовые коэффициенты важности критериев, которые должны быть упорядочены объективным способом, не приводящим к вычислительным проблемам и отражающим реальное состояние внешней среды.

На данном этапе методологического анализа необходимо провести четкую разделительную линию между двумя фундаментально различными понятиями, характеризующими информационное состояние исследуемой системы: стохастическая недостаточность информации и стохастическая неопределенность [145,146,147,148].

В условиях стохастической недостаточности информации входные параметры системы должны быть описаны вероятностным

(недетерминированным) способом. Стохастические параметры, соответствующие математическому понятию случайной величины и определяющие результат функционирования системы, распределены в определенной области пространства параметров согласно некоторому известному или оцениваемому закону распределения вероятностей.

Состояние недостаточности информации характеризуется тем, что неизвестно, какое конкретное значение примет в данной реализации случайный параметр, однако известна функция распределения вероятностей этого параметра. Иными словами, известен вероятностный закон, управляющий поведением случайной величины, но не известно конкретное значение, которое она примет в каждой отдельной реализации.

В этом заключается принципиальное концептуальное и методологическое отличие состояния стохастической недостаточности информации от информационного состояния стохастической неопределенности. В состоянии стохастической неопределенности неизвестна сама функция распределения вероятностей случайной величины при наличии достаточной фактографической информации об исследуемом параметре и его наблюдаемых значениях. Фактически вероятность того, что случайная величина примет то или иное значение из допустимого диапазона, может изменяться в пределах от нуля до единицы, и эта вероятность сама является неопределенной величиной.

Одним из методологических способов снятия или редукции неопределенности в таких ситуациях является подход, основанный на формулировании обоснованных предположений об области изменения стохастических параметров или о характере распределения вероятностей в этой области. Подобные предположения формулируются в виде статистических гипотез, которые затем могут быть проверены с использованием доступных эмпирических данных.

Посредством процедур статистической проверки гипотез можно в зависимости от установленного уровня статистической значимости и допустимой вероятности ошибки выбрать наиболее адекватное предположение либо о

конкретных значениях параметра распределения, либо об области изменения его вероятностных характеристик.

В рассматриваемом случае транспортно-логистических систем мы имеем дело с условиями фундаментальной стохастической неопределенности, когда на тип распределения случайных величин, определяющих эффективность системы, не существует никаких априорных теоретических ограничений, а эмпирических данных недостаточно для надежной идентификации закона распределения. В таких условиях остается единственный методологически корректный путь – формулировать обоснованные предположения о границах области изменения параметров и структурировать это пространство на относительно однородные районы или кластеры.

Решение задачи оптимизации в условиях неопределенности требует определения нового типа обобщенного функционала, учитывающего неопределенность весовых коэффициентов. В данном случае справедливо следующее фундаментальное утверждение, которое является необходимым условием разрешимости оптимизационной задачи в условиях неопределенности:

$$\exists \{\lambda_{ij}(\Theta_k)\} : F[X, \lambda(\Theta_k)] \rightarrow \text{opt}, k \in K \quad (3.3)$$

где  $\Theta_k$  – параметры  $k$ -й информационной ситуации;  $K$  – множество идентифицируемых информационных ситуаций;  $F$  – обобщенный функционал эффективности.

Содержательный смысл данного условия заключается в следующем утверждении: в условиях фундаментальной неопределенности неизбежно существуют различные системы распределения весовых коэффициентов важности критериев, удовлетворяющих качественным требованиям, декларируемым системой рейтингового оценивания, и определяющих различные значения интегральной эффективности для одних и тех же объектов.

Следовательно, в зависимости от принадлежности оптимизируемой системы к той или иной области многомерного информационного пространства, определяемого составом и интенсивностью факторов возмущения внешней среды, должна формироваться соответствующая оптимальная структура системы

рейтингового оценивания, адекватная данной конкретной информационной ситуации.

При этом критически важно сформулировать еще одно существенное условие или допущение относительно характера исследуемых процессов в соответствии с классической теорией исследования операций, что необходимо для обеспечения разрешимости оптимизационной задачи в аналитической форме.

Как известно из теории вероятностей и теории случайных процессов, корректная операция определения вероятностных характеристик системы должна учитывать все возможные значения исследуемых параметров и все моменты времени их наблюдения. Следовательно, функция вероятности в общем случае будет зависеть как от времени  $t$ , так и от вектора исследуемых параметров  $x$ :

$$P = P(x, t) \quad (3.4)$$

В наиболее общей постановке для определения эволюции вероятностных характеристик системы во времени необходимо решать систему дифференциальных уравнений (уравнения Колмогорова для марковских процессов или более сложные уравнения для немарковских процессов) и определять, при каких параметрах управления функция (3.4) достигает наибольшего (или наименьшего, в зависимости от формулировки задачи) значения в заданной области  $D$  пространства параметров. Иными словами, требуется найти такие оптимальные значения управляющих параметров  $u^*$ , при которых выполняется условие:

$$P(x, t; u^*) = \max \{u \in U\} P(x, t; u), (x, t) \in D \times T \quad (3.5)$$

где  $U$  – множество допустимых управлений;  $T$  – рассматриваемый временной интервал.

Однако функция вероятности  $P$  может не зависеть от времени  $t$ , если векторные функционалы, определяющие состояние системы, выбраны таким специальным образом, что допускается осреднение вероятностных характеристик по всему временному интервалу функционирования системы. Это возможно в случае исследования системы при постоянных интенсивностях переходов между

состояниями, когда неоднородный во времени марковский процесс вырождается в однородный стационарный процесс [149].

В таком случае вместо зависящих от времени вероятностей  $P(x, t)$  рассматриваются предельные стационарные вероятности:

$$\pi(x) = \lim_{t \rightarrow \infty} P(x, t) \quad (3.6)$$

Это фундаментальное допущение о стационарности процессов вполне соответствует специфике исследуемых систем рейтингового оценивания транспортно-логистических предприятий. Транспортно-логистические системы являются достаточно инертными по характеру протекающих в них процессов: изменения в структуре парка подвижного состава, технологических процессах, организационных структурах происходят относительно медленно по сравнению с периодом наблюдения, что позволяет применять аппарат стационарных случайных процессов.

С учетом допущения о стационарности процессов система (3.3) трансформируется для случая определения предельных вероятностей состояний системы по  $j$ -му свойству (критерию). Предельные вероятности  $\pi_j$  состояний систем определяются из системы линейных алгебраических уравнений:

$$\left\{ \sum \pi_{ij} \cdot a_{ij} = 0, j = 1, \dots, n \right. \left. \sum \pi_{ij} = 1 \right. \quad (3.7)$$

где  $a_{ij}$  – коэффициенты, определяемые интенсивностями переходов между состояниями;  $\pi_{ij}$  – предельная вероятность  $i$ -го состояния по  $j$ -му критерию.

На данном этапе целесообразно систематизировать введенные обозначения и трансформировать их в новую, более адекватную решаемой задаче структуру:

$X$  – множество допустимых решений или множество объектов, подлежащих рейтинговому оцениванию в системе СРО;  $I = \{1, 2, \dots, m\}$  – множество номеров (индексов) решений или объектов;  $f_j : X \rightarrow R$  – критерии целеполагания или целевые функции, определенные на множестве допустимых решений;  $J = \{1, 2, \dots, n\}$  – множество номеров критериев целеполагания;  $f = (f_1, \dots, f_n)$  – векторный критерий качества;  $g : X \rightarrow R^k$  – вектор-функция ограничений в исследуемой системе;  $Y = f(X) \subset R^n$  – множество векторных оценок объектов в пространстве критериев;  $Y^* \subset Y$  – множество достижимых эффективных векторных оценок

(множество Парето);  $R^n$  –  $n$ -мерное евклидово пространство критериев;  $X^* \subset X$  – множество эффективных решений в прикладной системе (прообраз множества Парето);  $\Phi : X \rightarrow R$  – совокупная (интегральная) эффективность системы;  $\Phi^* = \max \{x \in X^*\} \Phi(x)$  – максимально эффективное состояние объектов в СРО.

По аналогии с системой (3.7), где  $\pi_{ij}$  – предельная вероятность одного из параметров  $j$ -го критерия в СРО, а  $\pi_{ij} = f(\lambda_{ij})$  – функция распределения вероятностей текущего значения параметра, которая определяется возможным набором весовых коэффициентов, имеем следующее выражение для оценки интегральной эффективности объектов СРО по нескольким критериям целеполагания:

$$\Phi_i = \sum w_j \cdot \pi_{ij}[\lambda_{ij}(\Theta)] \cdot f_j(x_i) \quad (3.8)$$

где  $\pi_{ij}[\lambda_{ij}(\Theta)]$  – функционал распределения вероятностей  $i$ -го параметра для  $j$ -го критерия в СРО, зависящий от весовых коэффициентов, которые, в свою очередь, определяются информационной ситуацией  $\Theta$ ;  $f_j$  – функционал  $j$ -го свойства (критерия);  $w_j$  – нормировочные весовые коэффициенты,  $\sum w_j = 1$ .

Решением оптимизационной задачи (3.8) будет определение оптимальной структуры весовых коэффициентов:

$$\lambda^{*ij}(\Theta) = \arg \max \{\lambda \in \Lambda\} \Phi_i[\lambda_{ij}(\Theta)] \quad (3.9)$$

где  $\Lambda$  – допустимое множество весовых коэффициентов.

Совокупная эффективность всех объектов в системе рейтингового оценивания определяется как:

$$\Phi_{\text{total}} = \sum \Phi_i[\lambda^{*ij}(\Theta)] \quad (3.10)$$

Предложенный методологический подход для снятия неопределенности при синтезе оптимальной структуры в системе рейтингового оценивания эффективности транспортно-логистического производства полностью соответствует концептуальной модели применения шенноновской энтропии для количественного измерения информационной неопределенности [150,151].

Если параметр для отдельного объекта СРО может принимать в общей сложности  $N$  дискретных значений, каждое из которых имеет некоторую вероятность проявления  $p_i$  при условии нормировки  $\sum p_i = 1$ , то мерой

неопределенности состояния данного параметра согласно теории информации Шеннона является величина энтропии:

$$H = -\sum_{i=1}^N p_i \cdot \log_2(p_i) \quad (3.11)$$

В связи с тем, что для всех  $i$  справедливо неравенство  $0 \leq p_i \leq 1$ , и с учетом свойств логарифмической функции, энтропия  $H$  всегда является неотрицательной величиной:

$$H \geq 0 \quad (3.12)$$

В особом частном случае, когда одно из возможных значений параметра имеет вероятность проявления  $p_k = 1$ , энтропия  $H = 0$ . Данный результат следует из того факта, что если  $p_k = 1$ , то для всех остальных значений  $p_i = 0$  при  $i \neq k$ . Нулевая энтропия соответствует ситуации полной определенности: параметр с вероятностью единица принимает только одно конкретное значение, и никакой неопределенности относительно его состояния не существует.

С другой стороны, энтропия  $H$  достигает максимальной величины в случае, когда все  $N$  возможных значений параметра равновероятны, то есть:

$$p_i = 1/N, \text{ где } i = 1, 2, \dots, N \quad (3.13)$$

В этой ситуации максимальной энтропии:

$$H_{\max} = -\sum_{i=1}^N (1/N) \cdot \log_2(1/N) = \log_2(N)$$

ни одно из возможных значений параметра не имеет априорного приоритета по отношению к другим возможным значениям, и, таким образом, имеет место состояние полной неопределенности. Данное состояние максимальной энтропии подтверждает сформулированный ранее тезис о необходимости детального исследования различных информационных ситуаций в системе предпочтений между критериями.

Энтропийная интерпретация разрабатываемой методологии позволяет сформулировать базовый принцип синтеза оптимальной структуры в системе рейтингового оценивания: оптимальная структура должна соответствовать минимуму условной энтропии при заданных ограничениях, отражающих специфику информационной ситуации. Процесс последовательного снижения энтропии путем учета дополнительной информации о состоянии системы и

внешней среды обеспечивает прогрессивное приближение к объективно оптимальной структуре рейтингового оценивания.

Таким образом, разработанные концептуальные основы модели снятия неопределенности обеспечивают методологический фундамент для последующей разработки конкретных алгоритмических процедур синтеза оптимальной структуры системы рейтингового оценивания эффективности транспортно-логистического производства.

### 3.2 Исследование возможностей энтропийного подхода для аналитического моделирования состояния эффективности в системе рейтингового оценивания

Произведем исследование информационного пространства модели синтеза оптимальной структуры СРО на случайной выборке текущих значений показателей в виде матрицы размерностью  $i = 1 \dots 5, j = 1 \dots 3$

$$X = \begin{pmatrix} 7 & 5 & 6 \\ 4 & 8 & 3 \\ 9 & 7 & 2 \\ 1 & 2 & 3 \\ 5 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

тогда

$$\left. \begin{aligned} Y_1 &= 7[P_{11}(a_{11})] + 4[P_{21}(a_{21})] + 9[P_{31}(a_{31})] + 1[P_{41}(a_{41})] + 5[P_{51}(a_{51})] \rightarrow \max \\ Y_2 &= 5[P_{12}(a_{12})] + 8[P_{22}(a_{22})] + 7[P_{32}(a_{32})] + 2[P_{42}(a_{42})] + 2[P_{52}(a_{52})] \rightarrow \max \\ Y_3 &= 6[P_{13}(a_{13})] + 3[P_{23}(a_{23})] + 2[P_{33}(a_{33})] + 3[P_{43}(a_{43})] + 1[P_{53}(a_{53})] \rightarrow \max \\ \sum_{j=1}^3 P_i(a_{ij}) &= 1 \end{aligned} \right\}$$

Определим функционал поверхностей (плоскостей) эффективных решений  $S_i^r$  в системе координат  $\sum_{j=1}^3 P_i(a_{ij}) = 1$ .

1. Построим систему решений в виде:

$$S_1^x \cap S_2^x \dots S_i^x \cap S_{(i+1)}^x \dots S_{(i-1)}^x \cap S_{(m)}^x \quad (3.14)$$

Для  $m = 5$  количество совместных решений эффективности (пересечений поверхностей) составит  $P_i(a_{ij}) = 10$  случаев.

Рассмотрим пример построения:  $S_1^x \cap S_2^x$

$$\begin{cases} 7a_{11} + 5a_{12} + 6a_{13} - 4a_{21} - 8a_{22} - 3a_{23} = 0 \\ a_{11} + a_{12} + a_{13} = a_{21} + a_{22} + a_{23} = 1 \end{cases}$$

Решением данной системы уравнений будет:

$$P_1(a_{22(1+1)}) = 1/2$$

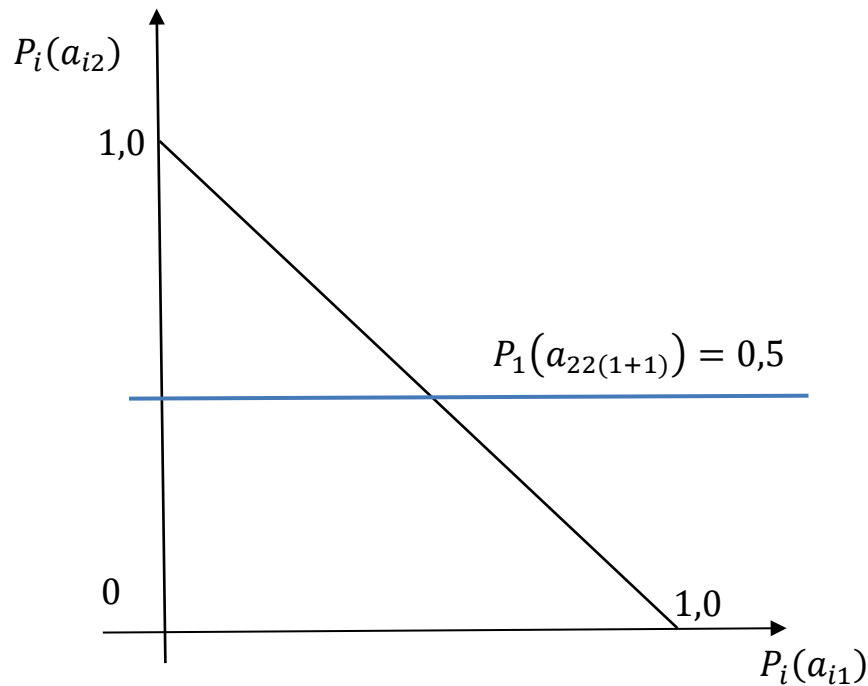


Рисунок 3.2– Пример отдельного решения для частного случая в системе рейтингового оценивания. Источник: [разработано автором].

Рассмотрим пример построения:  $S_1^x \cap S_3^x$

$$\begin{cases} 7a_{11} + 5a_{12} + 6a_{13} - 9a_{31} - 7a_{32} - 2a_{33} = 0 \\ a_{11} + a_{12} + a_{13} = a_{31} + a_{32} + a_{33} = 1 \end{cases}$$

Решением данной системы уравнений будет:

$$P_2(a_{32(1+2)}) = (2/3) + P_1(a_{31(3)})$$

...

Рассмотрим пример построения:  $S_4^x \cap S_5^x$

$$\begin{cases} 1a_{41} + 2a_{42} + 3a_{43} - 5a_{51} - 2a_{52} - 1a_{53} = 0 \\ a_{41} + a_{42} + a_{43} = a_{51} + a_{52} + a_{53} = 1 \end{cases}$$

Решением данной системы уравнений будет:

$$P_2(a_{42(4+1)}) = (-1) + 3[P_1(a_{41(5)})]$$

Сформируем систему из существующих решений в области распределения вероятностей  $\sum_{j=1}^3 P_i(a_{ij}) = 1$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_1(a_{i2(1)}) \cap P_1(a_{i1(2)}) \exists \sum_{j=1}^3 P_i(a_{ij}) = 1 \\ P_2(a_{i2(1)}) \cap P_2(a_{i1(3)}) \exists \sum_{j=1}^3 P_i(a_{ij}) = 1 \\ P_3(a_{i2(1)}) \cap P_3(a_{i1(4)}) \nexists \sum_{j=1}^3 P_i(a_{ij}) = 1 \\ P_4(a_{i2(1)}) \cap P_4(a_{i1(5)}) \nexists \sum_{j=1}^3 P_i(a_{ij}) = 1 \\ P_5(a_{i2(2)}) \cap P_5(a_{i1(3)}) \exists \sum_{j=1}^3 P_i(a_{ij}) = 1 \\ P_6(a_{i2(2)}) \cap P_6(a_{i1(4)}) \nexists \sum_{j=1}^3 P_i(a_{ij}) = 1 \\ P_7(a_{i2(2)}) \cap P_7(a_{i1(5)}) \exists \sum_{j=1}^3 P_i(a_{ij}) = 1 \\ P_8(a_{i2(3)}) \cap P_8(a_{i1(4)}) \nexists \sum_{j=1}^3 P_i(a_{ij}) = 1 \\ P_9(a_{i2(3)}) \cap P_9(a_{i1(5)}) \exists \sum_{j=1}^3 P_i(a_{ij}) = 1 \\ P_{10}(a_{i2(4)}) \cap P_{10}(a_{i1(5)}) \exists \sum_{j=1}^3 P_i(a_{ij}) = 1 \end{array} \right. \quad (3.15)$$

Графоаналитическое решение системы (3.15) представим на рисунке 3.3

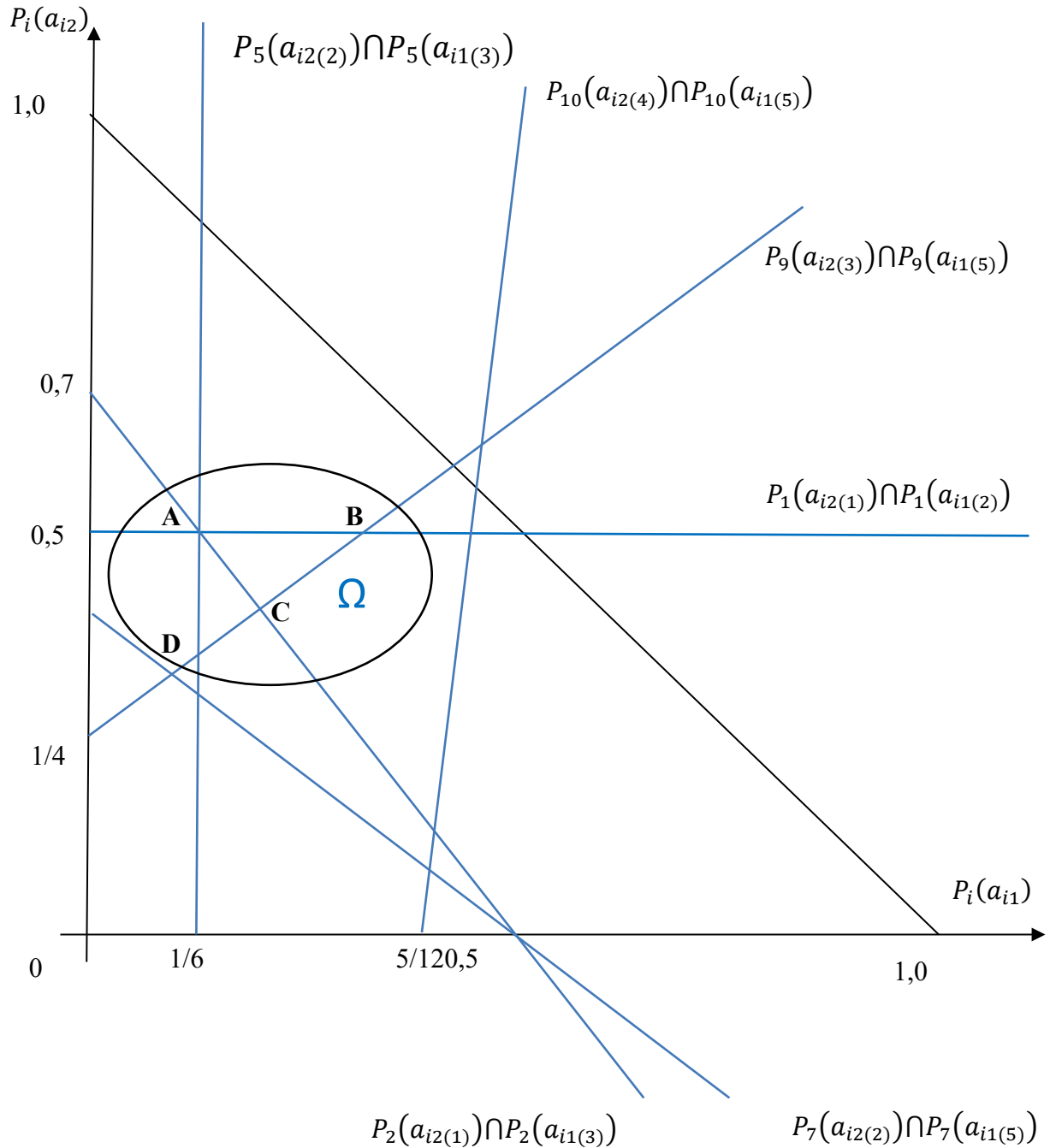


Рисунок 3.3 - Графоаналитическое решение системы (3.15). Источник:

[разработано автором].

$$A = [P_5(a_{i2(2)}) \cap P_5(a_{i1(3)})] \cap [P_9(a_{i2(3)}) \cap P_9(a_{i1(5)})] \cap [P_2(a_{i2(1)}) \cap P_2(a_{i1(3)})]$$

$$B = [P_9(a_{i2(3)}) \cap P_9(a_{i1(5)})] \cap [P_9(a_{i2(3)}) \cap P_9(a_{i1(5)})]$$

$$C = [P_9(a_{i2(3)}) \cap P_9(a_{i1(5)})] \cap [P_2(a_{i2(1)}) \cap P_2(a_{i1(3)})]$$

$$D = [P_9(a_{i2(3)}) \cap P_9(a_{i1(5)})] \cap [P_5(a_{i2(2)}) \cap P_5(a_{i1(3)})]$$

Далее исследуем информационные состояния системы в ограниченной области ( $\Omega$ ) возможных решений, к которой принадлежат точки А, В, С, D и определим значения распределений вероятностей, тождественные значениям весовых коэффициентов (таблица 3.1, 3.2, 3.2 и 3.4)

Таблица 3.1 - Формальная структура распределения значений весовых коэффициентов в точке А и соответствующих им значений эффективности исследуемого объекта

$R_0$		$\hat{Y}$			$S_i^r$
		$f(x)_1$	$f(x)_j$	$f(x)_n$	
$X_i$	$x_1$	$(1/6)x_{11}$	$(1/2)x_{12}$	$(1/3)x_{13}$	5,6
	$x_2$	$(1/6)x_{21}$	$(1/2)x_{22}$	$(1/3)x_{23}$	5,6
	$x_3$	$(1/6)x_{31}$	$(1/2)x_{32}$	$(1/3)x_{33}$	5,6
	$x_4$	$(1/6)x_{41}$	$(1/2)x_{42}$	$(1/3)x_{43}$	2,16
	$x_5$	$(1/6)x_{51}$	$(1/2)x_{52}$	$(1/3)x_{53}$	2,2
		$\min_i(\max x_1)$	$\min_i(\max x_j)$	$\min_i(\max x_n)$	$\max_{ij} S_i^r$

Таблица 3.2 - Формальная структура распределения значений весовых коэффициентов в точке В и соответствующих им значений эффективности исследуемого объекта

$R_0$		$\hat{Y}$			$S_i^r$
		$f(x)_1$	$f(x)_j$	$f(x)_n$	
$X_i$	$x_1$	$(1/3)x_{11}$	$(1/2)x_{12}$	$(1/6)x_{13}$	5,83
	$x_2$	$(1/3)x_{21}$	$(1/2)x_{22}$	$(1/6)x_{23}$	5,83
	$x_3$	$(1/3)x_{31}$	$(1/2)x_{32}$	$(1/6)x_{33}$	6,83
	$x_4$	$(1/3)x_{41}$	$(1/2)x_{42}$	$(1/6)x_{43}$	1,83
	$x_5$	$(1/3)x_{51}$	$(1/2)x_{52}$	$(1/6)x_{53}$	2,83
		$\min_i(\max x_1)$	$\min_i(\max x_j)$	$\min_i(\max x_n)$	$\max_{ij} S_i^r$

Таблица 3.3 - Формальная структура распределения значений весовых коэффициентов в точке  $C$  и соответствующих им значений эффективности исследуемого объекта

$R_0$		$\hat{Y}$			$S_i^r$
		$f(x)_1$	$f(x)_j$	$f(x)_n$	
$X_i$	$x_1$	$(5/21)x_{11}$	$(3/7)x_{12}$	$(1/3)x_{13}$	5,81
	$x_2$	$(5/21)x_{21}$	$(3/7)x_{22}$	$(1/3)x_{23}$	5,38
	$x_3$	$(5/21)x_{31}$	$(3/7)x_{32}$	$(1/3)x_{33}$	5,81
	$x_4$	$(5/21)x_{41}$	$(3/7)x_{42}$	$(1/3)x_{43}$	2,81
	$x_5$	$(5/21)x_{51}$	$(3/7)x_{52}$	$(1/3)x_{53}$	2,38
		$\min_i(\max x_1)$	$\min_i(\max x_j)$	$\min_i(\max x_n)$	$\max_{ij} S^r$

Таблица 3.4 - Формальная структура распределения значений весовых коэффициентов в точке  $D$  и соответствующих им значений эффективности исследуемого объекта

$R_0$		$\hat{Y}$			$S_i^r$
		$f(x)_1$	$f(x)_j$	$f(x)_n$	
$X_i$	$x_1$	$(1/6)x_{11}$	$(1/22)x_{12}$	$(26/33)x_{13}$	6,12
	$x_2$	$(1/6)x_{21}$	$(1/22)x_{22}$	$(26/33)x_{23}$	3,39
	$x_3$	$(1/6)x_{31}$	$(1/22)x_{32}$	$(26/33)x_{33}$	4,23
	$x_4$	$(1/6)x_{41}$	$(1/22)x_{42}$	$(26/33)x_{43}$	2,62
	$x_5$	$(1/6)x_{51}$	$(1/22)x_{52}$	$(26/33)x_{53}$	1,71
		$\min_i(\max x_1)$	$\min_i(\max x_j)$	$\min_i(\max x_n)$	$\max_{ij} S^r$

Отметим, что принятая локализация границ области  $(\Omega)$  не имеет принципиального значения. Алгоритм решения применим ко всем возможным точкам исследуемого информационного пространства решений в пределах условия задачи.

В данном случае область исследования ограничена в целях сокращения вычислительных процедур, но при этом в рамках достаточности условия наличия экстремумов исследуемой поверхности общих решений.

Следующим шагом решения объединим в сводную таблицу результаты полученных решений для точки A, B, C, D в целях определения значений:

- $S_{\Sigma}^X$ , – совокупная эффективность системы;
- $S_{max}^X$ , – максимально эффективное состояние объекта в СРО.

Таблица 3.5 – Сводная таблица результатов решений

	A	B	C	D	$S_{max}^X$
$x_1$	5,6	5,83	5,81	<u>6,12</u>	6,12
$x_2$	5,6	<u>5,83</u>	5,38	3,39	5,83
$x_3$	5,6	<u>6,83</u>	5,81	4,23	<u>6,83</u>
$x_4$	2,16	1,83	<u>2,81</u>	2,62	<u>2,81</u>
$x_5$	2,2	<u>2,83</u>	2,38	1,71	<u>2,83</u>
$S_{\Sigma}^X$	21,2	23,2	22,2	18,07	<u>24,4</u>

Анализ таблицы 3.5 показывает, что можно сформировать итоговую таблицу распределения коэффициентов весомости, предполагающих максимально возможную эффективность в исследуемой СРО.

Таблица 3.6 – Сводная таблица коэффициентов весомости, предполагающих максимально возможную эффективность в исследуемой СРО

	$f(x)_1$	$f(x)_2$	$f(x)_3$
$x_1$	1/6	1/22	26/33
$x_2$	1/3	1/2	1/6
$x_3$	1/3	1/2	1/6
$x_4$	5/21	3/7	1/3
$x_5$	1/3	1/2	1/6

Проанализируем полученные результаты численного эксперимента. В области исследования, ограниченной условием (координатами)  $P_1 + P_2 + P_3 = 1$ , существует множество эффективных решений  $S_i^x, i = \{1, 2, \dots, m = 5\}$ . Каждому из расстраиваемых объектов  $m = 5$  соответствует одна поверхность эффективных решений (плоскость эффективных решений). Совокупность плоскостей эффективных решений образует поверхность эффективных решений. В области, ограниченной координатами  $P_1 + P_2 + P_3 = 1$ , существует ограниченный набор точек пересечений плоскостей эффективных решений между собой и с границами исследуемой области. Данный набор точек является локальными экстремумами поверхности эффективности решений, общий вид которой определяется текущими значениями показателей эффективности исследуемой СРО.

Для выявления максимальной эффективности отдельного объекта  $S_{max}^x$  в СРО необходимо определить координаты всех точек, являющихся точками пересечения отдельных плоскостей эффективных решений, тождественных коэффициентам весомости в принятой системе координат.

Пример решения данной задачи представлен на локальном наборе точек А, В, С, D в ограниченной области ( $\Omega$ ) возможных решений (рисунок 3.3). Для всех остальных экстремальных значений поверхности возможных решений расчет аналогичен.

В процессе эксперимента определено, что в области ( $\Omega$ ) максимальное значение эффективности достигается в точке (В), что соответствует значению  $S_{max}^x = S_3^r = 6,83$  (таблица 3.2) из условия:

$$S_{max}^x = \max_{r=1,2,3,4} S_i^r, i = 1 \dots 5 \quad (3.16)$$

При этом важно определить, что совокупная эффективность в точке (В) СРО  $S_{\Sigma_B}^x = 23,2$  (таблица 3.5) как

$$S_{\Sigma_r}^x = \sum_{i=1}^{m=5} S_i^r \quad (3.17)$$

Следующим шагом исследования определяется совокупная эффективность в системе СРО для всех рассматриваемых точек (таблица 3.5). Здесь же (таблица 3.5) производится сравнение всех показателей эффективности для пяти исследуемых объектов для совокупности точек А, В, С, D и устанавливается значение  $S_{max_i}^X$

$$S_{max_i}^X = \max_{r=1,2,3,4} S_i^r \quad (3.18)$$

Далее определяется максимально возможная эффективность в СРО

$$S_{\Sigma max}^X = \sum_{i=1}^{m=5} S_{max_i}^X = 24,4 \quad (3.19)$$

Для нашего примера

$$S_{\Sigma max}^X = 24,4$$

Результатом вычислительного эксперимента является установление значений коэффициентов весомости, предполагающих максимально возможную эффективность в исследуемой СРО (таблица 3.6). Тем самым формируется формальная структура синтезируемой оптимальной системы для прикладных случаев рейтингового оценивания, как система распределения весовых коэффициентов, определяемых условием максимизации эффективного решения  $\max_{ij} S_{ij}^r$ .

Важно отметить, что полученные значения весовых коэффициентов для отдельных частных критериев соответствуют оптимальному решению частной задачи в рамках отдельной подсистемы, входящей в структуру рейтингового оценивания, но системной оценка эффективности транспортно-логистических предприятий, комплексно учитывающая целеполагание сложной многоуровневой структуры СРО, достигается при только при получении максимальных результатов  $S_{\Sigma max}^X$ .

Таким образом подтверждена **научная гипотеза** о том, что решение научной проблемы объективной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий возможно с применением энтропийного подхода, суть которого сводится к разработке антиэнтропийных инструментов, снижающих энтропию (меру неопределенности) в исследуемой системе. Разработанный аналитический подход к снятию неопределенности в СРО эффективности транспортно-логистического производства базируется на теории принятия решений, основанной на моделях теории игр (игр с природой факторов), особенностью которой является возможность разработки моделей принятия решений в условиях неопределенности, когда значения показателей эффективности исследуемых процессов функционирования транспортно-логистических компаний не подчиняются вероятностным законам распределения случайных величин. Инструментом разработанного аналитического подхода является метод решения многокритериальных задач, основанный на модели последовательной оптимизации, предполагающий декомпозицию информационного пространства на ряд непересекающихся областей, со своими наборами показателей критериев оптимальности. Декомпозиция информационного пространства производится в зависимости от принадлежности оптимизируемой системы к той или иной области информационного пространства, определяемого составом факторов возмущения внешней среды. Для подтверждения изложенных двух главных положений научной новизны разработанного подхода:

- 1) применение антиэнтропийных инструментов, снижающих энтропию (меру неопределенности) в исследуемой системе,

- 2) возможность оптимизации, предполагающей декомпозицию информационного пространства на ряд непересекающихся областей, со своими наборами показателей критериев оптимальности,

сравним результаты вычислительного решения с апробированными методами-аналогами, предполагающими решение многокритериальных задач в условиях неопределенности.

### 3.3 Разработка аналитической модели определения эффективности в системе рейтингового оценивания и сравнение полученных результатов с методами-аналогами решения многокритериальных задач

Для сравнения результатов моделирования используем в качестве альтернативных методов:

- 1) метод снятия неопределённости в многокритериальных задачах, основанный на критерии Лапласа,
- 2) метод снятия неопределённости в многокритериальных задачах, основанный на оценках Фишберна [152,153,154,155].

Как известно критерий Лапласа предполагает максимум неопределенности в системе и невозможность выделить какую-либо систему предпочтений в информационной среде условия задачи, а оценки Фишберна являются результатом декомпозиции информационной среды на систему строгих предпочтений, решение в каждой из которых максимально снимает неопределенность (неопределенность 2-го рода).

Таким образом выбранные для сравнения методы являются выражением двух диаметрально противоположных подходов при решении многокритериальных задач в условиях неопределенности, и, естественно, что полученные с их помощью результаты являются граничными с точки зрения модели снятия неопределенности в исследуемой системе.

Критерий Лапласа предполагает решение в следующем виде:

$$a_{ij}^{\exists} = \max \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad (3.20)$$

Применяя данный критерий, получим результаты вычислений для нашего примера, сведенные в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – Сводная таблица коэффициентов весомости в соответствии с критерием Лапласа

	$f(x)_1$	$f(x)_2$	$f(x)_3$	$S_{max}^X$
$x_1$	1/3	1/3	1/3	5,94
$x_2$	1/3	1/3	1/3	4,95
$x_3$	1/3	1/3	1/3	5,94
$x_4$	1/3	1/3	1/3	1,98
$x_5$	1/3	1/3	1/3	2,64
$S_{\Sigma}^X$				21,45

Оценки Фишберна предполагает решение на соответствующем количестве критериев наборе перестановок предпочтений ( $n!$ ) в информационных ситуациях  $f(x)_j$  в следующем виде

$$a_{ij}^{\exists} = \max \frac{2(n-j+1)}{n(n+1)}, j = 1, \dots, n \quad (3.21)$$

В нашем случае  $(n!) = (3!) = 6$ . В таблице 3.8 приведены сводные результаты расчётов коэффициентов весомости совокупной оценки эффективности, полученные в соответствии с оценками Фишберна (3.21)

Отметим важное обстоятельство (сравнивая таблицы 3.6, 3.7 и 3.8), отличающее разработанный подход от критерия Лапласа и модели оценок Фишберна. Данные модели распределяют коэффициенты весомости в соответствии с условием (3.2), что является существенным ограничением условия стохастичности показателей исследуемых процессов:

$$\begin{cases} \alpha_{11} = \dots = \alpha_{i1} \dots = \alpha_{m1} \\ \dots \\ \alpha_{1j} = \dots = \alpha_{ij} \dots = \alpha_{in} \\ \dots \\ \alpha_{1n} = \dots = \alpha_{mj} \dots = \alpha_{mn} \end{cases}$$

Таблица 3.8 – Сводная таблица коэффициентов весомости в соответствии с оценками Фишберна

	$f(x)_1$	$f(x)_2$	$f(x)_3$	$S_{max}^X$
$x_1$	1/2	1/3	1/6	5,84
$x_2$	1/2	1/3	1/6	4,82
$x_3$	1/2	1/3	1/6	4.84
$x_4$	1/2	1/3	1/6	2.33
$x_5$	1/2	1/3	1/6	2,01
$S_{\Sigma}^X$				19,84

Повторим, что в случае применения данной модели оценок Фишберна формируется искусственно установленный порядок предпочтения критериев, определённый едиными правилами расположения показателей для каждого критериального ряда, то есть создается конструкция безусловного критерия предпочтения. Данная конструкция построения модели является достаточно жесткой и приводит к условно эффективному решению, но не носит характер безусловно эффективного решения, то есть преобразует исследуемую систему в искусственную. В разработанной модели условие (3.2) не является обязательным и модель трансформируется в модель, не имеющую данного ограничения (3.3):

$$\begin{cases} \alpha_{11} \neq \dots \neq \alpha_{i1} \dots \neq \alpha_{m1} \\ \dots \\ \alpha_{1j} \neq \dots \neq \alpha_{ij} \dots \neq \alpha_{in} \\ \dots \\ \alpha_{1n} \neq \dots \neq \alpha_{mj} \dots \neq \alpha_{mn} \end{cases}$$

Покажем в таблице 3.9 и на графике 3.4, что применение разработанной модели позволяет найти в условиях неопределенности различные системы распределения весовых коэффициентов, удовлетворяющих качеству,

декларируемому СРО, и определяющих более высокие значения системной эффективности.

Таблица 3.9 – Сравнение различных моделей распределения весовых коэффициентов, определяющих системную эффективность СРО

	Критерий Лапласа	Оценки Фишберна	Разработанный подход
$x_1$	5,94	5,84	6,12
$x_2$	4,95	4,82	5,83
$x_3$	5,94	4,84	6,83
$x_4$	1,98	2,33	2,81
$x_5$	2,64	2,01	2,83
$S_{\Sigma}^X$	21,45	19,84	<b>24,4</b>

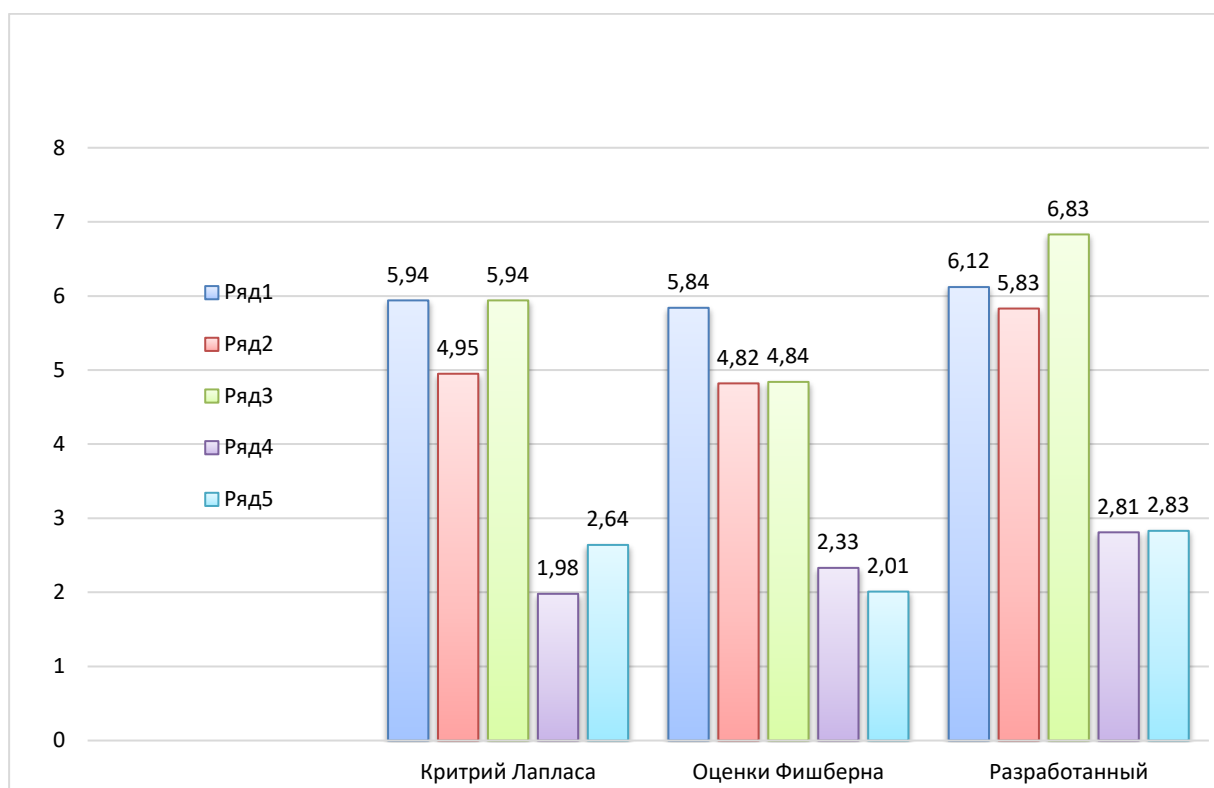


График 3.4 – Сравнение различных моделей распределения весовых коэффициентов, определяющих системную эффективность СРО. Источник [разработано автором]

Анализ таблицы 3.9 и графика 3.4 показывает, что в случае применения разработанного научного подхода, основанного на переменном значении весовых коэффициентов, предоставляются большие по сравнению с методами-аналогами возможности для исследования информационных состояний в условиях неопределенности. Так, например для исследуемого примера может быть достигнута величина совокупной эффективности  $S_{\Sigma}^X = 24,4$ , полученная в количественных оценках.

Еще одним положительным эффектом применения модели, разработанной на основе энтропийного подхода, является возможность определения случаев распределения коэффициентов весомости, соответствующих наиболее высоким значениям эффективности для отдельных исследуемых объектов.

В соответствии с таблицей 3.2 ситуация максимальной эффективности соответствует для объекта  $x_3 = 6,83$  при следующем распределении коэффициентов весомости

$$a_{21} = 1/3,$$

$$a_{22} = 1/2,$$

$$a_{23} = 1/6,$$

Данное распределение весовых коэффициентов совпадает при использовании разработанного подхода со случаем распределения весовых коэффициентов, получаемых с применением модели оценок Фишберна для одного из возможных вариантов расположения предпочтений критериев

$$P_i(a_{i2}) > P_i(a_{i1}) > P_i(a_{i3}).$$

Графоаналитическое решение системы (3.15) и иллюстрация распределения значений весовых коэффициентов, получаемых с применением модели оценок Фишберна представлено на рисунке 3.5.

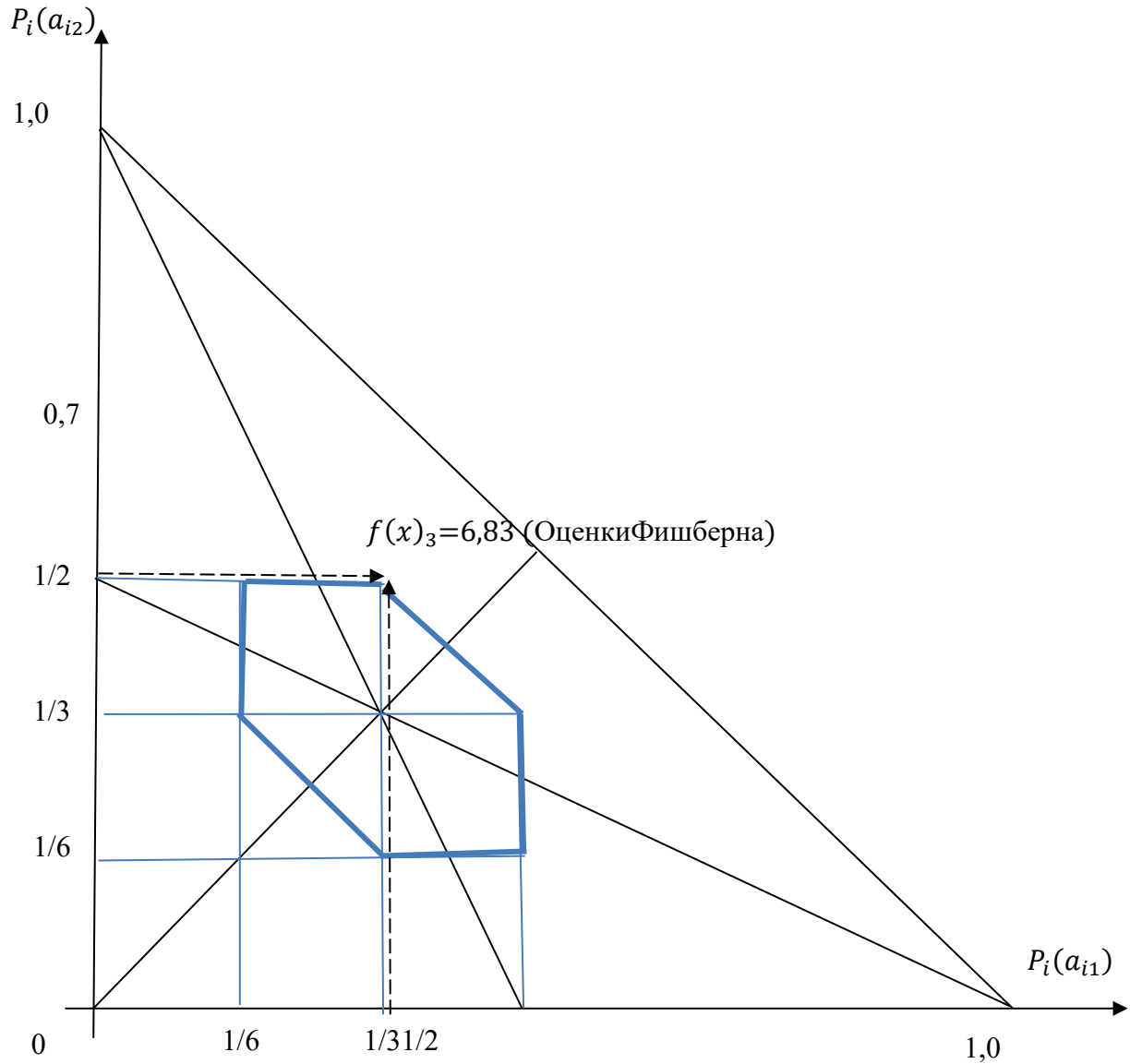


Рисунок 3.5 - Графоаналитическое решение системы (3.15) и иллюстрация распределения значений весовых коэффициентов, получаемых с применением модели оценок Фишберна. Источник: [разработано автором].

В соответствии с таблицей 3.5 решение  $f(x)_3=6,83$  (Оценки Фишберна), принадлежит точке (B), что:

➤ с одной стороны, подтверждает правильность выбранного подхода и достоверность получаемых решений,

➤ но, с другой стороны, позволяет модернизировать энтропийных подход с целью расширения его возможностей.

Разработанный энтропийный подход к решению многокритериальных задач в условиях неопределенности позволяет сформулировать аналитическую модель получения переменных значений весовых коэффициентов не только в точках, являющихся узлами пересечения поверхностей (плоскостей) эффективных решений, но и на множестве точек, являющихся результатом пересечения областей декомпозиции информационного пространства по принципу условного предпочтения.

Для подтверждения данного тезиса определим модель декомпозиции информационного пространства по принципу условного предпочтения

$$\begin{cases} P_i(a_{ij}) = \sum_{j=1}^n f_{ij}x_j \rightarrow \max, \\ \sum_{j=1}^n p_j = 1, 0 \leq p_j \leq 1 \\ p_j \geq p_{j+1}, j = \overline{1, n-1} \end{cases} \quad (3.22)$$

Поиск оптимальных в соответствии с условием задачи (3.22) значений  $a_{ij}$  для каждого из вариантов  $f(x)_i$  выполняется с помощью аналитической модели векторной оптимизации

$$a_{ij} = \begin{cases} \frac{[1 - \frac{(n-1)(n-k)}{n(n+1)}]}{k}, \text{ при } j \leq k, \\ \frac{(n-1)}{n(n+1)}, \text{ при } j > k, \\ k = j, \text{ при } a_{kj} = \max_j a_{ij} \end{cases} \quad (3.23)$$

Где  $k$  – значения переменного индекса  $j = \overline{1, n}$  определяемого из условия  $a_{kj} = \max_j a_{ij}$ .

Апробируем модель (3.23) на приведенном выше числовым примере и покажем графоаналитическое решение на рисунке 3.6.

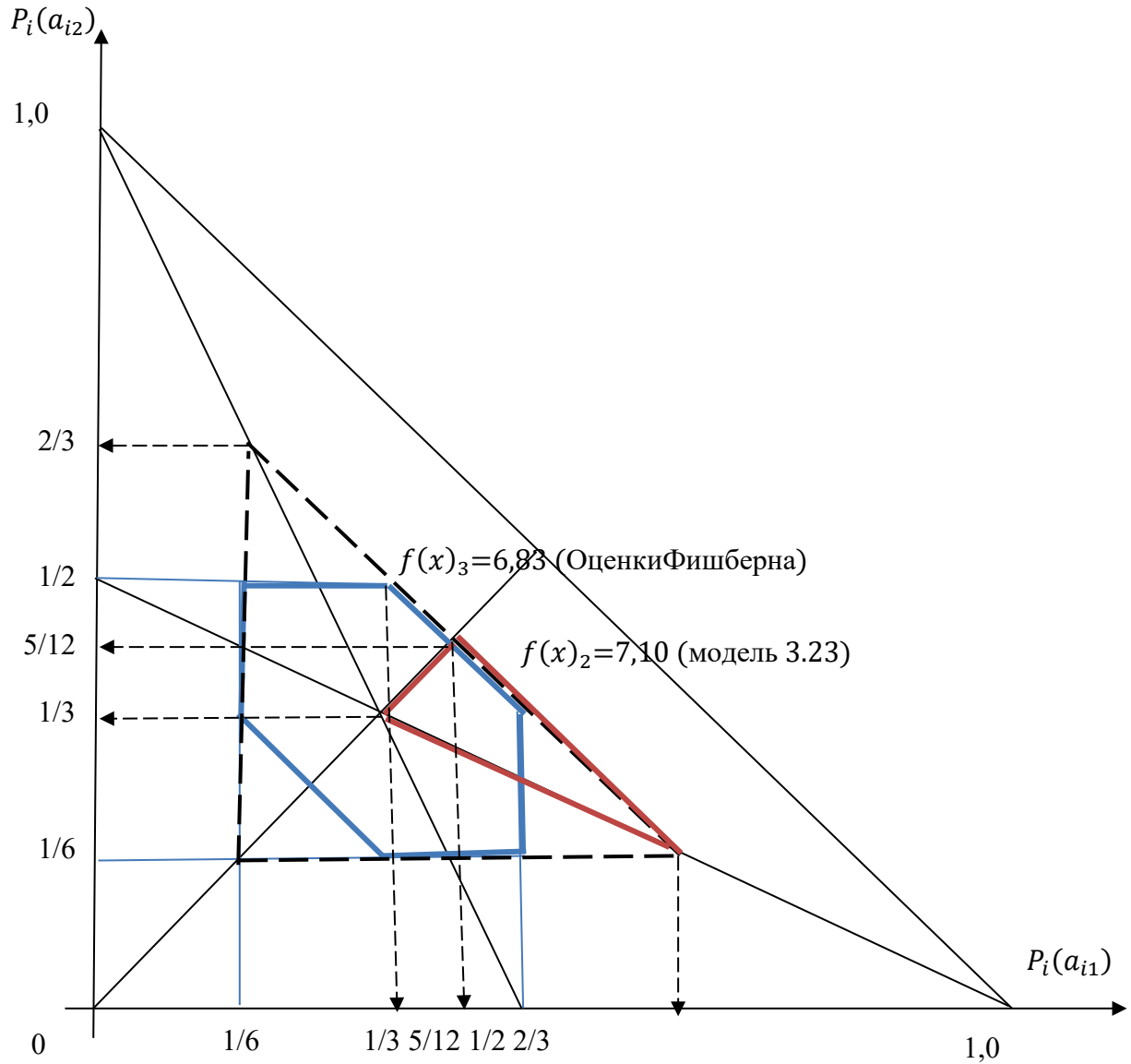


Рисунок 3.6 - Графоаналитическое решение системы (3.15) применением оценок Фишберна и модели аналитической модели (3.23).

Источник: [разработано автором].

В результате было получено решение  $f(x)_2=7,10$  (модель 3.23), которое по своему значению эффективности превышает значения, полученные с помощью ранее используемых методов-аналогов, в частности  $(x)_3=6,83$  (Оценки

Фишберна). Полное распределение коэффициентов весоности в случае применения модели 3.23 приведено в таблице 3.10.

Таблица 3.10 - Распределение коэффициентов весоности в случае применения модели 3.23.

	$f(x)_1$	$f(x)_2$	$f(x)_3$
$x_1$	2/3	1/6	1/6
$x_2$	5/12	5/12	1/6
$x_3$	2/3	1/6	1/6
$x_4$	1/3	1/3	1/3
$x_5$	2/3	1/6	1/6

В таблице 3.11 сравним результаты применения всех рассмотренных выше моделей получаемых весовых коэффициентов, определяющих системную эффективность СРО.

Таблица 3.11 – Сравнение различных моделей распределения весовых коэффициентов, определяющих системную эффективность СРО

	Критерий Лапласа	Оценки Фишберна	Разработанный подход	Модель (3.23)
$x_1$	5,94	5,84	6,12	5,58
$x_2$	4,95	4,82	5,83	7,1
$x_3$	5,94	4,84	6,83	6,75
$x_4$	1,98	2,33	2,81	2,0
$x_5$	2,64	2,01	2,83	3,5
$S_{\Sigma}^X$	21,45	19,84	24,4	<b>24,93</b>

Сравнение применения всех рассмотренных выше моделей распределения весовых коэффициентов, определяющих системную эффективность СРО,

свидетельствует в пользу модели 3.23 ( $S_{\Sigma}^X = 24,9$ ), позволяющей исследовать информационное пространство возможных решений с помощью переменных значений коэффициентов.

### **3.4 Разработка многоуровневой структуры системы рейтингового оценивания транспортно-логистических предприятий**

Разработка методологии системной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий, комплексно учитывающей сложность современного транспортно-логистического производства в РФ, требует анализа его структуры, а именно видов транспортно-логистических предприятия, дифференцируемых по видам транспортных услуг и по характеру внутриотраслевого межотраслевого взаимодействия. Причиной сложности современного транспортно-логистического производства в РФ является разнородность участников рынка, обусловленная разнообразием видов транспортных услуг, откуда и необходимость привести их к «общему аналитическому знаменателю» (рисунок 3.7). Поэтому для системной оценки эффективности транспортно-логистического производства отдельных компаний недостаточно только наличия (разработанных в предыдущем параграфе) объективных аналитических инструментов оценки объектов рейтингования в однородном по критериальному составу информационном пространстве. Может возникнуть ситуация и, как правило, в практике транспортно-логистического производства в РФ так происходит, когда приходится сравнивать разнородные по составу критериев транспортно-логистические структуры. Укрупненно в структуре транспортно-логистического производства преобладают следующие виды производства:

- Транспортные компании, обладающие и эксплуатирующие собственный подвижной состав (ПС).

- Транспортно-экспедиционные компании, которые обладают и применяют как собственный, так наёмный ПС в определённых условиях рынка и сопоставимых пропорциях.
- Экспедиционные компании – компании, занимающиеся организацией доставки грузов, как правило, не обладающие собственным ПС.

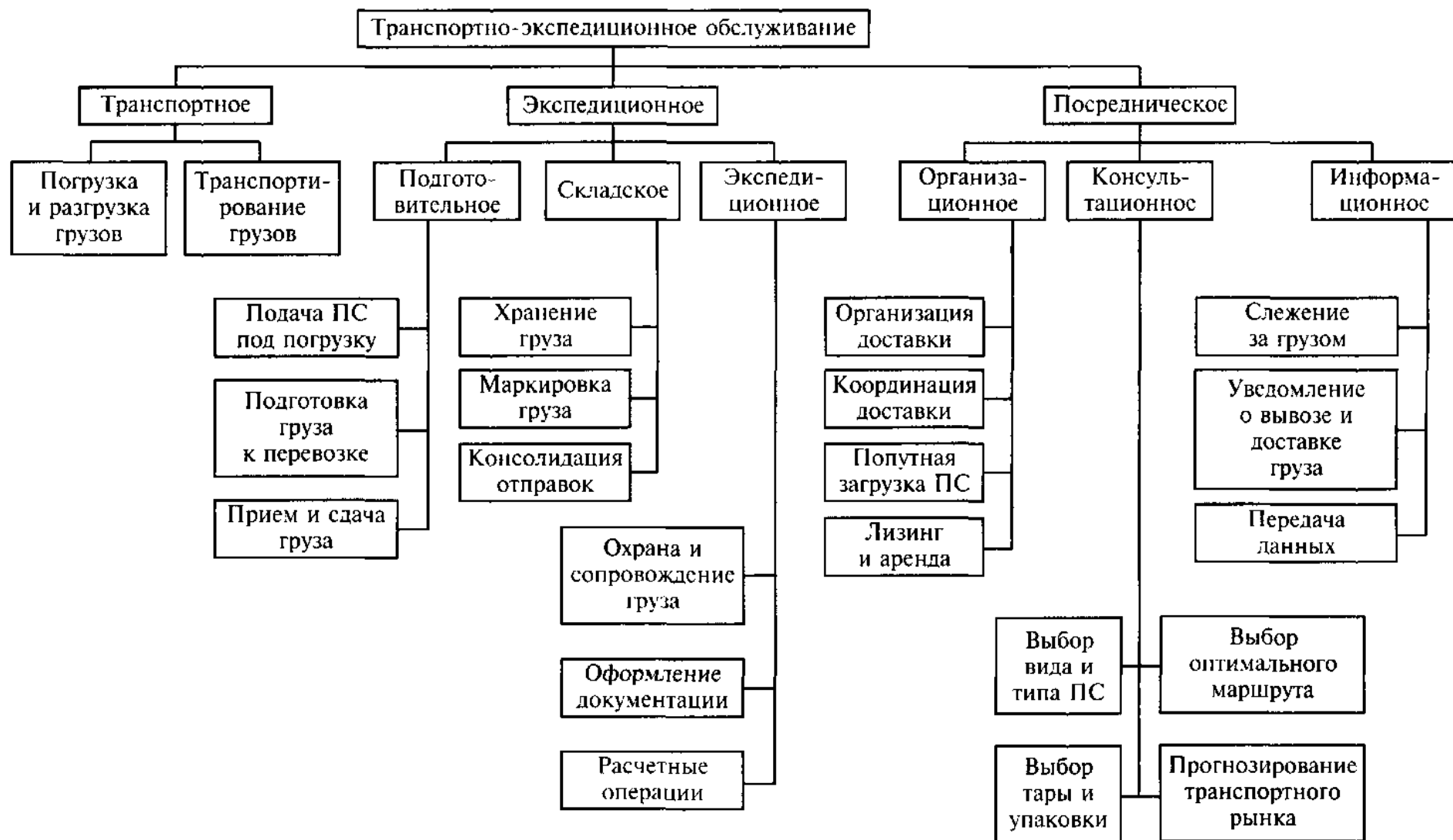


Рисунок 3.7 – Структура транспортно-логистического производства и виды транспортных услуг.

Источник: [156].

Помимо разнообразия транспортно-логистических предприятий, обусловленного той или иной формой собственности и видом организации деятельности, в структуре транспортного производства РФ имеет место естественное разнообразие технологических процессов, обусловленное спецификой различных видов транспорта. При взаимодействии различных видов транспорта нельзя не учитывать сложность транспортного комплекса как связующего элемента в цепи производственных отношений (производитель-поставщик-покупатель), их различную ведомственную принадлежность и сложность, необходимость взаимодействия на межрегиональном и межгосударственном уровне с обязательным набором юридического сопровождения деятельности (рисунок 3.8)



Рисунок 3.8 – Укрупненная схема взаимодействия субъектов транспортно-экспедиционного обслуживания. Источник: [156].

Значительный вклад в сложность оценки эффективности деятельности объектов транспортно-логистического производства вносят естественные размеры географического пространства РФ, соответственно протяженность маршрутов сообщения и несопоставимые размеры площадей отдельных регионов со специфическими природными условиями, численностью населения и мощностью производственных и трудовых ресурсов и т.д. Данное обстоятельство приводит к различным формам и условиям рыночного взаимодействия и доминированию различных моделей рыночных отношений в различных субъектах РФ (таблица 3.12). Кроме того, в первой главе производился анализ построения иерархии управления в автотранспортной отрасли и было отмечено, что автотранспортная система не является строго иерархической, а сочетает иерархичность с элементами сетевой организации. Например, транспортные предприятия, вынесенные на микроуровень, что ниже регионального, осуществляют свою деятельность при межрегиональном сообщении. Это касается как крупных предприятий, так и малых, средних и физических лиц. Автотранспортная система имеет более сложную структуру, сочетающую в себе иерархичность с элементами сетевой организации. Там же было обосновано, что в настоящее время невозможно рассматривать транспортно-логистическое производство в отрыве от общегосударственных интересов, поскольку государство выработало миссию в сфере функционирования и развития транспортной отрасли как создание условий для экономического роста, повышения конкурентоспособности национальной экономики и роста качества жизни населения, превращая особенности географического пространства РФ в её конкурентное преимущество. Причем реализация данной миссии выстроена в иерархии конкретных приоритетов и целей, где на высшем иерархическом уровне расположены общенациональные, общеэкономические и общетранспортные интересы и приоритеты, каждому из которых присущи специфические цели и задачи, нередко носящие противоречивое целеполагание и требующее поиска сбалансированных решений. Поэтому «укомплектовать» единую СРО всем набором перечисленных требований к эффективности ТЛП является достаточно сложной задачей.

Таблица 3.12 - Анализ различных моделей рыночных взаимоотношений в зависимости от региональных особенностей в РФ. Источник: [156].

Модель рынка	Состав участников	Характеристика рынка	Регион
Чистая конкуренция	Множество компаний, перевозчиков, экспедиторов, терминалов и т.п. разных форм собственности и множество грузоотправителей, грузополучателей (однородных грузов или услуг)	Отдельный грузоотправитель или перевозчик (ТЛП, экспедитор, терминал и т.п.) не оказывает большого влияния на уровень тарифов	В крупных городах с развитой экономикой и транспортной сетью
Монополистическая конкуренция	Крупные перевозчики (экспедиторы, терминалы и т. п.), осуществляющие услуги в широком диапазоне тарифов в зависимости от условий и технологий выполнения	Перевозчики (экспедиторы, терминалы и т.п.) разрабатывают предложения для разных клиентов по улучшению качества транспортного обслуживания, занимаются его рекламой.	В крупных городах, в сфере международного транспортно-логистического производства
Ограниченная конкуренция	Небольшое количество перевозчиков (экспедиторов, терминалов и т. п.), взаимочувствительных к маркетинговым стратегиям и тарифной политике	Небольшое количество перевозчиков (экспедиторов, терминалов и т. п.). Повышение тарифов на перевозки и услуги отдельной организацией может привести к снижению объемов услуг из-за потери клиентуры	В небольших регионах
Монополия	Один перевозчик (экспедитор, терминал и т. п.)	Необходимо государственное регулирование тарифной политики перевозчика (экспедитора, терминала и т. п.)	В регионах Сибири и Крайнего Севера, сельских районах

Отсюда вытекает основная проблема рейтингования транспортно-логистического производства—невозможно чётко ограничить оцениваемые компании. К примеру, даже крупные транспортные компании со своим автопарком (Деловые Линии, ПЭК) используют одновременно и водителей-частников, причём размер управляемого парка подвижного состава может быть больше, чем тот, которым компания владеет. Если обратить внимание на отдельные виды транспорта, например, железнодорожные перевозки (ЖД-перевозки), то возможно следует учитывать данные и показатели эффективности как компаний-перевозчиков, так и компании владельца вагонов, также, возможно, компаний владельца инфраструктуры и т.д. Отдельно следует отметить компании, владеющие информационно-аналитическими ресурсами и предоставляющими их предприятиям транспортно-логистического сегмента рынка, такие как «Биржа грузоперевозок АТИ», являющаяся крупнейшей экосистемой сервисов для транспортной логистики в России и странах СНГ, которые реализуют свои услуги в виде цифровых сервисов. Фактически мы имеем разнородные по составу показателей системные отраслевые структуры и именно разнородность исследуемых структур в составе единой системы транспортной отрасли определяет сложность оценки эффективности транспортного логистического производства и накладывает особые требования к формированию структуры системы рейтингового оценивания транспортно-логистических предприятий. Эти требования сложны не только с точки зрения объективности инструментов принятия решений, но и с точки зрения количественного и качественного состава измерителей эффективности и модели их комплектования в исследуемую структуру [156,157,158,159,160]. В этом случае необходимо привлекать для исследования методы многокритериальной оценки эффективности объектов в сложных многоуровневых организационных системах управления [163,164,163]. Отсутствие научно-обоснованных принципов комплектования разнородной номенклатуры измерителей по составу, качеству и степени влияния на локальное и конечное целеполагания приводит к упрощенным моделям решения задач рейтингового оценивания объектов транспортно-логистического производства.

Научно-обоснованные принципы формирования разнородной номенклатуры измерителей по составу, качеству и степени их влияния в рамках единой системы должны исследоваться и разрабатываться в рамках теории многоуровневых иерархических систем.

Согласно классической теории многоуровневых иерархических систем [62], представление системы производится с применением подхода, согласно которому выделяются отдельные структурные единицы - «страты», обладающие внутренними связями и располагающиеся на нижнем уровне в общей структуре управления. Под управлением в СРО следует понимать преобразование информации о состоянии эффективности исследуемых объектов ТЛП в систему весовых коэффициентов, определяющих эффективность всей системы ТЛП. Тогда структуру СРО можно представить в виде многоуровневой иерархической системы управления эффективностью транспортно-логистического производства в общем (рисунок 3.9) и формализованном виде для автотранспортного производства (рисунок 3.10).

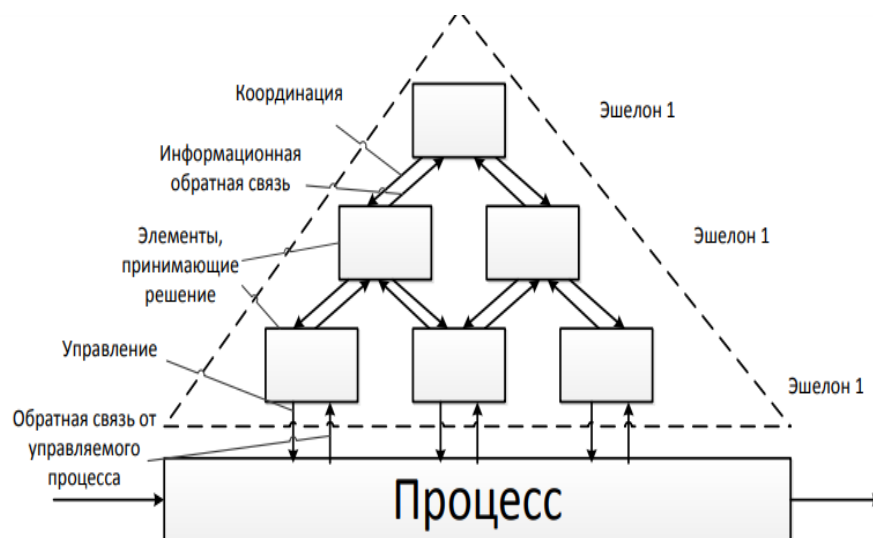


Рисунок 3.9 – Многоуровневая иерархическая система управления процессами, характеризующаяся разнородной структурой показателей. Источник [62]

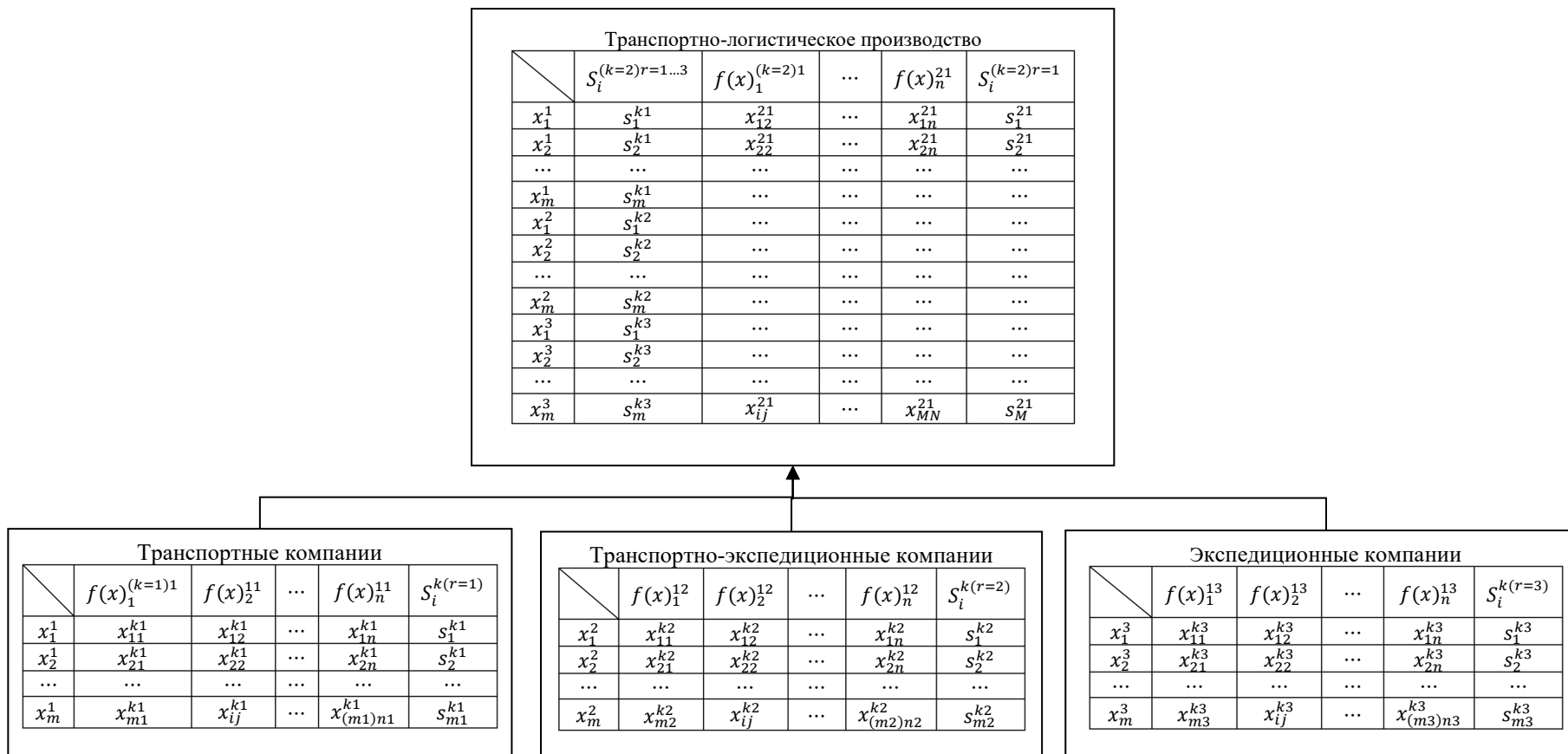


Рисунок 3.10 – Многоуровневая иерархическая система автотранспортного логистического производства, характеризующаяся разнородной структурой показателей. Источник [разработано автором]

Поясним представленную на рисунке 3.10 многоуровневую иерархическую модель СРО эффективности транспортно-логистического производства (в данном случае автотранспортного логистического производства). При необходимости, заложенный в модели аналитический алгоритм её построения может быть масштабирован до модели межотраслевого транспортного производства, то есть до модели исследования СРО при взаимодействии различных видов транспорта. Для этого достаточно ввести на первом уровне аналогичный представленному на рисунке 3.10 блок, состоящий из «страт», характеризующих предприятия транспортного комплекса соответствующего вида транспорта и с присущими им критериями эффективности.

Итак, на нижнем уровне иерархии располагаются отдельные «страты» с наборами показателей, дифференцируемыми по виду или типу основного производства компаний, включаемых в СРО. В данном случае это транспортные компании, транспортно-экспедиционные предприятия и чисто экспедиционные предприятия. Модель предполагает возможность изменения количества видов исследуемых предприятий, что определяется индексом ( $r$ ).

Для нашего случая ( $r$ ) = 1 ... 3.

Количество объектов исследования, а рамках отдельной страты может быть произвольным и определяется индексом ( $i$ ) = 1 ...  $m$ .

Соответственно:

- для транспортных компаний  $x_{ij}^1$ , где ( $i$ ) = 1 ...  $m_1$
- для транспортно-экспедиционных компаний  $x_{ij}^2$ , где ( $i$ ) = 1 ...  $m_2$
- для экспедиционных компаний  $x_{ij}^3$ , где ( $i$ ) = 1 ...  $m_3$

Количество критериев целеполагания в рамках отдельных страт также может быть произвольным и определяется индексом ( $j$ ) = 1 ...  $n$ .

Соответственно:

- для транспортных компаний  $x_{ij}^3$ , где ( $j$ ) = 1 ...  $n_1$
- для транспортно-экспедиционных компаний  $x_{ij}^3$ , где ( $j$ ) = 1 ...  $n_2$
- для экспедиционных компаний  $x_{ij}^3$ , где ( $j$ ) = 1 ...  $n_3$

Результатом вычислений в отдельных «стратах» будет набор эффективностей, соответствующих каждому исследуемому объекту (компания) в рамках отдельного вида компаний.

Соответственно:

- для транспортных компаний  $S_i^{1(r=1)}$ , где  $(i) = 1 \dots m_1$
- для транспортно-экспедиционных компаний  $S_i^{1(r=2)}$ , где  $(i) = 1 \dots m_2$
- для экспедиционных компаний  $S_i^{1(r=3)}$ , где  $(i) = 1 \dots m_3$ .

При этом аналитически, используя (3.23) будут определены значения весовых коэффициентов ( $a_{ij}$ ) при каждом значении текущего показателя в каждой страте. Полученные значения весовых коэффициентов будут определены из условия, что их значения соответствуют максимально эффективному состоянию объекта в СРО( $S_{max}^X$ ), а их сумма - максимальной совокупной эффективности системы в рамках отдельной страты  $S_{\Sigma}^X$ , то есть для нашего случая:

$$\begin{cases} S_{max}^X = S_i^{1(r=1\dots3)} \\ S_{\Sigma}^X = \sum_i^{m_{(1..3)}} S_i^{1(r=1\dots3)} \end{cases} \quad (3.24)$$

Система (3.24) уже является системой рейтингового оценивания (СРО) для каждого вида транспортно-логистического производства (транспортные, транспортно-экспедиционные и экспедиционные предприятия).

Для достижения оценок эффективности в рамках автотранспортного логистического (отраслевого) производства необходимо сделать еще один важный шаг: найти решение перехода от низшего уровня многоуровневой системы в СРО к последующему (высшему). Алгоритм перехода от уровня к уровню в СРО можно определить, используя основное тождество системного анализа для не эмерджентных систем. Свойство эмерджентности распространяется на все сложные, состоящие из большого количества элементов с развитой системой связей [165,166,167]

В связи с этим с некоторым допущением сложные транспортные системы можно отнести к эмерджентным системам. Но в отличие от транспортных систем транспортно-логистические системы, предполагающие необходимость формализации процессов, к эмерджентным системам отнести сложнее, а системы рейтингового оценивания транспортно-логистического производства, являющиеся прямым абсолютно формализованным инструментом, относить к эмерджентным системам не следует. Поэтому можно определить алгоритм перехода в СРО транспортно-логистического производства, применяя следующее уравнение:

$$\sum_i^{m(1...3)} S_i^{1(r=1...3)} = \sum_{i=1}^{m_1} S_i^{1(r=1)} + \sum_{i=1}^{m_2} S_i^{1(r=2)} + \sum_{i=1}^{m_3} S_i^{1(r=3)} \sim 1 \quad (3.25)$$

Тогда можно записать:

$$\begin{cases} S_i^{(2)r=1} = \frac{\sum_{i=1}^{m_1} S_i^{1(r=1)}}{\sum_i^{m(1...3)} S_i^{1(r=1...3)}} \\ S_i^{(2)r=2} = \frac{\sum_{i=1}^{m_2} S_i^{1(r=2)}}{\sum_i^{m(1...3)} S_i^{1(r=1...3)}} \\ S_i^{(2)r=3} = \frac{\sum_{i=1}^{m_3} S_i^{1(r=3)}}{\sum_i^{m(1...3)} S_i^{1(r=1...3)}} \end{cases} \quad (3.26)$$

Применяя (3.26), формируется первый вектор-столбец на втором иерархическом уровне в СРО (рисунок 3.10). В него последовательно входят все объекты исследования (предприятия транспортно-логистического производства), состоящие из нормированных значений оценок эффективности, полученных на предшествующем первом уровне. Фактически данный вектор-столбец представляет собой первый максимизируемый критерий эффективности в матрице СРО второго уровня, отражающего интересы отраслевого значения. Последующие вектор-столбцы являются критериями целеполагания, которые декларирует миссия развития транспортной отрасли в целом.

Аналитическое решение получения оценок эффективности и распределения коэффициентов весомости на втором уровне СРО аналогично аналитическому решению на предшествующем уровне и производится в соответствии с разработанной моделью (3.23).

### **Выводы по третьей главе**

В третьей главе **разработан метод** синтеза оптимальной структуры объектов транспортно-логистического производства в системе рейтингового оценивания их эффективности.

Разработанный метод базируется на концептуальных основах моделей снятия неопределенности в сложных многокритериальных системах. Основным тезисом описания модели, позволяющей синтезировать оптимальную структуру в СРО, является безусловное предпочтение отраслевых интересов системы транспортно-логистического производства над локальными интересами транспортно-логистического производства отдельных элементов или подсистем, входящих в неё. Детализация инструментов методологии системной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий заключается в разработке методов моделирования, прогнозирующих состояние эффективности в системе СРО как управляемого фактора. В этом случае подразумевается, что разрабатываемая модель дает не только оценку эффективности предшествующего и текущего состояния, но и подразумевает операции по управлению функционалом исследуемой системы и прогнозированием её эффективного развития. Предложенный подход для снятия неопределенности при синтезе оптимальной структуры в системе рейтингового оценивания эффективности транспортно-логистического производства полностью соответствует модели применения шенноновской энтропии для измерения неопределенности.

Исследование возможностей энтропийного подхода для аналитического моделирования состояния эффективности в системе рейтингового оценивания **подтвердило научную гипотезу** о том, что искомое решение сводится к

разработке антиэнтропийных инструментов, снижающих энтропию (меру неопределенности) в исследуемой системе. Разработанный аналитический подход к снятию неопределенности в СРО эффективности транспортно-логистического производства базируется на теории принятия решений, основанной на моделях теории игр (игр с природой факторов), особенностью которой является возможность разработки моделей принятия решений в условиях неопределенности, то есть когда значения показателей эффективности исследуемых процессов функционирования транспортно-логистических компаний не подчиняется вероятностным законам распределения случайных величин. Инструментом разработанного аналитического подхода является метод решения многокритериальных задач, основанный на модели последовательной оптимизации, предполагающий декомпозицию информационного пространства на ряд непересекающихся областей со своими наборами показателей критериев оптимальности. Декомпозиции информационного пространства производится в зависимости от принадлежности оптимизируемой системы к той или иной области информационного пространства, определяемого составом факторов возмущения внешней среды.

Разработанный подход к решению многокритериальных задач в условиях неопределенности позволил **сформулировать аналитическую модель** получения переменных значений весовых коэффициентов не только в точках, являющихся узлами пересечения поверхностей (плоскостей) эффективных решений, но и на множестве точек, являющихся результатом пересечения областей декомпозиции информационного пространства по принципу условного предпочтения. Произведенный анализ разработанной аналитической модели определения эффективности в СРО в сравнении с методами-аналогами решения многокритериальных задач позволяет сделать следующие выводы:

➤ применение разработанной модели позволяет найти в условиях неопределенности различные системы распределения весовых коэффициентов, удовлетворяющих качеству, декларируемому СРО, и определяющих более высокие значения системной эффективности.

➤ еще одним положительным эффектом применения модели, разработанной на основе энтропийного подхода, является возможность определения случаев распределения коэффициентов весомости, соответствующих наиболее высоким значениям эффективности для отдельных исследуемых объектов.

**Обосновано**, что принципы формирования разнородной номенклатуры измерителей по составу, качеству и степени их влияния в рамках единой системы рейтингового оценивания должны исследоваться и разрабатываться в рамках теории многоуровневых иерархических систем. Согласно классической теории многоуровневых иерархических систем представление системы производится с применением подхода, согласно которому выделяются отдельные структурные единицы - «страты», обладающие внутренними связями и располагающиеся на нижнем уровне в общей структуре управления. При этом под управлением в СРО следует понимать преобразование информации о состоянии эффективности исследуемых объектов ТЛП в систему весовых коэффициентов, определяющих эффективность всей системы ТЛП.

**Разработанная многоуровневая структура** системы рейтингового оценивания транспортно-логистических предприятий нацелена на реализацию общегосударственных интересов, где государство выработало миссию в сфере функционирования и развития транспортной отрасли как создание условий для экономического роста, повышения конкурентоспособности национальной экономики и рост качества жизни населения. Причем реализация данной миссии выстроена в иерархии конкретных приоритетов и целей, где на высшем иерархическом уровне расположены общенациональные, общеэкономические и общетранспортные интересы и приоритеты, каждому из которых присущи специфические цели и задачи, нередко носящие противоречивое целеполагание и требующие поиска сбалансированных решений

При необходимости, заложенный в модели аналитических алгоритм её построения может быть масштабирован до модели межотраслевого транспортного

производства, то есть до модели исследования СРО при взаимодействии различных видов транспорта.

#### 4. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ РЕЙТИНГОВОГО ОЦЕНИВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

##### **4.1 Концептуальные основы программного обеспечения системы рейтингового оценивания предприятий транспортно-логистического производства**

Концептуальной основой разработки программного обеспечения системы рейтингового оценивания предприятий транспортно-логистического производства является необратимый процесс цифровизации отраслей экономики РФ.

В первой главе было обосновано, что цифровизация систем управления транспортным производством должна носить комплексный характер, включающий в себя: наличие необходимой инфраструктуры коммуникативных сетей, подготовленность человеческих ресурсов, готовность бизнес-структур интегрироваться в единое информационное отраслевое пространство, соответствие и наличие законодательной базы, регламентирующей деятельность цифровых сервисов и т.д. Вся современная и будущая практическая деятельность в области отраслевого транспортного управления в РФ, начиная от управления технологическими процессами перевозок и заканчивая управлением процессами организационной деятельности транспортно-логистических компаний, будет базироваться на цифровых технологиях. Первый шаг в данном направлении определился при разработке проекта создания НЦТЛП. Проект архитектуры НЦТЛП предполагает создание основных цифровых сервисов, объединяемых в единую экосистему. Важной особенностью проекта НЦТЛП является его объединяющая направленность на взаимодействие различных видов транспорта, что подразумевает включение в состав участников проекта не только грузоперевозчиков, экспедиторов и грузовладельцев, но и операторов-владельцев подвижного состава на различных видах транспорта, операторов транспортно-складской инфраструктуры, операторов электронных систем оформления перевозочных документов и т.д.

Подход, основанный на единой экосистеме цифровых сервисов, сочетающий в себе функционал разнородных по качественным показателям организационных и бизнес-структур, должен опираться на сложную иерархическую архитектуру взаимодействия отдельных элементов, входящих в состав проектируемого программного комплекса. Таким образом, должна решаться задача создания единой модели данных в едином цифровом формате между всеми участниками транспортно-логистической деятельности. Обеспечение единства цифрового формата на первый взгляд является не сложной задачей, но на практике, когда каждая крупная транспортная компания разрабатывала собственные цифровые форматы обработки и хранения данных, их трансформация в единую модель может вызывать значительные затруднения.

Формируемая архитектура НЦТЛЛ призвана объединить все цифровые сервисы грузоперевозчиков, грузовладельцев, экспедиторов различных видов транспорта в единой системе взаимодействия между всеми субъектами и объектами транспортно-логистической деятельности. Следовательно СРО также должна обладать свойствами, позволяющими кооперировать, объединить и исследовать всю номенклатуру (или максимально возможную) показателей эффективности логистического транспортного производства. Основную сложность при реализации масштабных задач проекта представляет необходимость совмещения всех порталов и подсистем проекта с присущими огромному количеству разнородных по функционалу и показателям задач в единое информационно-аналитическое пространство. Каждая из описанных выше задач вполне выполнима и не представляет сложности с научной точки зрения и возможностей теологического решения. Но системное совмещение и практическое воплощение их в единую платформу обработки и управления информационными потоками однозначно вызовет трудности в разработке: аналитических методов обработки огромного объема информации, методов решения оптимизационных многокритериальных задач в системе, методов управления решениями на различных уровнях многоуровневой аналитической системы и т.д.

На это обстоятельство обращают внимание эксперты в транспортной отрасли, отмечая ряд потенциальных сложностей при разработке и внедрении системы. Наибольшую сложность, по мнению экспертного сообщества, при создании НЦТПЛ представляет процедура создания оригинальных, независимых от зарубежных разработок программных продуктов, математического ПО и обработки больших данных, способных объективно оценивать текущее состояние и управлять эффективностью системы транспортно-логистической деятельности в обозначенных масштабах национального уровня [7]. Отдельный цифровой сервис представляет собой достаточно ограниченный по функционалу, с точки зрения программного обеспечения, инструмент взаимодействия между клиентом и поставщиком информационной услуги. Основное преимущество цифровых сервисов как бизнес-продуктов заключается в концентрации в едином информационно-коммуникационном центре инструментов обработки данных по однородным операциям, сопровождающим деятельность различных предприятий, функционирующих в едином отраслевом (технологическом) пространстве. В этом случае отдельные предприятия избавляются от необходимости содержать отдельные организационные образования, штат сотрудников и оборудования, а, следовательно сокращаются затраты, необходимые для решения специализированных задач [168, 169, 170, 171,172,173]. Кроме того, цифровые сервисы освобождают от части рисков, связанных с формированием новой ценности, конечно, если оказываемая услуга является компетентной и объективной, что в свою очередь тоже относится к области риска принимаемых решений.

В любом случае, даже при ограниченном функционале отдельного цифрового сервиса необходимо создавать информационно-аналитические системы (ИАС) или информационно-аналитические платформы (ИАП), которые являются агрегаторами информации, методов и моделей, обеспечивающими качество предоставляемой услуги. Со временем при активном развитии цифрового бизнеса происходит неизбежный процесс роста объемов информации, агрегированной в

ИАП, расширение её возможностей за счет повышения качества аналитических инструментов и ПО, то есть постепенного усложнения архитектуры ИАС.

Согласно постулатам теории информационного взаимодействия, данный процесс является нелинейным[173], а, следовательно, формирующим новые организационные структуры в логистическом транспортном производстве[174,175,176,177,178]. Поэтому реализация новых процессов и возможностей ИАС приводит с одной стороны к созданию новой сервисно-ориентированной архитектуры (СОА) предприятий, а с другой стороны - к усложнению самой ИАС (рисунок 4.1).

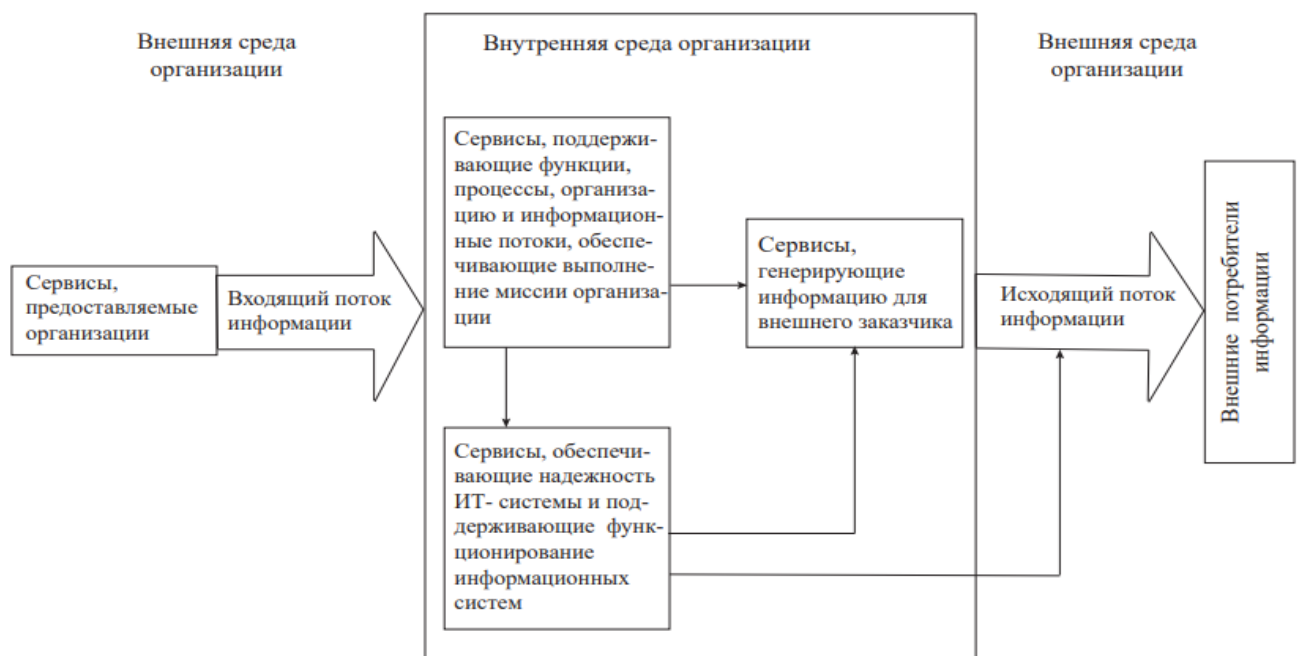


Рисунок 4.1 - Структура сервисно-ориентированной организации предприятия.

Источник:[173]

Например, в проекте архитектуры НЦТЛП цифровые сервисы уже объединяются в единую экосистему, состоящую из отдельных порталов, состоящих из отдельных подсистем:

- Портал «цифровых сервисов для государства» с подсистемами аналитической и статистической отчетности в Министерство транспорта и профильные комитеты Правительства РФ, управления приоритетной доставки

специальных грузов, управления возникающими инцидентами, моделирования и прогнозирования развития системы.

– Портал «коммерческих цифровых сервисов» с подсистемами: «единого окна» выдачи перевозочных, товаросопроводительных и разрешительных документов, предоставления данных о состоянии транспортно-логистической инфраструктуры, мониторинга и прогнозирования транспортно-логистических потоков, аналитических данных по маршрутам перевозки грузов.

– Портал «платформенного информационного взаимодействия», объединяющий в единую систему различные подсистемы входных данных: подсистемы ГИС, подсистемы информационного взаимодействия с зарубежными аналогичными информационно-аналитическими платформами и т.д.

При этом система рейтингового оценивания эффективности логистического транспортного производства должна быть органично встроена в сложную структуру НЦТЛП, что предъявляет высокие требования к ПО, его реализующему, с точки зрения возможности взаимодействия со всеми подсистемами, доступности и удобства представления информации, результатов расчета, интерфейсов представления данных и управления.

Переведем перечисленные особенности и трудности при формировании сложной многоуровневой системы рейтингового оценивания, работающей в режиме цифрового сервиса, в практическую плоскость. Традиционным и достаточно однобоким способом преодоления сложностей по формированию объективных систем оценки транспортного производства является подход, основанный только на экономических показателях.

Организация объективной системы рейтингового оценивания эффективности предприятий транспортно-логистической отрасли сталкивается с комплексом методологических проблем и практических ограничений, обусловленных спецификой отрасли, несовершенством нормативно-правовой базы и гетерогенностью участников рынка. Систематизация данных проблем и разработка

подходов к их преодолению представляет собой необходимое условие создания научно обоснованной методологии системной оценки эффективности.

Классическим примером относительно простого подхода к рейтинговому оцениванию является ранжирование компаний по величине общей выручки как универсального показателя масштаба и успешности бизнеса. Данный подход характеризуется вычислительной простотой, доступностью исходных данных из публичной финансовой отчетности, прозрачностью процедуры формирования рейтинга. Однако даже при применении этого наиболее элементарного критерия в контексте организации системы рейтингового оценивания предприятий транспортно-логистической отрасли возникают существенные методологические трудности.

Ключевая проблема заключается в том, что у подавляющего большинства участников рейтингового оценивания доходы формируются не только от профильной транспортно-логистической деятельности, но также включают значительные компоненты, связанные с другими видами бизнес-активности. К таким дополнительным источникам доходов относятся: выручка от сопутствующего производственного процесса (например, ремонт и техническое обслуживание транспортных средств для сторонних организаций, производство запасных частей), доходы от торговой деятельности (реализация топлива, расходных материалов, оборудования), доходы от аренды недвижимости и оборудования, не используемых непосредственно в транспортно-логистических операциях, финансовые доходы от размещения временно свободных средств.

Агрегирование в единый показатель общей выручки столь разнородных по экономической природе компонентов существенно искажает представление о реальной эффективности собственно транспортно-логистической деятельности предприятия. Компания с высокой общей выручкой может демонстрировать посредственные результаты в основной транспортно-логистической деятельности, компенсируя это доходами от побочных направлений. Напротив, специализированное предприятие, концентрирующееся исключительно на

профильных транспортно-логистических услугах, может быть недооценено в рейтинге, основанном на совокупной выручке.

Данная проблема усугубляется тем обстоятельством, что структура финансовой отчетности не всегда позволяет четко дифференцировать выручку от различных видов деятельности. Многие компании, особенно среднего и малого масштаба, не раскрывают детальную сегментацию доходов по видам деятельности, что делает невозможным выделение профильной транспортно-логистической составляющей выручки.

Вторая фундаментальная трудность организации системы рейтингового оценивания в транспортно-логистической отрасли обусловлена чрезвычайной разнородностью участников рынка по множественным параметрам: видам производственной деятельности, технологическим процессам, бизнес-моделям, масштабам операций, географическому охвату, клиентским сегментам.

Транспортно-логистическая отрасль включает предприятия, осуществляющие принципиально различные виды деятельности: непосредственные перевозки грузов различными видами транспорта (автомобильным, железнодорожным, водным, воздушным), экспедиционное обслуживание, складские операции (хранение, грузопереработка, комплектация, упаковка), терминально-логистические услуги, информационно-диспетчерское обеспечение, таможенное оформление, страхование грузов.

Каждый из перечисленных видов деятельности характеризуется специфическими показателями эффективности, отражающими особенности технологических процессов и экономики бизнеса. Для автомобильных перевозчиков ключевыми индикаторами выступают производительность подвижного состава (тонно-километры на единицу парка), коэффициент использования грузоподъемности, коэффициент использования пробега. Для складских операторов критическими являются показатели оборачиваемости запасов, коэффициент использования складских площадей и объемов, производительность грузопереработки на квадратный метр площади.

В результате возникает методологическая дилемма: чрезвычайно сложно, а часто и методологически некорректно приводить индикаторы эффективности столь разнородных видов деятельности к единому «общему знаменателю», позволяющему объективно сравнивать предприятия в рамках единого рейтинга.

Попытка решить данную проблему путем формирования узких, технологически однородных рейтингов (например, рейтинг исключительно операторов железнодорожного подвижного состава или рейтинг складских операторов) обеспечивает методологическую корректность сравнения, но приводит к фрагментации общей картины отрасли. Рейтинг становится чрезмерно узким, охватывающим ограниченное число предприятий, и не позволяет сформировать комплексное представление о состоянии транспортно-логистической системы в целом.

Альтернативная стратегия, предполагающая введение минимальных ограничений по количеству и разнообразию сравниваемых индикаторов для обеспечения широкого охвата участников рынка в едином рейтинге, приводит к снижению сопоставимости оцениваемых объектов с отраслевой точки зрения. Компании, объединенные в один рейтинг на основании формальной принадлежности к транспортно-логистической отрасли, могут функционировать в принципиально различных экономических и технологических условиях, что делает их прямое сравнение методологически проблематичным.

Следующая критически важная проблема, в значительной степени относящаяся к сфере нормативно-правового регулирования транспортного производства, заключается в отсутствии четкого законодательно закрепленного понятия транспортно-логистических или логистических компаний в российском законодательстве. Данное обстоятельство создает фундаментальную неопределенность в идентификации объектов рейтингового оценивания и установлении границ исследуемой совокупности предприятий.

Серьезное научное и практическое отношение к данному вопросу может послужить темой самостоятельного междисциплинарного исследования на стыке транспортной экономики, логистики и юриспруденции. В первой главе настоящего

исследования было уделено должное внимание анализу данной проблемы и обоснована концептуальная и практическая необходимость введения в научный и нормативно-правовой оборот понятия «транспортно-логистическое производство».

Введение данного понятия создает методологическую основу для выделения в отдельный класс по организационно-функциональному признаку транспортно-логистических компаний, отличающихся от смежных категорий предприятий: чисто транспортных компаний, ограничивающихся оказанием услуг перевозки, транспортно-экспедиционных компаний, специализирующихся на организации перевозок без владения собственным транспортом, и экспедиционных компаний, выполняющих узкий спектр посреднических функций.

До тех пор, пока данные концептуальные и нормативно-правовые вопросы не получают адекватного разрешения, в профессиональной экспертной среде отсутствует консенсусное понимание критериев отнесения компании к категории транспортно-логистических. Не существует четких и общепринятых критериев, позволяющих объективно разграничить транспортно-логистические компании, транспортные компании, транспортно-экспедиционные компании и экспедиционные компании.

Попытки адаптации распространенной в зарубежной практике классификации логистических провайдеров по уровням (1PL – первая сторона, владелец груза, осуществляющий логистику собственными силами; 2PL – традиционные перевозчики и складские операторы; 3PL – комплексные логистические провайдеры; 4PL – интеграторы логистических услуг; 5PL – виртуальные логистические операторы) к российским условиям сталкиваются с существенными трудностями в силу национальной специфики организации транспортно-логистического рынка.

Показательным примером методологической неопределенности служит позиционирование АО «Почта России». Некоторые эксперты обоснованно обозначают данное предприятие как наиболее значимого логистического оператора страны. Аргументация данной позиции базируется на том факте, что для

отправки письма или посылки в любую точку не только России, но и практически любой страны мира, достаточно обратиться в ближайшее почтовое отделение (сеть которых насчитывает порядка 42 тысяч объектов по всей территории страны), а вся последующая сложная цепочка транспортировки, сортировки, таможенного оформления и доставки до конечного получателя представляет собой зону ответственности АО «Почта России».

С формальной точки зрения, данное предприятие обеспечивает комплексную логистическую услугу, включающую прием отправлений, их консолидацию, транспортировку различными видами транспорта (автомобильным, железнодорожным, воздушным), сортировку на промежуточных терминалах, хранение, таможенное оформление международных отправлений, доставку до конечного получателя. Однако традиционное восприятие почтовой службы как специфического государственного института, а не коммерческого логистического оператора, создает концептуальную неопределенность относительно корректности включения АО «Почта России» в рейтинги транспортно-логистических компаний наряду с частными коммерческими операторами.

Аналогичная ситуация концептуальной неопределенности наблюдается в отношении ОАО «РЖД» – крупнейшего транспортного холдинга страны. Данное предприятие управляет железнодорожной инфраструктурой общего пользования, владеет через систему дочерних и зависимых организаций значительной частью парка подвижного состава, предоставляет базовую услугу железнодорожной транспортировки грузов, а также оказывает комплексные логистические услуги уровня 3PL через специализированные дочерние структуры (например, АО «РЖД Логистика»).

Классификация столь диверсифицированного холдинга, совмещающего функции владельца и оператора инфраструктуры, перевозчика и комплексного логистического провайдера, в рамках существующих категорий транспортно-логистических компаний представляет значительную методологическую проблему.

Еще одной существенной методологической проблемой, затрудняющей объективное рейтинговое оценивание, является отсутствие единой универсальной классификации доходов от транспортно-логистической деятельности по видам. Данная проблема обусловлена тем фундаментальным обстоятельством, что структура доходов принципиально различна для компаний, функционирующих в различных сегментах транспортно-логистического рынка.

Для портовых операторов основную часть выручки составляют доходы от погрузочно-разгрузочных работ, включающих перегрузку грузов с морских судов на железнодорожный или автомобильный транспорт и обратно, складирование грузов на терминальных площадках, комплектацию партий грузов. Для операторов складских комплексов ключевыми источниками доходов выступают услуги хранения и складирования товарно-материальных ценностей, грузопереработки (приемка, размещение, комплектация, отпуск), дополнительные услуги по упаковке, маркировке, формированию комплектов.

Для автомобильных перевозчиков основные доходы формируются от услуг перевозки грузов и транспортного экспедирования, причем далеко не все компании разделяют данные категории доходов каким-либо универсальным и прозрачным способом в своей финансовой отчетности. Некоторые компании агрегируют все доходы от автотранспортной деятельности в единую статью, не детализируя вклад непосредственно перевозки и экспедиционного обслуживания, что затрудняет анализ структуры бизнеса и оценку эффективности отдельных направлений деятельности.

Отсутствие единых стандартизированных подходов к классификации и раскрытию информации о структуре доходов приводит к возникновению парадоксальных ситуаций при попытках рейтингового оценивания. Показательным примером служит дифференциация выручки относительно недавно появившегося на российском рынке сегмента операторов железнодорожного подвижного состава.

Данные компании по своей экономической сути представляют собой транспортно-экспедиционные организации, владеющие собственным парком железнодорожных вагонов. Фактически они не только предоставляют подвижной

состав в аренду ОАО «РЖД» или другим перевозчикам, но также активно занимаются организацией перевозочного процесса: формированием маршрутов, координацией движения вагонов, взаимодействием с грузоотправителями и грузополучателями, таможенным оформлением.

В результате разнообразия подходов к классификации доходов компании, представляющие один и тот же сегмент транспортных услуг и осуществляющие по существу аналогичные виды деятельности, оказываются распределенными между тремя различными категориями в системах статистического учета и налоговой отчетности:

Первая группа компаний относит основные доходы к категории выручки от внутренних и международных перевозок грузов и почты. Данная классификация соответствует ситуации, когда компания юридически оформляет договоры непосредственно с грузовладельцами на оказание услуг перевозки, выступая в роли перевозчика, хотя физически перевозку может осуществлять ОАО «РЖД» с использованием вагонов оператора.

Вторая группа компаний классифицирует основные доходы как выручку от оказания экспедиторских и логистических услуг, включающих организацию перевозки грузов и посредническую деятельность. Данный подход обусловлен тем обстоятельством, что в сегменте магистральных железнодорожных перевозок фактическим перевозчиком выступает ОАО «РЖД», обладающее монопольным правом на управление локомотивной тягой. Следовательно, операторы подвижного состава не могут корректно классифицировать свою выручку в статью «доходы от перевозок», так как формально не осуществляют перевозку в узком юридическом смысле.

Третья группа компаний относит выручку к категории доходов от предоставления транспортных средств и инфраструктуры в аренду, что также соответствует фактическому характеру деятельности, поскольку вагоны предоставляются в пользование перевозчику на основании договоров аренды или оперирования подвижным составом.

Подобные нормативно-правовые коллизии и методологические неопределенности создают серьезные проблемы не только для исследователей, занимающихся анализом отрасли и разработкой систем рейтингового оценивания, но также для потребителей транспортно-логистических услуг и регулирующих органов.

Неясность правового положения компаний, оказывающих транспортно-логистические услуги, размывает ответственность за качество и своевременность оказания услуг, затрудняет правовую защиту интересов грузовладельцев в случае ненадлежащего исполнения договорных обязательств. Отсутствие четких критериев отнесения компаний к определенным категориям логистических провайдеров нивелирует стимулы для повышения качества услуг и инвестирования в развитие компетенций, поскольку компании различного уровня зрелости и квалификации оказываются в одном конкурентном поле без соответствующей дифференциации.

В результате критического осмысления описанного комплекса проблем в профессиональном экспертном сообществе сформировались определенные принципы организации систем рейтингового оценивания транспортно-логистических предприятий по экономическим показателям. Данные принципы предполагают введение ряда методологических допущений и практических ограничений, направленных на обеспечение сопоставимости оцениваемых объектов и достоверности результатов.

В качестве объекта рейтингового оценивания рассматриваются компании транспортно-логистического сектора, оказывающие услуги сторонним организациям и физическим лицам на коммерческой основе. Данное ограничение исключает из рассмотрения внутрикорпоративные логистические подразделения, обслуживающие исключительно потребности материнской организации и не выступающие на открытом рынке транспортно-логистических услуг.

Из сферы рейтингового оценивания сознательно исключаются следующие категории деятельности и предприятий:

Внутренние логистические процессы промышленных предприятий и деятельность промышленного транспорта, обслуживающего технологические процессы производства. Данное исключение обусловлено принципиально иной экономикой внутрипроизводственной логистики, не предполагающей коммерческих отношений с внешними клиентами и формирования рыночных цен на услуги.

Компании, осуществляющие транспортировку трубопроводным видом транспорта (нефтепроводы, газопроводы, продуктопроводы). Трубопроводный транспорт характеризуется радикально отличной технологией, экономикой и организационными формами по сравнению с другими видами транспорта, что делает методологически некорректным его включение в общую систему рейтингового оценивания.

Компании, специализирующиеся исключительно на перевозке и хранении нефти, нефтепродуктов, сжиженного природного газа, а также аффилированные структуры нефтегазовых холдингов. Исключение данной категории мотивировано спецификой экономики нефтегазового сектора, в котором транспортно-логистическая составляющая интегрирована в вертикально интегрированные цепи создания стоимости и не может рассматриваться изолированно.

Деятельность компаний по перевозке пассажиров. Пассажирские перевозки характеризуются принципиально иной спецификой услуг, структурой затрат, системой регулирования и требуют отдельной методологии оценивания.

Реализация систем рейтингового оценивания сопровождается следующими методологическими и практическими ограничениями:

Выручка компаний не корректируется на величину посреднических услуг, то есть не очищается от компонентов, представляющих транзитные платежи третьим сторонам. Данное ограничение обусловлено отсутствием соответствующей детализированной информации в публичной отчетности подавляющего большинства компаний. Следовательно, показатель выручки может завышать реальный масштаб добавленной стоимости, создаваемой компанией.

Компании, не предоставившие детальную расшифровку структуры выручки по видам деятельности и не публикующие в открытых источниках соответствующую детализацию, исключаются из процедуры рейтингования. Данное требование применяется даже в случаях, когда основной код ОКВЭД компании полностью соответствует отраслевому признаку транспортно-логистической деятельности. Ограничение мотивировано необходимостью обеспечения верифицируемости включения компании в рейтинг и возможности содержательной интерпретации ее позиции.

Компании, входящие в состав корпоративных групп и холдингов, не занимают отдельных позиций в рейтинге в случае, если головная организация предоставляет консолидированную финансовую отчетность, агрегирующую результаты деятельности всей группы. Данный подход позволяет избежать двойного учета результатов и искажения общей картины отрасли.

Компании, совокупная выручка которых не достигает установленного порогового значения (например, 1 миллиард рублей за отчетный год), не участвуют в процедуре рейтингования. Введение минимального порога обусловлено необходимостью концентрации аналитических усилий на наиболее значимых игроках рынка и обеспечения репрезентативности результатов рейтингования для характеристики состояния отрасли.

Сформулированные принципы и ограничения представляют собой компромисс между стремлением к методологической строгости и объективности оценивания, с одной стороны, и практическими ограничениями доступности и качества информации, с другой стороны. Совершенствование методологии рейтингового оценивания требует последовательного преодоления выявленных ограничений на основе развития нормативно-правовой базы, стандартизации финансовой отчетности и повышения прозрачности транспортно-логистического рынка.

Приведенные ограничения снижают объективность современных моделей оценок эффективности предприятий транспортно-логистического сектора. Можно сказать, что, используемые сегодня на практике инструменты СРО обладают

большим количеством ограничений и допущений, а в силу применения однокритериальных моделей (основанных на экономических показателях), результаты их применения могут признаны субъективными.

Анализ требований к СРО, реализуемой в цифровых сервисах, специфических особенностей, недостатков и предъявляемых к ним требований выполнен на основе значительного авторского опыта создания практических материалов по данной тематике [178, 179, 180, 213, 214, 215]. Произведенные исследования позволяют определить содержание концептуальных основ ПО обеспечения системы рейтингового оценивания (КО СРО) предприятий транспортно-логистического производства. Их можно разделить на два основных комплекса требований: стратегических и оперативных.

Стратегические требования предполагают:

- единство принципов и методов оценки эффективности транспортно-логистических предприятий для обеспечения репрезентативности и сопоставимости результатов оценки, учитывающие высокую степень неопределенности в исследуемой системе;
- содержание набора целевых функций, являющихся инструментом оптимизации в модели управления сложной многоуровневой системой транспортной отрасли;
- наличие аналитических инструментов оценки эффективности объектов в сложных системах, позволяющих координировать функционал их взаимодействия на различных иерархических уровнях в целях сбалансированного развития транспортной отрасли.

Оперативные требования предполагают:

- возможность оперировать достаточно большим количеством индикаторов эффективности, включающих полный спектр показателей (экономические, производительности, экологические, безопасности, и т.д. без ограничений);

– расчёт результатов должен производиться в количественных оценках, то есть с применением математических процедур нормирования данных и т.д.

Для достижения установленных требований (КО СРО) была разработана расширенная структура индикаторов эффективности транспортно-логистического производства (таблица 4.1).

Номер	Критерий	Уровень	Отношение к виду компании	Экономичность	Экологичность	Безопасность	Энергоэффективность	Инновационность	Развитие машиностроения	Доступность транспортных услуг	Качество транспортных услуг	Международная интеграция
1	Полнота предоставляемых услуг	1	ЭК, ТК, ТЭК							+		+
2	Географическое покрытие внутри России	1	ЭК, ТК, ТЭК							+		
3	Число стран для международной доставки	1	ЭК, ТК, ТЭК							+		+
4	Доставка в труднодоступные регионы России	1	ЭК, ТК, ТЭК							+		
5	Объём грузоперевозок, тонн	1	ЭК, ТК, ТЭК	+						+		
6	Грузооборот, тонна-км	1	ЭК, ТК, ТЭК							+		
7	Размер собственного парка грузовых ТС	1	ТК, ТЭК	+					+	+	+	

Номер	Критерий	Уровень	Отношение к виду компании	Экономичность	Экологичность	Безопасность	Энергоэффективность	Инновационность	Развитие машиностроения	Доступность транспортных услуг	Качество транспортных услуг	Международная интеграция
8	Размер парка грузовых ТС под управлением	2	ЭК, ТК, ТЭК	+						+	+	
9	Рентабельность продаж	2	ЭК, ТК, ТЭК	+								
10	Средняя цена тонна-км для компании	2	ЭК, ТК, ТЭК	+							+	
11	Средняя цена ГСМ на тонна-км	2	ТК, ТЭК	+	+		+	+			+	
12	Средняя цена тонна-км для клиента	2	ЭК, ТК, ТЭК	+						+		
13	Доля ТС моложе 10 лет	1	ТК, ТЭК	+	+	+	+		+			
14	Доля газомоторных грузовых ТС	1	ТК, ТЭК	+	+		+	+	+			
15	Доля ТС с двигателями, соответствующими Евро-1	1	ТК, ТЭК	+	+		+					

Номер	Критерий	Уровень	Отношение к виду компании	Экономичность	Экологичность	Безопасность	Энергоэффективность	Инновационность	Развитие машиностроения	Доступность транспортных услуг	Качество транспортных услуг	Международная интеграция
16	Доля ТС с двигателями, соответствующими Евро-2	1	ТК, ТЭК	+	+		+					
17	Доля ТС с двигателями, соответствующими Евро-3	1	ТК, ТЭК	+	+		+					
18	Доля ТС с двигателями, соответствующими Евро-4	1	ТК, ТЭК	+	+		+					
19	Доля ТС с двигателями, соответствующими Евро-5	1	ТК, ТЭК	+	+	+	+					
20	Доля ТС с двигателями, соответствующими Евро-6	1	ТК, ТЭК	+	+	+	+					
21	Использование ЭДО	2	Эк, ТК, ТЭК	+	+			+			+	
22	Доля ТС, оборудованных системами контроля водителя (Антисон, датчик смены полосы и т.п.)	1	ТК, ТЭК			+		+				

Номер	Критерий	Уровень	Отношение к виду компании	Экономичность	Экологичность	Безопасность	Энергоэффективность	Инновационность	Развитие машиностроения	Доступность транспортных услуг	Качество транспортных услуг	Международная интеграция
23	Тестирование и использование инновационных технологий в процессе перевозки (электромобили, беспилотные ТС и т.д.)	1	ЭК, ТК, ТЭК					+			+	
24	Тестирование и использование технологий искусственного интеллекта в процессе организации перевозок	1	ЭК, ТК, ТЭК	+				+			+	
25	Коэффициент загрузки ТС (уровень утилизации)	1	ТК, ТЭК	+			+				+	
26	Коэффициент использования автопарка	1	ТК, ТЭК	+			+			+		
27	Коэффициент технической готовности	1	ТК, ТЭК	+			+			+		
28	Коэффициент использования пробега	1	ТК, ТЭК	+	+							
29	Средний пробег ТС	1	ТК, ТЭК	+								

Номер	Критерий	Уровень	Отношение к виду компании	Экономичность	Экологичность	Безопасность	Энергоэффективность	Иновационность	Развитие машиностроения	Доступность транспортных услуг	Качество транспортных услуг	Международная интеграция
30	Среднее время доставки	2	ЭК, ТК, ТЭК	+						+	+	
31	Средняя эксплуатационная скорость	2	ЭК, ТК, ТЭК	+						+	+	
33	Доля грузовых ТС, которые своевременно проходят периодическое ТО	1	ТК, ТЭК			+					+	
34	Среднее количество ДТП на водителя	2	ЭК, ТК, ТЭК			+					+	
35	Среднее количество штрафов на водителя	1	ТК, ТЭК			+					+	
3	Индекс совершенного заказа (perfect order index или POI)	2	ЭК, ТК, ТЭК								+	
37	Доля рейсов без опозданий (On-time delivery (OTD))	2	ЭК, ТК, ТЭК								+	
38	Доля рейсов без перегрузов	1	ТК, ТЭК			+						

Номер	Критерий	Уровень	Отношение к виду компании	Экономичность	Экологичность	Безопасность	Энергоэффективность	Инновационность	Развитие машиностроения	Доступность транспортных услуг	Качество транспортных услуг	Международная интеграция
39	Доля отечественных грузовых ТС	1	ТК, ТЭК						+			
40	Средний опыт водителя	1	ТК, ТЭК			+					+	
41	Средний возраст водителя	1	ТК, ТЭК			+					+	
42	Реализация программ переобучения водителей	1	ТК, ТЭК			+					+	
43	Динамика численности персонала	2	ЭК, ТК, ТЭК	+								
44	Наличие договоров с иностранными транспортно-логистическими компаниями на перевозку по территории России	2	ЭК, ТК, ТЭК							+		+
45	Наличие ISO-сертификации	2	ЭК, ТК, ТЭК	+	+	+	+	+			+	+
46	Участие в обсуждениях государственных	2	ЭК, ТК,					+				

Номер	Критерий	Уровень	Отношение к виду компании	Экономичность	Экологичность	Безопасность	Энергоэффективность	Инновационность	Развитие машиностроения	Доступность транспортных услуг	Качество транспортных услуг	Международная интеграция
	инициатив		ТЭК									
47	Участие в отраслевых организациях	2	Э, ТК, ТЭК					+				
48	Выручка	2	ЭК, ТК, ТЭК	+						+		
49	Выручка на 1 сотрудника	2	ЭК, ТК, ТЭК	+							+	
50	Чистая прибыль	2	Э, ТК, ТЭК	+							+	
51	Чистая прибыль на 1 сотрудника	2	ЭК, ТК, ТЭК	+							+	
52	Соотношение расходов на перевозку и продаж	1	ТК, ТЭК	+							+	
53	Доля работы с постоянными перевозчиками	1	ЭК	+		+					+	

Номер	Критерий	Уровень	Отношение к виду компании	Экономичность	Экологичность	Безопасность	Энергоэффективность	Инновационность	Развитие машиностроения	Доступность транспортных услуг	Качество транспортных услуг	Международная интеграция
54	Упущенная выгода от ненайденных ТС	1	ЭК, ТЭК	+						+		
55	Конверсия заявки в перевозку	1	ЭК, ТЭК	+						+	+	
56	Доля постоянных клиентов	1	ЭК, ТЭК	+		+					+	
57	Доля выручки постоянных клиентов	2	ЭК, ТЭК	+		+					+	
58	Налоговая нагрузка	2	ЭК, ТК, ТЭК	+								
59	Рейтинг отзывов	1	ЭК, ТК, ТЭК								+	

В таблице 4.1 сгруппирован перечень исходных данных, полученных на основе ряда экспертных мнений и публикаций по теме исследования [216, 217, 218 и др.], структурирующих СРО: актуальные критерии эффективности; количество уровней в СРО; индикаторы эффективности; виды компаний по характеру деятельности; информацию, отражающую динамику изменений в исследуемой системе. Таблица 4.1 — это форма, дающая представление о необходимом количестве информации для получения объективной оценки эффективности объектов транспортного производства, исходя из существующих на текущем отрезке времени представлений об структуре СРО. Разработанные в данной работе аналитические модели оценки эффективности в СРО позволяют изменять и расширять при необходимости входные оценочные данные в достаточно большом диапазоне. Например, могут быть изменены данные о количестве уровней в исследуемой системе, количестве исследуемых объектов, количестве индикаторов и критериев эффективности, то есть разработанная СРО является гибкой по количеству входной информации. Важно отметить, что форма представления СРО содержит лишь информацию о том, какие из оценочных характеристик должны быть исследованы, чтобы получить объективную оценку о состоянии эффективности отдельных предприятий транспортно-логистического сектора исходя из общего целеполагания эффективности транспортной отрасли и экономики РФ, при этом значения важности или значимости того или иного критерия не устанавливаются на основе каких-либо экспертных методов их оценки.

В данной таблице все исследуемые критерии и индикаторы распределены между 2-мя уровнями, разделяющими интересы эксплуатантов системы: 1 – уровень отраслевого взаимодействия, то есть уровень, отражающий интересы экономики РФ; 2 – уровень отдельных компаний, отражающий их собственные интересы. Компании представлены тремя видами: ЭК – экспедиционные, ТЭК – транспортно-экспедиционные и ТК – транспортные компании. Каждому виду компании соответствует свой собственный набор индикаторов эффективности (общее их количество 59 ед.), каждый из которых соответствует тому или иному критерию целеполагания в СРО (в таблице обозначено знаком «+»).

## 4.2 Разработка алгоритмов программного обеспечения системы рейтингового оценивания предприятий транспортного комплекса

Произведенное упорядочивание структуры СРО в рамках концепции его применения позволяет исследовать возможности по применению ПО для его реализации. В настоящее время спектр функций по применению ПО для исследования анализа сложных иерархических систем постоянно пополняется в силу расширения состава решаемых ими прикладных задач и в силу их разнообразия. Именно этим фактом объясняют специалисты и эксперты в области разработки и применения ПО существующую недостаточную их изученности в виде математического описания [220]. Это естественно, так как универсальных и единых прикладных математических моделей на уровне решения узкоспециализированных конкретных производственных задач, в частности транспортных задач? не существует. Существуют теории и методы в их рамках в виде общих подходов, отвечающих той или иной прикладной информационной ситуаций, на основании которых может быть создана специальная прикладная математическая модель, отвечающая всем условиям практического применения. При этом нередко социализированные задачи, в частности транспортного производства, преследующие одно и то же прикладное целеполагание, требуют принципиально разных по содержательной части математических моделей в случае изменения информационной ситуации, определяемой переменным составом внешнего факторного пространства, в котором они должны применяться. Поэтому совершенно не целесообразно и практически невозможно создавать сложные и универсальные, а потому насыщенные большим количеством и качеством функционалом, ПО, которые могут охватить большой и разнородный спектр прикладных производственных задач. Для сложных иерархических систем это становится особенно актуальным, так как затраты на создание ПО, затраты на эксплуатацию и привлекаемые вычислительных ресурсы будут возрастать пропорционально сложности, многоуровневости и многоаспектности исследуемых систем.

Поэтому арсенал процедур формализации сложной системы, её структуризации и разбиения на подсистемы и объекты, в каждом конкретном случае нельзя считать окончательно сложившимся [220]. Общепринятым считается, что при анализе и проектировании структур сложных систем используется блочно-иерархический метод, предусматривающий расчленение процесса исследования сложной системы на ряд последовательных уровней и сведения задачи большей размерности к совокупности задач значительно меньшей размерности [221, 222, 223].

Данный подход основан на использовании методов макро-моделирования и декомпозиции сложной системы на отдельные подсистемы и функциональные блоки (логические операторы) в виде единой логической сети [224]. Практическая реализация в ПО иерархического исследования сложной системы рейтингового обслуживания (СРО) опирается на технологию объектно-ориентированного программирования (ООП). В качестве инструментального средства применяется язык моделирования на базе Visual C++.

В таблицах 4.2, 4.3, 4.4 и 4.5 представлены функциональные блоки расчленения исследуемой СРО, в которых в качестве объектов исследования определяются субъекты транспортно-логистического производства, а их функционал определяется установленными в соответствии с таблицей 4.1 индикаторами эффективности.

- особенностью формирования функциональных блоков в архитектуре СРО является гибкость их структуры;
- количество исследуемых объектов в каждой отдельной матрице первого иерархического уровня может быть произвольным числом;
- количество исследуемых индикаторов в каждой матрице первого иерархического уровня также может быть произвольным числом;
- количество исследуемых индикаторов в каждой матрице последующих уровней может быть произвольным числом, а количество исследуемых объектов должно быть равно сумме объектов на предшествующем уровне.

Таблица 4.2 - Блок1 (1; уровень – 1; матрица -1), операция – 1 «Ввести количество сравниваемых транспортных предприятий»

	Транспортные компании																											
	Полнота предоставляемых услуг	Географическое покрытие России	Число стран международной доставки	Объем грузоперевозок, т	Грузооборот, т-км	Размер собственного парка грузовых ТС	Доля ТС моложе 10 лет	Доля газомоторных грузовых ТС	Доля ТС с двигателями Евро-1, 2,3	Доля ТС с двигателями Евро-4, 5,6	Доля ТС, оборудованных системами контроля водителя	Тестирование и использование инновационных технологий в процессе перевозки (электромобили, беспилотные ТС и т.д.)	Тестирование и использование технологий искусственного интеллекта в процессе организации перевозок	Коэффициент загрузки ТС (уровень утилизации)	Коэффициент использования автопарка	Коэффициент технической готовности	Коэффициент использования пробега	Средний пробег ТС	Доля грузовых ТС, которые своевременно проходят периодическое ТО	Среднее количество штрафов на водителя	Доля рейсов без перегрузов	Доля ответственных грузовых ТС	Средний опыт водителя	Реализация программ переобучения водителей	Соотношение расходов на перевозку и продаж	Рейтинг отзывов	Эффективность на 1-ом уровне	
Вариант 1	$x_{11}^{11}$	$x_{12}^{11}$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	$x_{1,26}^{11}$	$S_{11}^{11}$
Вариант 2.	$x_{21}^{11}$	$x_{22}^{11}$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	$x_{2,26}^{11}$	$S_{21}^{11}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Вариант m1	$x_{m1}^{11}$	$x_{m2}^{11}$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	$x_{m,26}^{11}$	$S_{m1}^{11}$

Таблица 4.3 - Блок 2 (уровень – 1; матрица -2), Операция – 2 «Ввести количество сравниваемых транспортных-экспедиционных предприятий»

	Транспортно-экспедиционные компании																														
	Полнога предоставляемых услуг	Географическое покрытие России	Число стран международной доставки	Объем грузоперевозок, т	Грузооборот, т-км	Размер собственного парка грузовых ТС	Доля ТС моложе 10 лет	Доля газомоторных грузовых ТС	Доля ТС с двигателями Евро-1, 2,3	Доля ТС с двигателями Евро-4, 5,6	Доля ТС, оборудованных системами контроля водителя	Тестирование и использование инновационных технологий в процессе перевозки (электромобили, беспилотные ТС и т.д.)	Тестирование и использование технологий искусственного интеллекта в	Коэффициент загрузки ТС (уровень утилизации)	Коэффициент использования автопарка	Коэффициент технической готовности	Коэффициент использования пробега	Средний пробег ТС	Доля грузовых ТС, которые своевременно проходят периодическое ТО	Среднее количество штрафов на водителя	Доля рейсов без перегрузов	Доля отечественных грузовых ТС	Средний опыт водителя	Реализация программ переобучения водителей	Соотношение расходов на перевозку и продаж	Упущенная выгода от ненайденных ТС	Конверсия заявки в перевозку	Доля постоянных клиентов	Доля выручки постоянных клиентов	Рейтинг отзывов	Эффективность на 1-ом уровне
Вариант 1	$x_{11}^{12}$	$x_{12}^{12}$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	$x_{1,30}^{12}$	$s_{12}^{12}$
Вариант 2.	$x_{21}^{12}$	$x_{22}^{12}$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	$x_{2,30}^{12}$	$s_{22}^{12}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Вариант m2	$x_{m1}^{12}$	$x_{m2}^{12}$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	$x_{m,30}^{12}$	$s_{m2}^{12}$	

Таблица 4.3 - Блок 3 (уровень – 1; матрица -3), операция – 3 «Ввести количество сравниваемых экспедиционных компаний»

	Экспедиционные компании													
	Полнота предоставляемых услуг	Географическое покрытие России	Число стран международной доставки	Объем грузоперевозок, т	Грузооборот, т-км	Тестирование и использование инновационных технологий в процессе перевозки (электромобили, беспилотные ТС и т.д.)	Тестирование и использование технологий искусственного интеллекта в процессе организации перевозок	Доля работы с постоянными перевозчиками	Улучшенная выгода от найденных ТС	Конверсия заявки в перевозку	Доля постоянных клиентов	Доля выручки постоянных клиентов	Рейтинг отзывов	Эффективность на 1-ом уровне
Вариант 1	$x_{11}^{13}$	$x_{12}^{13}$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	$x_{1,13}^{13}$	$S_{13}^{13}$
Вариант 2.	$x_{21}^{13}$	$x_{22}^{13}$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	$x_{2,13}^{13}$	$S_{23}^{13}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Вариант m3	$x_{m1}^{13}$	$x_{m2}^{13}$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	$x_{m,13}^{13}$	$S_{m3}^{13}$

Таблица 4.4 - Блок 4 (уровень – 2; матрица - 1), операция – 4 «Ввести значения индикаторов 2-го уровня для всех исследуемых компаний»

	Все компании																						
	Размер парка грузовых ТС под управлением	Рентабельность продаж	Средняя цена тонна-км для компании	Средняя цена ГСМ на тонна-км	Средняя цена тонна-км для клиента	Использование ЭДО	Среднее время доставки	Средняя эксплуатационная скорость	Среднее количество ДТП на водителя	Индекс совершенного заказа (perfect order index или POI)	Доля рейсов без опозданий (On-time delivery (OTD))	Динамика численности персонала	Наличие договоров с иностранными транспортно-логистическими компаниями	Наличие ISO-сертификации	Участие в обсуждениях государственных инициатив	Участие в отраслевых организациях	Выручка	Выручка на 1 сотрудника	Чистая прибыль	Чистая прибыль на 1 сотрудника	Налоговая нагрузка	Эффективность на 1-ом уровне	Эффективность на 2-ом уровне
Вариант 1	$x_{11}^{21}$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	$x_{1.21}^{21}$	$S_{11}^{11}$	$S_{11}^{21}$
Вариант 2.	$x_{21}^{21}$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	$x_{2.21}^{21}$	$S_{21}^{11}$	$S_{21}^{21}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Вариант m1	$x_{m1}^{21}$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	$x_{2.21}^{21}$	$S_{m1}^{11}$	$S_{m1}^{21}$
Вариант 1	$x_{11}^{22}$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	$x_{1.21}^{22}$	$S_{12}^{12}$	$S_{12}^{21}$
Вариант 2.	$x_{21}^{22}$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	$x_{2.21}^{22}$	$S_{22}^{12}$	$S_{22}^{22}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Вариант m2	$x_{m1}^{22}$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	$x_{m.21}^{22}$	$S_{m2}^{12}$	$S_{m2}^{21}$
Вариант 1	$x_{11}^{23}$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	$x_{1.21}^{23}$	$S_{13}^{13}$	$S_{13}^{21}$
Вариант 2.	$x_{21}^{23}$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	$x_{2.21}^{23}$	$S_{23}^{13}$	$S_{23}^{21}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Вариант m3	$x_{m1}^{23}$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	$x_{m.21}^{23}$	$S_{m3}^{13}$	$S_{m3}^{21}$

Инструментальные средства алгоритмического языка моделирования на базе Visual C++ позволяют полноценно реализовать сложную блоково-иерархическую систему рейтингового обслуживания субъектов транспортного производства. Структурная организация хранения событий и механизмов управления в разработанном ПО в инструментах Visual C++ укрупненно представлена на рисунке 4.2.

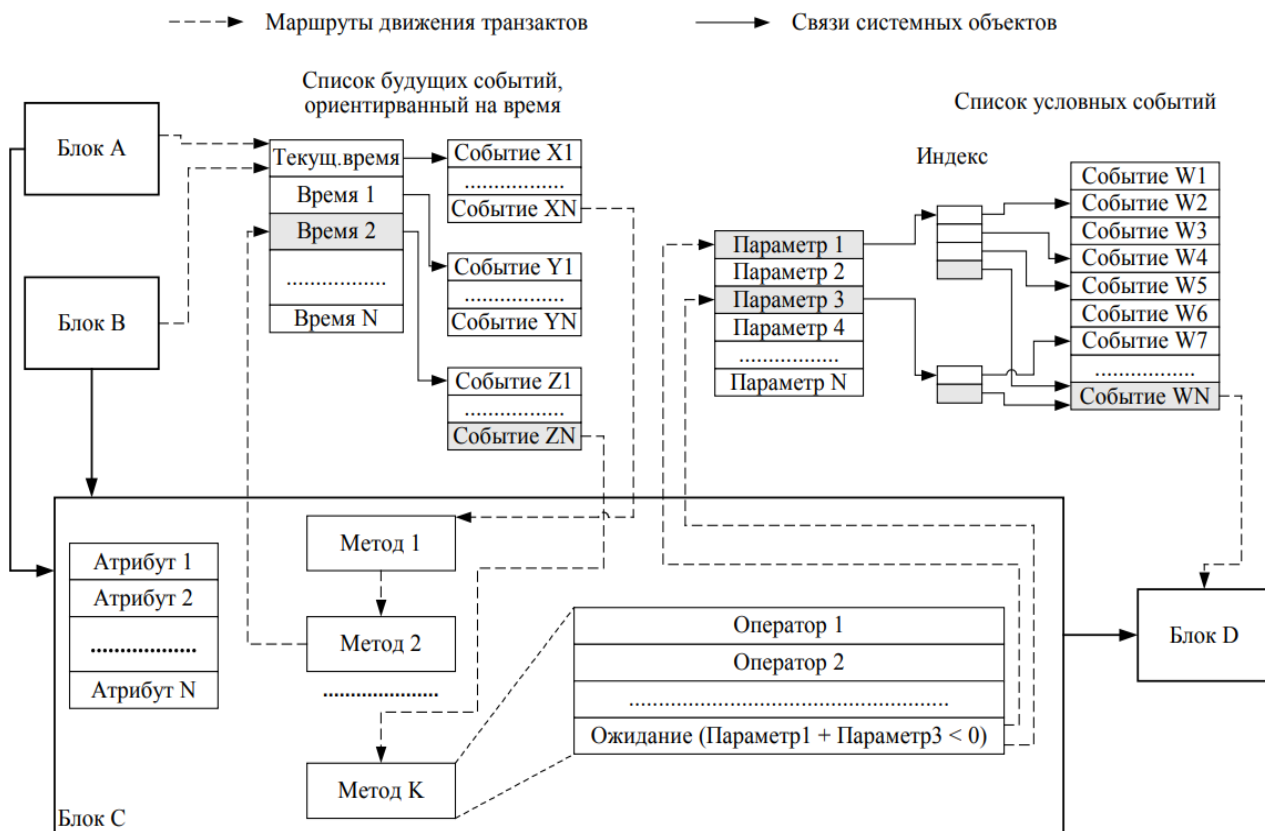


Рисунок 4.2 - Структурная организация хранения событий и механизмы управления, реализуемые в инструментах Visual C++. Источник [220]

При разработке программного комплекса был выделен ряд основных объектов, которые в дальнейшем были взяты за основу при построении структуры классов (блок, оператор, исполняемый модуль, таблица и т.д.). Данная система моделирования имеет внутренний язык, с помощью которого происходит вычисление параметров блоков в процессе моделирования и обработка событий разомкнутой сети исследуемой системы. Основные понятия языка отображены на рисунке 4.3 [220].



Рисунок 4.3—Основные понятия в инструментах Visual C++ в процессе моделирования. Источник [220].

ПО разработано с набором ограничений в принятых обозначениях:  $M = 3$ , количество видов компаний;  $m$  – общее число всех компаний;  $n$  – количество критериев;  $a_{ij}$  определяется из варианта  $f(x)_i$ .

Поиск оценок эффективности производится исходя из определения значений  $a_{ij}$  для каждого из варианта  $f(x)_i$  по оригинальной аналитической модели

$$a_{ij} = \begin{cases} \frac{\left[1 - \frac{(n-1)(n-k)}{n(n+1)}\right]}{k}, & \text{при } j \leq k, \\ \frac{(n-1)}{n(n+1)}, & \text{при } j > k, \\ k = j, & \text{при } a_{kj} = \max_j a_{ij} \end{cases}$$

где  $k$  – значения переменного индекса  $j = \overline{1, n}$  определяемого из условия  $a_{kj} = \max_j a_{ij}$ .

и исходя из условия декомпозиции информационного пространства по принципу условного предпочтения

$$\left\{ \begin{array}{l} P_i(a_{ij}) = \sum_{j=1}^n f_{ij} x_j \rightarrow \max, \\ \sum_{j=1}^n p_j = 1, 0 \leq p_j \leq 1 \\ p_j \geq p_{j+1}, j = \overline{1, n-1} \end{array} \right.$$

Для прихода предшествующего уровня на последующий уровень в СРО реализуется аналитическая модель.

$$\sum_i^{m_{(1...3)}} S_i^{1(r=1...3)} = \sum_{i=1}^{m_1} S_i^{1(r=1)} + \sum_{i=1}^{m_2} S_i^{1(r=2)} + \sum_{i=1}^{m_3} S_i^{1(r=1)} \sim 1$$

где

$$\left\{ \begin{array}{l} S_i^{(2)r=1} = \frac{\sum_{i=1}^{m_1} S_i^{1(r=1)}}{\sum_i^{m_{(1...3)}} S_i^{1(r=1...3)}} \\ S_i^{(2)r=2} = \frac{\sum_{i=1}^{m_1} S_i^{1(r=2)}}{\sum_i^{m_{(1...3)}} S_i^{1(r=1...3)}} \\ S_i^{(2)r=3} = \frac{\sum_{i=1}^{m_1} S_i^{1(r=3)}}{\sum_i^{m_{(1...3)}} S_i^{1(r=1...3)}} \end{array} \right.$$

На основе установленных структуры (иерархии СРО), содержания логических операторов (блоков), вычислительных процедур (аналитических моделей поиска эффективных решений) разработан алгоритм программного обеспечения системы рейтингового оценивания предприятий транспортно-логистического производства, представленный на рисунке 4.5.

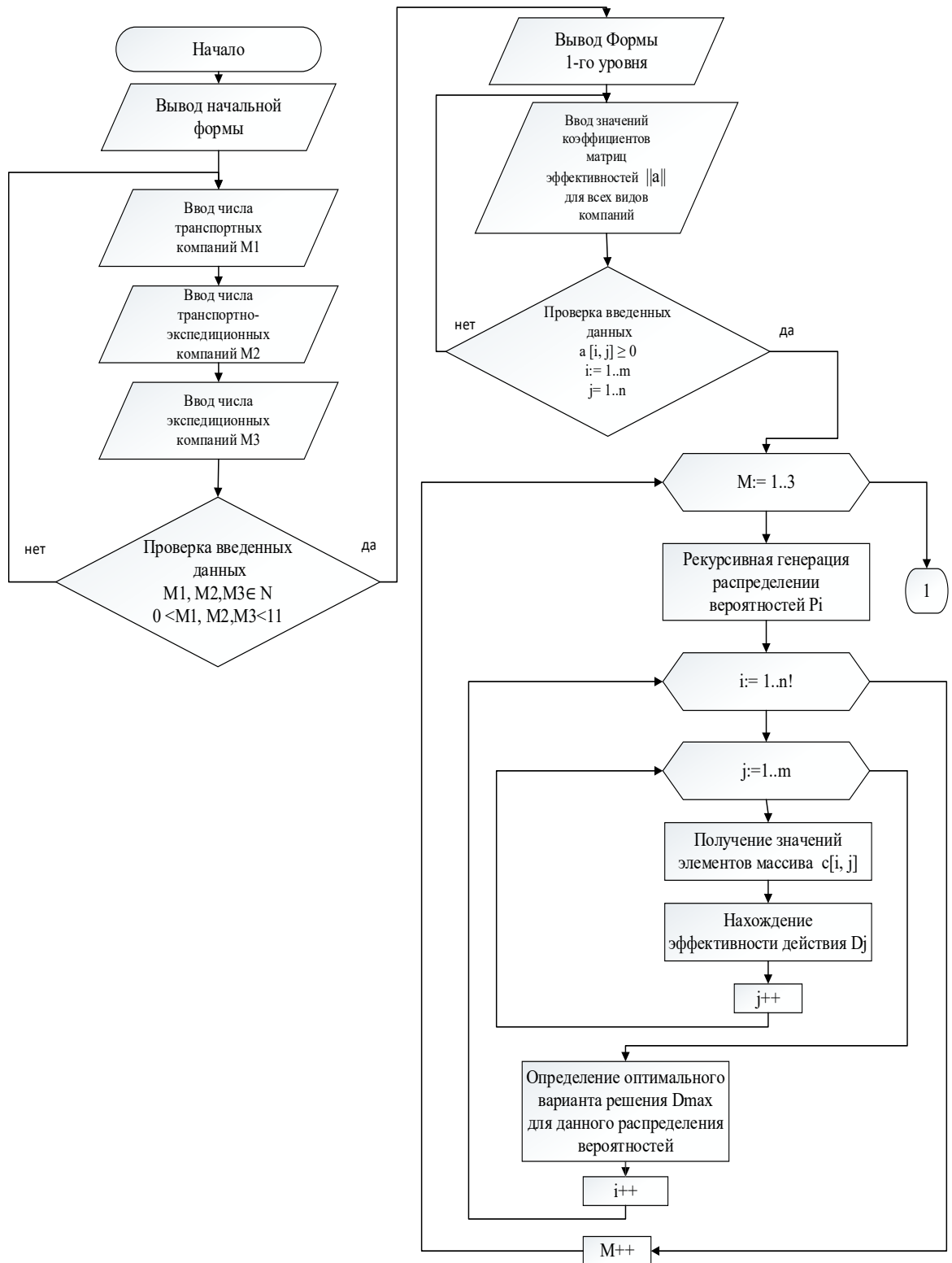


Рисунок 4.5 – Алгоритм программного обеспечения системы рейтингового оценивания предприятий транспортно-логистического производства (начало).

Источник: [разработано автором].

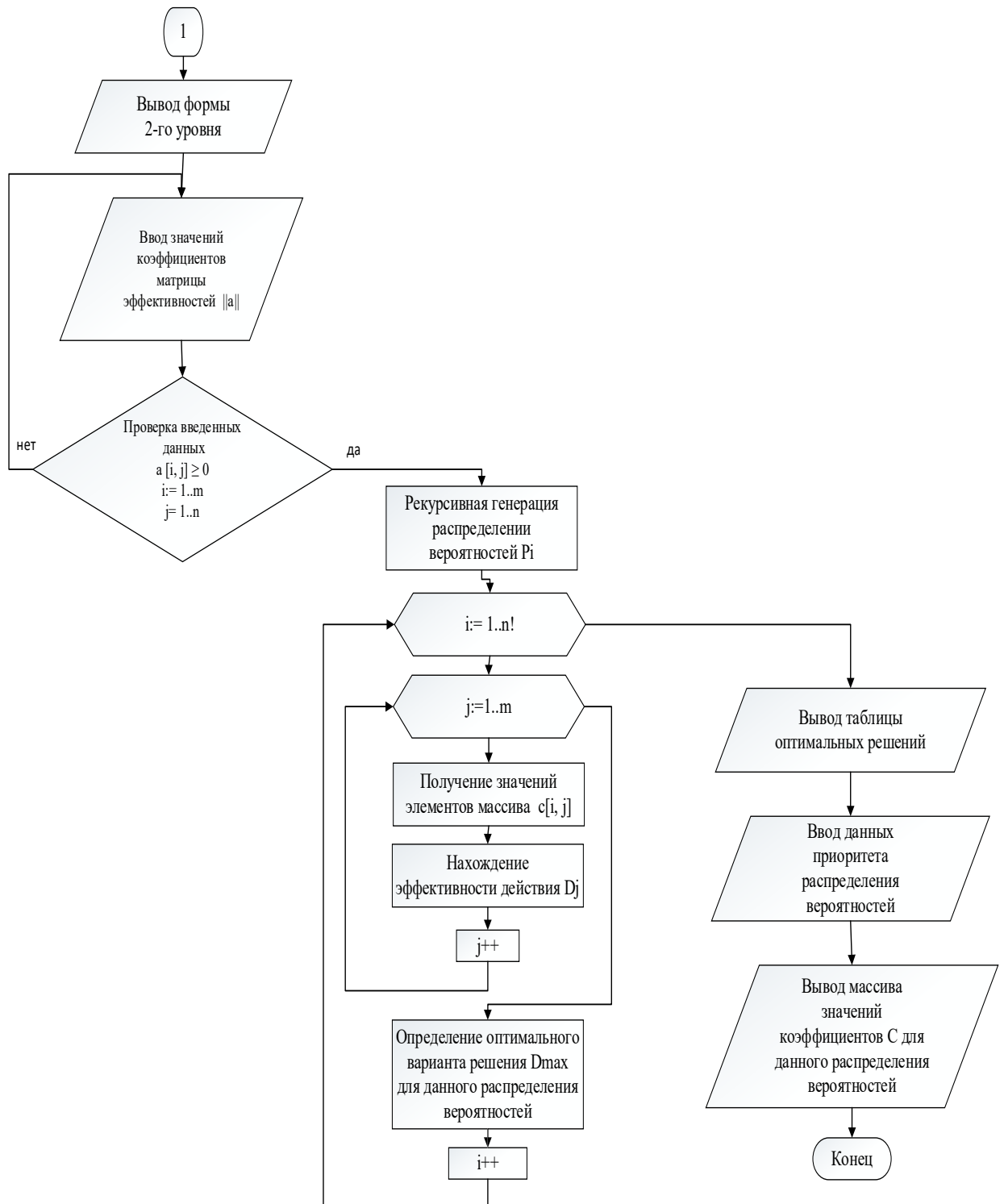


Рисунок 4.5 – Алгоритм программного обеспечения системы рейтингового оценивания предприятий транспортно-логистического производства (окончание).

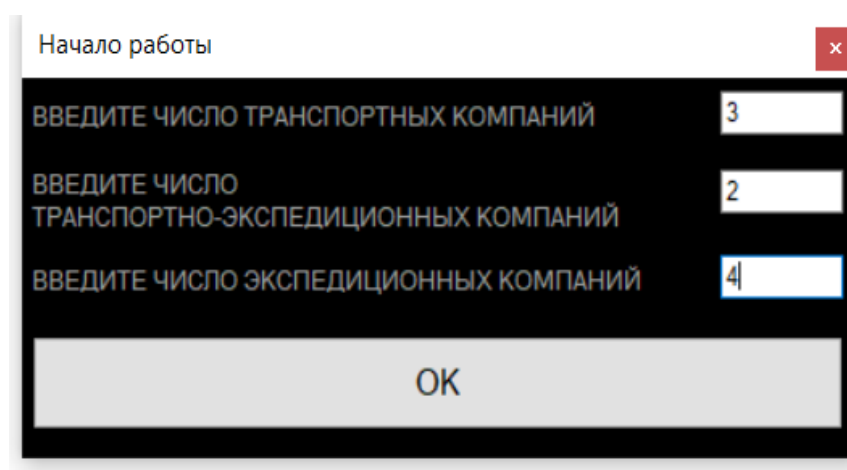
Источник: [разработано автором].

### 4.3 Методика применения разработанного программного обеспечения системы рейтингового оценивания эффективности предприятий транспортно-логистического производства

Методика применения разработанного программного обеспечения СРО транспортно-логистического производства (далее «Методика») предполагает возможность исследования трёх различных видов транспортно-логистического производства:

- Транспортная компании, обладающие и эксплуатирующие собственный подвижной состав (ПС).
- Транспортно-экспедиционные компании, обладают и применяют как собственный, так и наёмный ПС в определённых условиях рынка и сопоставимых пропорциях.
- Экспедиционные компании – компании, занимающиеся организацией доставки грузов, как правило, не обладающие собственным ПС.

На **первом этапе** Методики требуется ввести данные о количестве исследуемых предприятий в интерфейсе №1 (рисунок 4.6).



ВВЕДИТЕ ЧИСЛО ТРАНСПОРТНЫХ КОМПАНИЙ	3
ВВЕДИТЕ ЧИСЛО ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЕДИЦИОННЫХ КОМПАНИЙ	2
ВВЕДИТЕ ЧИСЛО ЭКСПЕДИЦИОННЫХ КОМПАНИЙ	4

OK

Рисунок 4.6 – Интерфейс №1 – Ввод данных о количестве исследуемых предприятий транспортно-логистического производства. Источник: [разработано автором]

Для упрощения представления Методики в данном подпункте количество исследуемых предприятий транспортно-логистического производства принято ограниченным: ТК-3 ед., ТЭК – 2 ед., ЭК – 4 ед. (рисунок 4.6). Следует отметить, что каких-либо принципиальных ограничений по количеству исследуемых предприятий не существует, а особенностью Методики является возможность работать с различным количеством предприятий для каждого вида транспортно-логистического производства.

**Вторым этапом** применения Методики является ввод данных по текущим значениям показателей эффективности для установленной структуры критериев целеполагания в Интерфейсе №2. (рисунок 4.7).

при необходимости измените MIN <-> MAX

### Транспортные компании

	Объем грузоперевозок, т	Размер собственного парка грузовых ТС	Доля ТС моложе 10 лет	Доля ТС, оборудованных системами контроля водителя	Коэффициент использования пробега	Коэффициент технической готовности	Средний пробег ТС	Среднее количество штрафов на водителя	Рейтинг отзывов
▶ Вариант 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Вариант 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Вариант 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	min	min	min	min	min	min	min	min	min

### Транспортно-экспедиционные компании

	Полнота предоставляемых услуг	Географическое покрытие РФ	Объем грузоперевозок, т	Доля ТС моложе 10 лет	Коэффициент использования пробега	Средний пробег ТС	Соотношение расходов на перевозку и продаж	Доля постоянных клиентов	Доля выручки постоянных клиентов
▶ Вариант 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Вариант 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	min	min	min	min	min	min	min	min	min

### Экспедиционные компании

	Полнота предоставляемых услуг	Географическое покрытие РФ	Число стран международной доставки	Объем грузоперевозок, т	Грузооборот, ткм	Доля работы с постоянными перевозчиками	Упущенная выгода от ненайденных ТС	Доля постоянных клиентов	Рейтинг отзывов
▶ Вариант 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Вариант 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Вариант 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Вариант 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	min	min	min	min	min	min	min	min	min

НАЗАД      РАССЧИТАТЬ

Рисунок 4.7 – Интерфейс №2 – Форма для ввода данных по текущим значениям показателей эффективности. Источник: [разработано автором]

На **третьем этапе**, после ввода текущих значений показателей эффективности, выполняются процедуры перевода их в относительные значения с учетом целеполагания (клавиши «min»–«max») и процедуры нормирования с целью приведения к единой шкале измерений. Данные процедуры производятся в автоматическом режиме (Интерфейс №3), что позволяет применять в Методике разнородные по своим единицам измерения индикаторы эффективности (рисунок 4.8).

при необходимости измените MIN <-> MAX

### Транспортные компании

	Объем грузоперевозок, т	Размер собственного парка грузовых ТС	Доля ТС моложе 10 лет	Доля ТС, оборудованных системами контроля водителя	Коэффициент использования пробега	Коэффициент технической готовности	Средний пробег ТС	Среднее количество штрафов на водителя	Рейтинг отзывов
Вариант 1	34000	12	6	5	0,45	0,89	235	4	9,8
Вариант 2	35000	14	2	3	0,34	0,67	267	5	8,7
Вариант 3	37000	11	7	7	0,67	0,75	345	1	7,8
▶	max	min	max	max	max	max	max	min	max

### Транспортно-экспедиционные компании

	Полнота предоставляемых услуг	Географическое покрытие РФ	Объем грузоперевозок, т	Доля ТС моложе 10 лет	Коэффициент использования пробега	Средний пробег ТС	Соотношение расходов на перевозку и продаж	Доля постоянных клиентов	Доля выручки постоянных клиентов
Вариант 1	67	56	12000	16	0,32	423	0,45	0,23	0,37
Вариант 2	45	68	13000	23	0,38	413	0,46	0,27	0,56
▶	max	max	max	max	max	max	max	max	max

### Экспедиционные компании

	Полнота предоставляемых услуг	Географическое покрытие РФ	Число стран международной доставки	Объем грузоперевозок, т	Грузооборот, ткм	Доля работы с постоянными перевозчиками	Упущенная выгода от ненайденных ТС	Доля постоянных клиентов	Рейтинг отзывов
Вариант 1		45	4	67000	3410000	0,56	62000	0,34	8,6
Вариант 2		37	2	45000	4510000	0,41	71000	0,39	8,4
Вариант 3		28	5	89000	3250000	0,81	45000	0,41	8,3
Вариант 4		67	3	35000	4250000	0,36	72000	0,37	7,9
✓	max	max	max	max	min	max	min	min	max

НАЗАД      РАССЧИТАТЬ

Рисунок 4.8 – Интерфейс №3 – установление целеполагания по каждому критерию эффективности. Источник: [разработано автором]

На следующем, **четвертом этапе**, в автоматическом режиме появляется окно перехода с первого на второй уровень СРО (рисунок 4.9).

при необходимости измените MIN <-> MAX

### Транспортные компании

	Объем грузоперевозок, т	Размер собственного парка грузовых ТС	Доля ТС моложе 10 лет	Доля ТС, оборудованных системами контроля водителя
Вариант 1	0,321	0,339	0,400	0,333
Вариант 2	0,330	0,291	0,133	0,200
Вариант 3	0,349	0,370	0,467	0,467
▶	max	min	max	max

### Транспортно-экспедиционные компании

	Полнота предоставляемых услуг	Географическое покрытие РФ	Объем грузоперевозок, т	Доля ТС моложе 10 лет
Вариант 1	0,598	0,452	0,480	0,410
Вариант 2	0,402	0,548	0,520	0,590
▶	max	max	max	max

### Экспедиционные компании

	Полнота предоставляемых услуг	Географическое покрытие РФ	Число стран международной доставки	Объем грузоперевозок, т
Вариант 1	275	0,254	0,286	0,284
Вариант 2	237	0,209	0,143	0,191
Вариант 3	314	0,158	0,357	0,377
Вариант 4	173	0,379	0,214	0,148
▶	max	max	max	max

### Все компании

	Рентабельность продаж	Средняя цена тоннажм для клиента	Среднее время доставки	Индекс совершенного заказа (perfect order index или POI)	Доля рейсов без опозданий (On-time delivery (OTD))	Использование ЭДО	Чистая прибыль	Налоговая нагрузка	Эффективность на 1-ом уровне
▶ Вариант 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,338
Вариант 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,267
Вариант 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,479
Вариант 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0,498
Вариант 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,538
Вариант 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0,272
Вариант 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0,218
Вариант 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0,315
Вариант 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0,254
▶	min	min	min	min	min	min	min	min	min

НАЗАД      РАССЧИТАТЬ

НАЗАД

Рисунок 4.9 – Интерфейс №4 – Окно перехода с первого на второй уровень СРО. Источник: [разработано автором]

Окно перехода с первого на второй уровень СРО содержит данные результата расчёта оценок эффективности предприятий транспортно-логистического производства (ТЛП) на первом иерархическом уровне. Оценки эффективности предприятий ТЛП на первом уровне производились отдельно для каждого типа производства. Каждый тип производства (ТЭК, ТК и ЭК) предполагал исследование эффективности как по специфическим критериям и видам работ, так и по общим для первого уровня критериям целеполагания. Принципиальным требованием расположения критерия эффективности на первом иерархическом уровне (специфического или общего) является его отражение интересов объектов исследования, то есть предприятий ТЛП.

Результаты расчёта по критериям эффективности первого уровня сведены в отдельный «вектор-столбец» в логическом операторе СРО второго иерархического уровня (рисунок 4.10).

	Рентабельность продаж	Средняя цена тоннажм для клиента	Среднее время доставки	Индекс совершенного заказа (perfect order index или POI)	Доля рейсов без опозданий (On-time delivery (OTD))	Использование ЭДО	Чистая прибыль	Налоговая нагрузка	Эффективность на 1-ом уровне
Вариант 1	15	250	6	0,9	0,67	145	5600000	0,37	0,338
Вариант 2	16	240	3	0,8	0,56	134	6100000	0,38	0,267
Вариант 3	13	230	6	0,7	0,49	162	5400000	0,41	0,479
Вариант 4	16	240	6	0,8	0,61	163	5900000	0,51	0,498
Вариант 5	13	235	7	0,9	0,63	142	7900000	0,40	0,538
Вариант 6	21	241	5	0,5	0,71	151	4500000	0,39	0,272
Вариант 7	24	251	6	0,8	0,59	173	6300000	0,41	0,218
Вариант 8	17	239	4	0,7	0,61	159	6200000	0,38	0,315
Вариант 9	18	235	5	0,6	0,60	161	8100000	0,34	0,254
	max	min	min	max	max	max	max	max	max

НАЗАД      РАССЧИТАТЬ

Рисунок 4.10 – Логический оператор второго иерархического уровня, содержащий результаты расчёта эффективности на первом иерархическом уровне СРО.

Источник: [разработано автором]

В этом же логическом операторе (рисунок 4.10) производится ввод данных второго иерархического уровня СРО. На втором иерархическом уровне вводимые данные отражают интересы отраслевого характера, то есть когда предприятия сравниваются по критериям эффективности, общим для любого вида транспортно-логистического производства. Здесь же определяется целеполагание (клавиши «min»–«max») и в автоматическом режиме производятся процедуры нормирования с целью приведения к единой шкале измерений.

**Пятый этап работы с ПО** заключается в проверке правильности заполнения исходных данных для расчёта. Если вводимые данные заполнены некорректно, с нарушением математических правил записи текущих значений показателей эффективности хотя в одной ячейке любого логического оператора, ПО потребует их исправления с целью предотвращения неточностей в результатах расчёта (рисунок 4.11).

	Рентабельность продаж	Средняя цена тонна-км для клиента	Среднее время доставки	Индекс совершенного заказа (perfect order index или POI)	Доля рейсов без опозданий (On-time delivery (OTD))	Использование ЭДО	Чистая прибыль	Налоговая нагрузка	Эффективность на 1-ом уровне	Э
Вариант 1	0,098	0,107	0,093	0,134	0,123	0,104	0,100	0,103	0,106	0,1
Вариант 2	0,105	0,111	0,186	0,119	0,102	0,096	0,109	0,106	0,084	0,1
Вариант 3	0,085	0,116	0,093	0,105	0,090	0,116	0,096	0,114	0,151	0,1
Вариант 4	0,105	0,111	0,093	0,119	0,111	0,117	0,105	0,142	0,157	0,1
Вариант 5	0,085	0,113	0,080	0,134	0,115	0,102	0,141	0,111	0,169	0,1
Вариант 6	0,137	0,111	0,112	0,075	0,130	0,109	0,080	0,109	0,086	0,1
Вариант 7	0,157	0,106	0,093	0,119	0,108	0,124	0,113	0,114	0,069	0,1
Вариант 8	0,111	0,112	0,139	0,105	0,111	0,114	0,111	0,106	0,099	0,1
Вариант 9	0,118	0,113	0,112	0,090	0,110	0,116	0,145	0,095	0,080	0,1
▶	max	min	min	max	max	max	max	max	max	0,1

Результаты расчета программы представлены в файле Result.txt

OK

Рисунок 4.11 – Проверенный, нормированный логический оператор второго иерархического уровня. Источник: [разработано автором]

На шестом этапе производятся непосредственно расчёты по всему возможному спектру оценок эффективности для всех исследуемых транспортно-логистических предприятий, то есть на всем пространстве возможных решений «откликов» программы на введенные исходные данные. Полученные результаты расчёта выводятся в отдельном файле и используются непосредственно для определения эффективности любого из исследуемых в СРО субъектов транспортно-логистического производства (рисунки 4.12 и 4.13)

№	Решение	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	Итог
1)	P1>P2>P3>P4>P5>P6>P7>P8>P9	0,1076	0,1173	0,1073	0,1178	0,1167	0,1118	0,1206	0,1137	0,1100	7
2)	P1>P2>P3>P4>P5>P6>P7>P9>P8	0,1076	0,1173	0,1072	0,1172	0,1168	0,1118	0,1206	0,1137	0,1100	7
3)	P1>P2>P3>P4>P5>P6>P8>P7>P9	0,1076	0,1173	0,1073	0,1178	0,1167	0,1118	0,1206	0,1137	0,1095	7
4)	P1>P2>P3>P4>P5>P6>P8>P9>P7	0,1076	0,1173	0,1076	0,1181	0,1161	0,1118	0,1206	0,1137	0,1088	7
5)	P1>P2>P3>P4>P5>P6>P9>P8>P7	0,1076	0,1173	0,1075	0,1175	0,1161	0,1118	0,1206	0,1137	0,1088	7
6)	P1>P2>P3>P4>P5>P6>P9>P7>P8	0,1076	0,1173	0,1075	0,1175	0,1161	0,1118	0,1206	0,1137	0,1091	7
7)	P1>P2>P3>P4>P5>P7>P6>P8>P9	0,1076	0,1173	0,1073	0,1178	0,1167	0,1118	0,1206	0,1137	0,1100	7
8)	P1>P2>P3>P4>P5>P7>P6>P9>P8	0,1076	0,1173	0,1072	0,1172	0,1168	0,1118	0,1206	0,1137	0,1100	7
9)	P1>P2>P3>P4>P5>P7>P8>P6>P9	0,1076	0,1173	0,1073	0,1178	0,1167	0,1118	0,1206	0,1137	0,1100	7
10)	P1>P2>P3>P4>P5>P7>P8>P9>P6	0,1076	0,1173	0,1071	0,1178	0,1170	0,1118	0,1206	0,1137	0,1100	7
11)	P1>P2>P3>P4>P5>P7>P9>P8>P6	0,1076	0,1173	0,1069	0,1171	0,1172	0,1118	0,1206	0,1137	0,1100	7
12)	P1>P2>P3>P4>P5>P7>P9>P6>P8	0,1076	0,1173	0,1069	0,1171	0,1172	0,1118	0,1206	0,1137	0,1100	7
13)	P1>P2>P3>P4>P5>P8>P7>P6>P9	0,1076	0,1173	0,1073	0,1178	0,1167	0,1118	0,1206	0,1137	0,1094	7
14)	P1>P2>P3>P4>P5>P8>P7>P9>P6	0,1076	0,1173	0,1071	0,1178	0,1170	0,1118	0,1206	0,1137	0,1094	7
15)	P1>P2>P3>P4>P5>P8>P6>P7>P9	0,1076	0,1173	0,1073	0,1178	0,1167	0,1118	0,1206	0,1137	0,1095	7
16)	P1>P2>P3>P4>P5>P8>P6>P9>P7	0,1076	0,1173	0,1076	0,1181	0,1161	0,1118	0,1206	0,1137	0,1088	7
17)	P1>P2>P3>P4>P5>P8>P9>P6>P7	0,1076	0,1173	0,1074	0,1182	0,1164	0,1118	0,1206	0,1137	0,1088	7
18)	P1>P2>P3>P4>P5>P8>P9>P7>P6	0,1076	0,1173	0,1074	0,1182	0,1164	0,1118	0,1206	0,1137	0,1086	7
19)	P1>P2>P3>P4>P5>P9>P7>P8>P6	0,1076	0,1173	0,1072	0,1174	0,1165	0,1118	0,1206	0,1137	0,1090	7
20)	P1>P2>P3>P4>P5>P9>P7>P6>P8	0,1076	0,1173	0,1072	0,1174	0,1165	0,1118	0,1206	0,1137	0,1090	7
21)	P1>P2>P3>P4>P5>P9>P8>P7>P6	0,1076	0,1173	0,1072	0,1174	0,1165	0,1118	0,1206	0,1137	0,1086	7
22)	P1>P2>P3>P4>P5>P9>P8>P6>P7	0,1076	0,1173	0,1072	0,1174	0,1165	0,1118	0,1206	0,1137	0,1088	7
23)	P1>P2>P3>P4>P5>P9>P6>P8>P7	0,1076	0,1173	0,1072	0,1174	0,1165	0,1118	0,1206	0,1137	0,1088	7
24)	P1>P2>P3>P4>P5>P9>P6>P7>P8	0,1076	0,1173	0,1072	0,1174	0,1165	0,1118	0,1206	0,1137	0,1091	7
25)	P1>P2>P3>P4>P6>P5>P7>P8>P9	0,1076	0,1173	0,1073	0,1178	0,1167	0,1118	0,1206	0,1137	0,1100	7
26)	P1>P2>P3>P4>P6>P5>P7>P9>P8	0,1076	0,1173	0,1072	0,1172	0,1168	0,1118	0,1206	0,1137	0,1100	7
27)	P1>P2>P3>P4>P6>P5>P8>P7>P9	0,1076	0,1173	0,1073	0,1178	0,1167	0,1118	0,1206	0,1137	0,1095	7
28)	P1>P2>P3>P4>P6>P5>P8>P9>P7	0,1076	0,1173	0,1076	0,1181	0,1161	0,1118	0,1206	0,1137	0,1088	7
29)	P1>P2>P3>P4>P6>P5>P9>P8>P7	0,1076	0,1173	0,1075	0,1175	0,1161	0,1118	0,1206	0,1137	0,1088	7
30)	P1>P2>P3>P4>P6>P5>P9>P7>P8	0,1076	0,1173	0,1075	0,1175	0,1161	0,1118	0,1206	0,1137	0,1091	7
31)	P1>P2>P3>P4>P6>P7>P5>P8>P9	0,1076	0,1173	0,1073	0,1178	0,1167	0,1118	0,1206	0,1137	0,1102	7
32)	P1>P2>P3>P4>P6>P7>P5>P9>P8	0,1076	0,1173	0,1072	0,1172	0,1168	0,1118	0,1206	0,1137	0,1102	7
33)	P1>P2>P3>P4>P6>P7>P8>P5>P9	0,1076	0,1173	0,1073	0,1178	0,1167	0,1118	0,1206	0,1137	0,1102	7
34)	P1>P2>P3>P4>P6>P7>P8>P9>P5	0,1076	0,1173	0,1078	0,1179	0,1167	0,1118	0,1206	0,1137	0,1102	7
35)	P1>P2>P3>P4>P6>P7>P9>P8>P5	0,1076	0,1173	0,1076	0,1173	0,1169	0,1118	0,1206	0,1137	0,1102	7
36)	P1>P2>P3>P4>P6>P7>P9>P5>P8	0,1076	0,1173	0,1076	0,1173	0,1169	0,1118	0,1206	0,1137	0,1102	7
37)	P1>P2>P3>P4>P6>P8>P7>P5>P9	0,1076	0,1173	0,1073	0,1178	0,1167	0,1118	0,1206	0,1137	0,1096	7
38)	P1>P2>P3>P4>P6>P8>P7>P9>P5	0,1076	0,1173	0,1078	0,1179	0,1167	0,1118	0,1206	0,1137	0,1096	7
39)	P1>P2>P3>P4>P6>P8>P5>P7>P9	0,1076	0,1173	0,1073	0,1178	0,1167	0,1118	0,1206	0,1137	0,1095	7
40)	P1>P2>P3>P4>P6>P8>P5>P9>P7	0,1076	0,1173	0,1076	0,1181	0,1161	0,1118	0,1206	0,1137	0,1088	7

Рисунок 4.12 – Пример вывода результатов сравниваемых в СРО предприятий транспортно-логистического производства (первая страница).

Источник: [разработано автором]

Result - Блокнот											
Файл Правка Формат Вид Справка											
362845)	P9>P1>P2>P3>P8>P5>P7>P6>P4	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1091;	5
362846)	P9>P1>P2>P3>P8>P5>P7>P4>P6	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1091;	5
362847)	P9>P1>P2>P3>P8>P5>P6>P7>P4	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1092;	5
362848)	P9>P1>P2>P3>P8>P5>P6>P4>P7	D1=0,1077;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1088;	5
362849)	P9>P1>P2>P3>P8>P5>P4>P6>P7	D1=0,1079;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1088;	5
362850)	P9>P1>P2>P3>P8>P5>P4>P7>P6	D1=0,1079;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1086;	5
362851)	P9>P1>P2>P3>P8>P4>P7>P5>P6	D1=0,1074;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1085;	5
362852)	P9>P1>P2>P3>P8>P4>P7>P6>P5	D1=0,1074;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1085;	5
362853)	P9>P1>P2>P3>P8>P4>P5>P7>P6	D1=0,1074;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1086;	5
362854)	P9>P1>P2>P3>P8>P4>P5>P6>P7	D1=0,1074;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1088;	5
362855)	P9>P1>P2>P3>P8>P4>P6>P5>P7	D1=0,1074;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1088;	5
362856)	P9>P1>P2>P3>P8>P4>P6>P7>P5	D1=0,1074;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1087;	5
362857)	P9>P1>P2>P3>P4>P6>P7>P8>P5	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1091;	5
362858)	P9>P1>P2>P3>P4>P6>P7>P5>P8	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1091;	5
362859)	P9>P1>P2>P3>P4>P6>P8>P7>P5	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1087;	5
362860)	P9>P1>P2>P3>P4>P6>P8>P5>P7	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1088;	5
362861)	P9>P1>P2>P3>P4>P6>P5>P8>P7	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1088;	5
362862)	P9>P1>P2>P3>P4>P6>P5>P7>P8	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1091;	5
362863)	P9>P1>P2>P3>P4>P7>P6>P8>P5	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1090;	5
362864)	P9>P1>P2>P3>P4>P7>P6>P5>P8	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1090;	5
362865)	P9>P1>P2>P3>P4>P7>P8>P6>P5	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1090;	5
362866)	P9>P1>P2>P3>P4>P7>P8>P5>P6	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1090;	5
362867)	P9>P1>P2>P3>P4>P7>P5>P8>P6	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1090;	5
362868)	P9>P1>P2>P3>P4>P7>P5>P6>P8	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1090;	5
362869)	P9>P1>P2>P3>P4>P8>P7>P6>P5	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1085;	5
362870)	P9>P1>P2>P3>P4>P8>P7>P5>P6	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1085;	5
362871)	P9>P1>P2>P3>P4>P8>P6>P7>P5	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1087;	5
362872)	P9>P1>P2>P3>P4>P8>P6>P5>P7	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1088;	5
362873)	P9>P1>P2>P3>P4>P8>P5>P6>P7	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1088;	5
362874)	P9>P1>P2>P3>P4>P8>P5>P7>P6	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1086;	5
362875)	P9>P1>P2>P3>P4>P5>P7>P8>P6	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1090;	5
362876)	P9>P1>P2>P3>P4>P5>P7>P6>P8	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1090;	5
362877)	P9>P1>P2>P3>P4>P5>P8>P7>P6	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1086;	5
362878)	P9>P1>P2>P3>P4>P5>P8>P6>P7	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1088;	5
362879)	P9>P1>P2>P3>P4>P5>P6>P8>P7	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1088;	5
362880)	P9>P1>P2>P3>P4>P5>P6>P7>P8	D1=0,1076;	D2=0,1148;	D3=0,1161;	D4=0,1256;	D5=0,1271;	D6=0,1067;	D7=0,1118;	D8=0,1127;	D9=0,1091;	5

Количество областей, принадлежащих решениям:

D1=0    D2=72030    D3=0    D4=153474    D5=97536    D6=0    D7=39840    D8=0    D9=0

Рисунок 4.13 – Пример вывода результатов сравниваемых в СРО предприятий транспортно-логистического производства (последняя страница).

Источник: [разработано автором]

Полученные результаты расчетов требуют специального анализа:

1) Первый столбец в распечатке результатов — это количество возможных исследуемых информационных ситуаций. Оно зависит от количества критериев целеполагания на втором иерархическом уровне и равно количеству перестановок предпочтений. Например, 1-ый критерий важнее 2-го критерия, 2-ой важнее 3-го и т.д.

2) Второй столбец — это последовательный перечень возможных перестановок приоритетов целеполагания.

3) Третий столбец – массив полученных результатов расчёта. Каждой перестановке приоритетов соответствует определенный набор эффективностей транспортного-логистического производства (откликов ПО) для каждого из исследуемых вариантов.

4) Четвертый столбец – это номер наиболее эффективного предприятия, соответствующий тому или иному набору приоритетов.

5) Последняя строка в распечатке показывает, сколько раз то или иное предприятие занимает лидирующие позиции в СРО в зависимости от установленных приоритетов. Приоритет в данном случае определяется лицом, принимающим решение (ЛПР). Например, исследуемые предприятия №1, №3, №6, №8 и №9 ни при каких сочетаниях приоритетов, соответственно, ни при каких сочетаниях влияния на СРО внешних или внутренних возмущающих факторов, не займут лидирующих позиций. Предприятия №2, №4, №5 и №7 могут занять первые строчки рейтинга, при этом все остальные предприятия займут соответствующие им места в рейтинге оценивания в зависимости от полученной оценки их эффективности с учетом интересов всех эксплуатантов системы.

Таким образом уже на данном этапе применения Методики возможно построить рейтинги исследуемых предприятий транспортно-логистического производства, основанные на строгих и объективных аналитических моделях, с одной стороны, отражающих интересы всех участников исследуемого процесса, а, с другой стороны, с учетом максимально возможного состояния эффективности исследуемой структуры предприятий и при любом сочетании влияния внешних и внутренних факторов.

Последним, **седьмым этапом**, в работе Методики является определение коэффициентов значимости или весомости каждого отдельного показателя эффективности по каждому из исследуемых показателей для всех исследуемых предприятий.

После произведенных расчетов и сохранения их в отдельном файле в автоматическом режиме «всплывает» окно логистического оператора 2-го иерархического уровня с индикацией порядка предпочтения критериев целеполагания. В данном случае ЛПР или пользователю программного обеспечения нужно определить интересующий порядок предпочтения и ввести его в нижнем индикаторном ряду.

The screenshot shows a window titled "Все компании" (All companies) containing a table with 10 columns and 10 rows. The columns are: Рентабельность продаж, Средняя цена тонна-км для клиента, Среднее время доставки, Индекс совершенного заказа (perfect order index или POI), Доля рейсов без опозданий (On-time delivery (OTD)), Использование ЭДО, Чистая прибыль, Налоговая нагрузка, Эффективность на 1-ом уровне, and Э. Below the table is a "НАЗАД" (Back) button and a section titled "Расставьте номера критериев по приоритету" (Arrange the numbers of criteria by priority). This section contains a sequence of boxes: P 1 > P 2 > P 3 > P 4 > P 5 > P 6 > P 7 > P 8 > P 9. Below this sequence is a button labeled "ВВЕСТИ КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ ДАННОГО ПРИОРИТЕТА" (Enter coefficients for this priority).

	Рентабельность продаж	Средняя цена тонна-км для клиента	Среднее время доставки	Индекс совершенного заказа (perfect order index или POI)	Доля рейсов без опозданий (On-time delivery (OTD))	Использование ЭДО	Чистая прибыль	Налоговая нагрузка	Эффективность на 1-ом уровне	Э
Вариант 1	0,098	0,107	0,093	0,134	0,123	0,104	0,100	0,103	0,106	0,
Вариант 2	0,105	0,111	0,186	0,119	0,102	0,096	0,109	0,106	0,084	0,
Вариант 3	0,085	0,116	0,093	0,105	0,090	0,116	0,096	0,114	0,151	0,
Вариант 4	0,105	0,111	0,093	0,119	0,111	0,117	0,105	0,142	0,157	0,
Вариант 5	0,085	0,113	0,080	0,134	0,115	0,102	0,141	0,111	0,169	0,
Вариант 6	0,137	0,111	0,112	0,075	0,130	0,109	0,080	0,109	0,086	0,
Вариант 7	0,157	0,106	0,093	0,119	0,108	0,124	0,113	0,114	0,069	0,
Вариант 8	0,111	0,112	0,139	0,105	0,111	0,114	0,111	0,106	0,099	0,
Вариант 9	0,118	0,113	0,112	0,090	0,110	0,116	0,145	0,095	0,080	0,
	max	min	min	max	max	max	max	max	max	

Рисунок 4.14 – Интерфейс №5 – Ввод интересующего предпочтения приоритетов целеполагания. Источник: [разработано автором]

Результатом действия станет вывод в отдельном окне всей структуры аналитически полученных коэффициентов весомости всех исследуемых предприятий по каждому текущему показателю эффективности. Ниже на рисунках 4.15 - 4.19 приведены примеры расчёта коэффициентов весомости для нескольких наборов предпочтений критериев целеполагания.

Все компании

	Рентабельность продаж	Средняя цена тонна-км для клиента	Среднее время доставки	Индекс совершенного заказа (perfect order index или POI)	Доля рейсов без опозданий (On-time delivery (OTD))	Использование ЗДО	Чистая прибыль
Вариант 1	0,098	0,107	0,093	0,134	0,123	0,104	0,100
Вариант 2	0,105	0,111	0,186	0,119	0,102	0,096	0,109
Вариант 3	0,085	0,116	0,093	0,105	0,090	0,116	0,096
Вариант 4	0,105	0,111	0,093	0,119	0,111	0,117	0,105
Вариант 5	0,085	0,113	0,080	0,134	0,115	0,102	0,141
Вариант 6	0,137	0,111	0,112	0,075	0,130	0,109	0,080
Вариант 7	0,157	0,106	0,093	0,119	0,108	0,124	0,113
Вариант 8	0,111	0,112	0,139	0,105	0,111	0,114	0,111
Вариант 9	0,118	0,113	0,112	0,090	0,110	0,116	0,145
▶	max	min	min	max	max	max	max

НАЗАД

Расставьте номера критериев по приоритету

P 1 > P 2 > P 3 > P 4 > P 5 > P 6 > P 7 > P 8 > P 9

ВЫВЕСТИ КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ ДАННОГО ПРИОРИТЕТА

P1 > P2 > P3 > P4 > P5 > P6 > P7 > P8 > P9

c	1	2	3	4	5	6	7	8	9
▶ 1	0,1389	0,1389	0,1389	0,1389	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
2	0,1556	0,1556	0,1556	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
3	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111
4	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111
5	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111
6	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
7	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
8	0,1556	0,1556	0,1556	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
9	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889

Рисунок 4.15 – Интерфейс №6. Результаты расчёта коэффициентов весомости для приоритета

P1>P2>P3>P4>P5>P6>P7>P8>P9. Источник: [разработано автором]

компания

	Рентабельность продаж	Средняя цена тонна-км для клиента	Среднее время доставки	Индекс совершенного заказа (perfect order index или POI)	Доля рейсов без опозданий (On-time delivery (OTD))	Использование ЗДО	Чистая прибыль	Налоговая нагрузка	Эффективность на 1-ом уровне
Вариант 1	0,098	0,107	0,093	0,134	0,123	0,104	0,100	0,103	0,106
Вариант 2	0,105	0,111	0,186	0,119	0,102	0,096	0,109	0,106	0,084
Вариант 3	0,085	0,116	0,093	0,105	0,090	0,116	0,096	0,114	0,151
Вариант 4	0,105	0,111	0,093	0,119	0,111	0,117	0,105	0,142	0,157
Вариант 5	0,085	0,113	0,080	0,134	0,115	0,102	0,141	0,111	0,169
Вариант 6	0,137	0,111	0,112	0,075	0,130	0,109	0,080	0,109	0,086
Вариант 7	0,157	0,106	0,093	0,119	0,108	0,124	0,113	0,114	0,069
Вариант 8	0,111	0,112	0,139	0,105	0,111	0,114	0,111	0,106	0,099
Вариант 9	0,118	0,113	0,112	0,090	0,110	0,116	0,145	0,095	0,080
	max	min	min	max	max	max	max	max	max

НАЗАД

оставьте номера критериев по приоритету

$P_2 > P_1 > P_3 > P_4 > P_5 > P_6 > P_7 > P_8 > P_9$

ВЫВЕСТИ КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ ДАННОГО ПРИОРИТЕТА

P1 > P2 > P3 > P4 > P5 > P6 > P7 > P8 > P9

c	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,1389	0,1389	0,1389	0,1389	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
2	0,1556	0,1556	0,1556	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
3	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111
4	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111
5	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111
6	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
7	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
8	0,1556	0,1556	0,1556	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
9	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889

P2 > P1 > P3 > P4 > P5 > P6 > P7 > P8 > P9

c	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,1389	0,1389	0,1389	0,1389	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
2	0,1556	0,1556	0,1556	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
3	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111
4	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111
5	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111
6	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
7	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
8	0,1556	0,1556	0,1556	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
9	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889

Рисунок 4.16 – Интерфейс №6 – Результаты расчёта коэффициентов весомости для приоритета

P2&gt;P1&gt;P3&gt;P4&gt;P5&gt;P6&gt;P7&gt;P8&gt;P9. Источник: [разработано автором]

омпании

	Рентабельность продаж	Средняя цена тонна-км для клиента	Среднее время доставки	Индекс совершенного заказа (perfect order index или POI)	Доля рейсов без опозданий (On-time delivery (OTD))	Использование ЭДО	Чистая прибыль	Налоговая нагрузка	Эффективность на 1-ом уровне
Вариант 1	0,098	0,107	0,093	0,134	0,123	0,104	0,100	0,103	0,106
Вариант 2	0,105	0,111	0,186	0,119	0,102	0,096	0,109	0,106	0,084
Вариант 3	0,085	0,116	0,093	0,105	0,090	0,116	0,096	0,114	0,151
Вариант 4	0,105	0,111	0,093	0,119	0,111	0,117	0,105	0,142	0,157
Вариант 5	0,085	0,113	0,080	0,134	0,115	0,102	0,141	0,111	0,169
Вариант 6	0,137	0,111	0,112	0,075	0,130	0,109	0,080	0,109	0,086
Вариант 7	0,157	0,106	0,093	0,119	0,108	0,124	0,113	0,114	0,069
Вариант 8	0,111	0,112	0,139	0,105	0,111	0,114	0,111	0,106	0,099
Вариант 9	0,118	0,113	0,112	0,090	0,110	0,116	0,145	0,095	0,080
	max	min	min	max	max	max	max	max	max

НАЗАД

оставьте номера критериев по приоритету

P 9 > P 6 > P 3 > P 4 > P 5 > P 1 > P 7 > P 8 > P 2

ВЫВЕСТИ КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ ДАННОГО ПРИОРИТЕТА

P9 > P6 > P3 > P4 > P5 > P1 > P7 > P8 > P2

c	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,1389	0,1389	0,1389	0,1389	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
2	0,1556	0,1556	0,1556	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
3	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
4	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
5	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
6	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889
7	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889
8	0,1556	0,1556	0,1556	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
9	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889

Рисунок 4.17 – Интерфейс №6 – Результаты расчёта коэффициентов весомости для приоритета

P9>P6>P3>P4>P5>P1>P7>P8>P2. Источник: [разработано автором]

омпании

	Рентабельность продаж	Средняя цена тоннажм для клиента	Среднее время доставки	Индекс совершенного заказа (perfect order index или POI)	Доля рейсов без опозданий (On-time delivery (OTD))	Использование ЭДО	Чистая прибыль	Налоговая нагрузка	Эффективность на 1-ом уровне	Э
Вариант 1	0.098	0.107	0.093	0.134	0.123	0.104	0.100	0.103	0.106	0,
Вариант 2	0.105	0.111	0.186	0.119	0.102	0.096	0.109	0.106	0.084	0,
Вариант 3	0.085	0.116	0.093	0.105	0.090	0.116	0.096	0.114	0.151	0,
Вариант 4	0.105	0.111	0.093	0.119	0.111	0.117	0.105	0.142	0.157	0,
Вариант 5	0.085	0.113	0.080	0.134	0.115	0.102	0.141	0.111	0.169	0,
Вариант 6	0.137	0.111	0.112	0.075	0.130	0.109	0.080	0.109	0.086	0,
Вариант 7	0.157	0.106	0.093	0.119	0.108	0.124	0.113	0.114	0.069	0,
Вариант 8	0.111	0.112	0.139	0.105	0.111	0.114	0.111	0.106	0.099	0,
Вариант 9	0.118	0.113	0.112	0.090	0.110	0.116	0.145	0.095	0.080	0,
	max	min	min	max	max	max	max	max	max	0,

НАЗАД

оставьте номера критериев по приоритету

P 8 > P 6 > P 5 > P 4 > P 3 > P 1 > P 7 > P 9 > P 2

ВЫВЕСТИ КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ ДАННОГО ПРИОРИТЕТА

P9 > P6 > P3 > P4 > P5 > P1 > P7 > P8 > P2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.1389	0.1389	0.1389	0.1389	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889
2	0.1556	0.1556	0.1556	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889
3	0.2889	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889
4	0.2889	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889
5	0.2889	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889
6	0.1222	0.1222	0.1222	0.1222	0.1222	0.1222	0.0889	0.0889	0.0889
7	0.1222	0.1222	0.1222	0.1222	0.1222	0.1222	0.0889	0.0889	0.0889
8	0.1556	0.1556	0.1556	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889
9	0.1175	0.1175	0.1175	0.1175	0.1175	0.1175	0.1175	0.0889	0.0889

P8 > P6 > P5 > P4 > P3 > P1 > P7 > P9 > P2

c	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.1389	0.1389	0.1389	0.1389	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889
2	0.1289	0.1289	0.1289	0.1289	0.1289	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889
3	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.0889
4	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.0889
5	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.1139	0.0889
6	0.1222	0.1222	0.1222	0.1222	0.1222	0.1222	0.0889	0.0889	0.0889
7	0.1222	0.1222	0.1222	0.1222	0.1222	0.1222	0.0889	0.0889	0.0889
8	0.1289	0.1289	0.1289	0.1289	0.1289	0.0889	0.0889	0.0889	0.0889
9	0.1175	0.1175	0.1175	0.1175	0.1175	0.1175	0.1175	0.0889	0.0889

Рисунок 4.18 – Интерфейс №6 – Результаты расчёта коэффициентов весомости для приоритета

P8&gt;P6&gt;P5&gt;P4&gt;P3&gt;P1&gt;P7&gt;P9&gt;P2. Источник: [разработано автором]

омпании

	Рентабельность продаж	Средняя цена тоннажм для клиента	Среднее время доставки	Индекс совершенного заказа (perfect order index или POI)
Вариант 1	0,098	0,107	0,093	0,134
Вариант 2	0,105	0,111	0,186	0,119
Вариант 3	0,085	0,116	0,093	0,105
Вариант 4	0,105	0,111	0,093	0,119
Вариант 5	0,085	0,113	0,080	0,134
Вариант 6	0,137	0,111	0,112	0,075
Вариант 7	0,157	0,106	0,093	0,119
Вариант 8	0,111	0,112	0,139	0,105
Вариант 9	0,118	0,113	0,112	0,090
	max	min	min	max

П4 > P2 > P5 > P8 > P3 > P1 > P7 > P9 > P6

c	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
2	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
3	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889
4	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889
5	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889
6	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889
7	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889
8	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
9	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889

П9 > P6 > P3 > P4 > P5 > P1 > P7 > P8 > P2

c	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,1389	0,1389	0,1389	0,1389	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
2	0,1556	0,1556	0,1556	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
3	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
4	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
5	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
6	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889
7	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889
8	0,1556	0,1556	0,1556	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
9	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889

П8 > P6 > P5 > P4 > P3 > P1 > P7 > P9 > P2

c	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,1389	0,1389	0,1389	0,1389	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
2	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
3	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889
4	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889
5	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889
6	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889
7	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889
8	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
9	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889

НАЗАД

оставьте номера критериев по приоритету

Р 4 > P 2 > P 5 > P 8 > P 3 > P 1 > P 7 > P 9 > P 6

ВЫВЕСТИ КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ ДАННОГО ПРИОРИТЕТА

Рисунок 4.19 – Интерфейс №6 – Результаты расчёта коэффициентов весомости для приоритета

P4&gt;P2&gt;P5&gt;P8&gt;P3&gt;P1&gt;P7&gt;P9&gt;P6. Источник: [разработано автором]

## Выводы по четвертой главе

В четвертой главе на основе разработанных оригинальных аналитических моделей теории принятия решений в сложных иерархических системах разработаны алгоритмы и ПО, реализующие в цифровом формате модель рейтинговой оценки эффективности транспортно-логистических предприятий. Концептуальной основой разработки программного обеспечения системы рейтингового оценивания предприятий транспортно-логистического производства является необратимый процесс цифровизации отраслей экономики РФ. Содержание концептуальных основ ПО обеспечения системы рейтингового оценивания (КО СПО) предприятий транспортно-логистического производства можно разделить на два основных комплекса требований: стратегических и оперативных.

Стратегические требования предполагают:

- единство принципов и методов оценки эффективности транспортно-логистических предприятий для обеспечения репрезентативности и сопоставимости результатов оценки, учитывающие высокую степень неопределенности в исследуемой системе;
- содержание набора целевых функций, являющихся инструментом оптимизации в модели управления сложной многоуровневой системой транспортной отрасли;
- наличие аналитических инструментов оценки эффективности объектов в сложных системах, позволяющих координировать функционал их взаимодействия на различных иерархических уровнях в целях сбалансированного развития транспортной отрасли.

Оперативные требования предполагают:

- возможность оперировать с достаточно большим количеством индикаторов эффективности, включающих полный спектр показателей (экономические, производительности, экологические, безопасности, и т.д. без ограничений);

– расчёт результатов должен производиться в количественных оценках, то есть с применением математических процедур нормирования данных и т.д.

При проектировании архитектуры ПО используется блочно-иерархический метод, предусматривающий расчленение процесса исследования сложной системы на ряд последовательных уровней и сведения задачи большей размерности к совокупности задач значительно меньшей размерности. Данный подход, основанный на использовании методов макро-моделирования и декомпозиции сложной системы на отдельные подсистемы и функциональные блоки (логические операторы) в виде единой логической сети.

Практическая реализация в ПО иерархического исследования сложной системы рейтингового обслуживания (СРО) опирается на технологию объектно-ориентированного программирования. В качестве инструментального средства применяется язык моделирования на базе Visual C++.

На основе установленных структуры (иерархии СРО), содержания логических операторов (блоков), вычислительных процедур (оригинальных аналитических моделей поиска эффективных решений) разработан алгоритм программного обеспечения системы рейтингового оценивания предприятий транспортно-логистического производства.

Разработка ПО позволила сформировать методику его применения, предполагающую возможность исследования трёх различных видов транспортно-логистического производства:

- Транспортные компании, обладающие и эксплуатирующие собственный подвижной состав.
- Транспортно-экспедиционные компании, которые обладают и применяют как собственный так наёмный ПС в определённых условиях рынка и сопоставимых пропорциях.
- Экспедиционные компании – компании, занимающиеся организацией доставки грузов, как правило, не обладающие собственным ПС.

Разработанная методика применения программного обеспечения оценки эффективности транспортно-логистического производства в СРО дает возможность:

– построить рейтинги исследуемых предприятий транспортно-логистического производства, основанные на строгих и объективных аналитических моделях, с одной стороны, отражающих интересы всех участников исследуемого процесса, а, с другой стороны, с учетом максимально возможного состояния эффективности исследуемой структуры предприятий и при любом сочетании влияния внешних и внутренних факторов.

– определять коэффициенты значимости или весомости каждого отдельного показателя эффективности по каждому из исследуемых показателей для всех исследуемых предприятий.

## 5. АПРОБАЦИЯ МЕТОДОВ, МОДЕЛЕЙ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В СИСТЕМЕ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНО- ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

### 5.1 Исходные данные для проведения вычислительного эксперимента по составлению рейтинга транспортно-логистических предприятий

В данном разделе исследования будет произведён вычислительный (численный) эксперимент, производимый в целях апробации разработанных методов, моделей и программного обеспечения, позволяющих дать объективную количественную оценку, выполнить сравнение и анализ эффективности транспортно-логистических предприятий в целях формирования электронного рейтинга, обеспечивающего объективными данными объекты и субъекты системы транспортно-логистического производства в РФ.

В качестве исходных данных для проведения вычислительного эксперимента принимаются данные, представленные ведущими транспортными компаниями (ТК), транспортно-экспедиционными компаниями (ТЭК) и экспедиционными компаниями (Э). В состав исследуемых данных включены не только текущие значения технико-экономических показателей, но и показателей, отражающих инновационную составляющую деятельности крупных транспортно-логистических компаний. Автор исследования и научный консультант Карелина М.Ю. выражают глубокую благодарность руководству всех перечисленных ниже компаний и ведущих экспертов за оказанную помощь и содействие в получении объективных данных, характеризующих показатели эффективности транспортно-логистического производства:

- «Деловые Линии»,
- «Скиф-Карго»,
- «Да-Транс»,
- «Логистик-Авто» и др.

Важно отметить, что проведенная процедура опроса не является моделью получения данных о показателях эффективности деятельности транспортно-

логистических компаний на основании мнений и с привлечением экспертов, а является процедурой констатации значений текущих фактических данных о состоянии эффективности компаний, включаемых в систему рейтинговой оценки предприятий. Непосредственно экспертной оценке подвергался состав самих показателей задействованных в анкетировании предприятий. В данной оценке принимали участие руководители и представители независимых компаний, не участвовавших в процедуре анкетирования. В итоге в рейтинговом оценивании приняло участие 15 компаний (5 транспортных компаний, 5 транспортно-экспедиционных компаний и 5 экспедиционных компаний). Поскольку целью исследования является апробация научных результатов и не преследуются коммерческие цели, результаты анкетирования представлены в обезличенном виде на двух уровнях СРО (таблица 5.1). Заполненные формы по одному варианту из трех видов компаний представлены в таблицах 5.2 ... 5.7.

Таблица 5.1 – Форма представления анкетизируемых предприятий в системе рейтингового оценивания

№ компании/вид	Уровень 1/подсистема	Уровень 2
1/ТК	Вариант 1/1	Вариант 1
2/ТК	Вариант 2/1	Вариант 2
3/ТК	Вариант 3/1	Вариант 3
4/ТК	Вариант 4/1	Вариант 4
5/ТК	Вариант 5/1	Вариант 5
1/ТЭК	Вариант 1/2	Вариант 6
2/ТЭК	Вариант 2/2	Вариант 7
3/ТЭК	Вариант 3/2	Вариант 8
4/ТЭК	Вариант 4/2	Вариант 9
5/ТЭК	Вариант 5/2	Вариант 10
1/ЭК	Вариант 1/3	Вариант 11
2/ЭК	Вариант 2/3	Вариант 12
3/ЭК	Вариант 3/3	Вариант 13
4/ЭК	Вариант 4/3	Вариант 14
5/ЭК	Вариант 5/3	Вариант 15

Таблица 5.2 - Транспортные компания 1 (1 уровень)

Критерий	Значение	ед. изм./ пояснение	
Полнота предоставляемых услуг	100	%	
Географическое покрытие России	90	%	
Число стран международной доставки	70	стран	
Объем грузоперевозок, т	1567,5	тыс. тонн	
Грузооборот, т·км	8487978,622	тыс. т·км	
Размер собственного парка грузовых ТС	4000	Ед. ТС	
Доля ТС моложе 10 лет	100	%	
Доля газомоторных грузовых ТС	1	%	
Доля ТС с двигателями Евро-1, 2,3	0	%	
Доля ТС с двигателями Евро-4, 5,6	100	%	
Доля ТС, оборудованных системами контроля водителя	100	%	
Тестирование и использование инновационных технологий в процессе перевозки (электромобили, беспилотные ТС и т.д.)	0	да/нет	1/0
Тестирование и использование технологий искусственного интеллекта в процессе организации перевозок	1	да/нет	1/0
Коэффициент загрузки ТС (уровень утилизации)	78	%	
Коэффициент использования автопарка	65	%	
Коэффициент технической готовности	88	%	
Коэффициент использования пробега	92	%	
Средний пробег ТС	85000	км/год	
Доля грузовых ТС, которые своевременно проходят периодическое ТО	100	%	
Среднее количество штрафов на водителя	5	ед.	штрафов/год
Доля рейсов без перегрузов	99	%	
Доля отечественных грузовых ТС	21	%	
Средний опыт водителя	5	лет	
Реализация программ переобучения водителей	1	да/нет	1/0
Доля транспортных расходов в выручке	81	%	
Рейтинг отзывов	3,83	балл	из 5

Таблица 5.3 - Транспортные компания 1 (2 уровень)

Критерий	Значение	Пояснение
Размер парка грузовых ТС под управлением	9000	ТС
Рентабельность продаж	5	%
Средняя цена тонна-км для компании	9,95	руб.
Средняя цена ГСМ на тонна-км	1,98	руб.
Средняя цена тонна-км для клиента	12,32	руб.
Использование ЭДО	100	%
Среднее время доставки	2	суток
Средняя эксплуатационная скорость	60	км/ч
Среднее количество ДТП на водителя	0,05	в год
Индекс совершенного заказа (perfect order index или POI)	97,08	%
Доля рейсов без опозданий (On-time delivery (OTD))	97,08	%
Динамика численности персонала	0,50	доли
Наличие договоров с иностранными транспортно-логистическими компаниями на перевозку по территории России	1	да/нет
Наличие ISO-сертификации	0	да/нет
Участие в обсуждениях государственных инициатив	1	да/нет
Участие в отраслевых организациях	1	да/нет
Выручка	104 600	млн. руб.
Выручка на 1 сотрудника	3486, 666	тыс. руб.
Чистая прибыль	5 249, 788	млн.руб.
Чистая прибыль на 1 сотрудника	174, 992	тыс. руб.
Налоговая нагрузка	11	%

Таблица 5.4 (начало) - Транспортно-экспедиционная компания 1 (1 уровень)

Критерий	Значение	Пояснение
Полнота предоставляемых услуг	77%	%
Географическое покрытие России	64%	%
Число стран международной доставки	2	стран
Объем грузоперевозок, т	108, 517	тыс. тонн
Грузооборот, т·км	130 220, 7	тыс. т·км
Размер собственного парка грузовых ТС	125	ТС
Доля ТС моложе 10 лет	100%	%
Доля газомоторных грузовых ТС	0	%
Доля ТС с двигателями Евро-1, 2, 3	0	%
Доля ТС с двигателями Евро-4, 5, 6	100%	%
Доля ТС, оборудованных системами контроля водителя	100%	%
Тестирование и использование инновационных технологий в процессе перевозки (электромобили, беспилотные ТС и т.д.)	0	да/нет
Тестирование и использование технологий искусственного интеллекта в процессе организации перевозок	0	да/нет
Коэффициент загрузки ТС (уровень утилизации)	70	%
Коэффициент использования автопарка	69	%
Коэффициент технической готовности	85	%
Коэффициент использования пробега	98	%
Средний пробег ТС	102, 500	тыс. км
Доля грузовых ТС, которые своевременно проходят периодическое ТО	100	%

Таблица 5.4 (окончание) - Транспортно- экспедиционная компания 1 (1 уровень)

Критерий	Значение	Пояснение
Среднее количество штрафов на водителя	3,5	штрафов
Доля рейсов без перегрузов	99	%
Доля отечественных грузовых ТС	75	%
Средний опыт водителя	7	лет
Реализация программ переобучения водителей	0	да/нет
Соотношение расходов на перевозку и продаж	77	%
Упущенная выгода от ненайденных ТС	1000,00	тыс. руб.
Конверсия заявки в перевозку	91	%
Доля постоянных клиентов	60	%
Доля выручки постоянных клиентов	85	%
Рейтинг отзывов	2,88	из 5

Таблица 5.5 - Транспортно- экспедиционная компания 1 (2 уровень)

Критерий	Значение	Пояснение
Размер парка грузовых ТС под управлением	125	ТС
Рентабельность продаж	4	%
Средняя цена тонна-км для компании	10,00	руб.
Средняя цена ГСМ на тонна-км	1,96	руб.
Средняя цена тонна-км для клиента	15,86	руб.
Использование ЭДО	30	%
Среднее время доставки	4	суток
Средняя эксплуатационная скорость	65	км/ч
Среднее количество ДТП на водителя	0,05	в год
Индекс совершенного заказа (perfect order index или POI)	97	%
Доля рейсов без опозданий (On-time delivery (OTD))	98,4	%
Динамика численности персонала	0,24	доли
Наличие договоров с иностранными транспортно-логистическими компаниями на перевозку по территории России	1	да/нет
Наличие ISO-сертификации	1	да/нет
Участие в обсуждениях государственных инициатив	0	да/нет
Участие в отраслевых организациях	1	да/нет
Выручка	2 408, 986	млн. руб.
Выручка на 1 сотрудника	7 745, 936	тыс. руб.
Чистая прибыль	92, 000	млн. руб.
Чистая прибыль на 1 сотрудника	295, 819	тыс. руб.
Налоговая нагрузка	10	%

Таблица 5.6 - Экспедиционная компания 1 (1 уровень)

Критерий	Значение	Пояснение
Полнота предоставляемых услуг	68	%
Географическое покрытие России	99	%
Число стран международной доставки	6	стран
Объем грузоперевозок, т	72, 00	тыс. тонн
Грузооборот, т·км	57 600, 00	тыс. т·км
Тестирование и использование инновационных технологий в процессе перевозки (электромобили, беспилотные ТС и т.д.)	0	да/нет
Тестирование и использование технологий искусственного интеллекта в процессе организации перевозок	1	да/нет
Доля работы с постоянными перевозчиками	54	%
Упущенная выгода от ненайденных ТС	6 000, 00	тыс. руб.
Конверсия заявки в перевозку	96	%
Доля постоянных клиентов	75	%
Доля выручки постоянных клиентов	90	%
Рейтинг отзывов	4,98	из 5

Таблица 5.7 - Экспедиционная компания 1 (2 уровень)

Критерий	Значение	Пояснение
Размер парка грузовых ТС под управлением	9000	ТС
Рентабельность продаж	3	%
Средняя цена тонна-км для компании	8,0	руб.
Средняя цена ГСМ на тонна-км	2,2	руб.
Средняя цена тонна-км для клиента	10,0	руб.
Использование ЭДО	80	%
Среднее время доставки	3	суток
Средняя эксплуатационная скорость	63,7	км/ч
Среднее количество ДТП на водителя	0,075	в год
Индекс совершенного заказа (perfect order index или POI)	94	%
Доля рейсов без опозданий (On-time delivery (OTD))	98	%
Динамика численности персонала	20	%
Наличие договоров с иностранными транспортно-логистическими компаниями на перевозку по территории России	0	да/нет
Наличие ISO-сертификации	0	да/нет
Участие в обсуждениях государственных инициатив	0	да/нет
Участие в отраслевых организациях	1	да/нет
Выручка	200, 000	млн. руб.
Выручка на 1 сотрудника	22, 000	тыс. руб.
Чистая прибыль	30, 00	млн. руб.
Чистая прибыль на 1 сотрудника	3 300, 00	тыс. руб.
Налоговая нагрузка	6,0%	%

Принципиальным отличием разработанной методологии системной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий от существующих и практикуемых подходов по оценке эффективности объектов в сложных системах является то, что при процедура формирования исходных данных не требует назначать или присваивать субъективно определённые (на основании мнений экспертов) веса исследуемых показателей или их значимость в общей структуре целеполагания системы.

Принципиальным отличием методологии системной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий является блочно-иерархическая структура представления исходных данных (таблицы 5.8 - 5.11), предусматривающая расчленение процесса исследования сложной системы на ряд последовательных уровней и сведения задачи большей размерности к совокупности задач значительно меньших размерностей.

Особенностью разработанной методики декомпозиции сложной системы на отдельные подсистемы и функциональные блоки (логические операторы) в виде единой логической сети является возможность указать в каждом отдельном логическом операторе первого уровня произвольное количество исследуемых объектов (транспортно-логистических компаний) и произвольное количество критериев или индикаторов целеполагания, присущих тому или иному виду деятельности (функционалу) отдельных компаний.

Особенностью аналитических инструментов обработки представленных входов в систему является возможность преобразование информации о состоянии эффективности исследуемых объектов транспортно-логистического производства в аналитическую систему весовых коэффициентов, определяющих эффективность всей системы ТЛП.

Структура исходных данных вычислительного эксперимента с учетом перечисленных особенностей разработанной методологии представлена в таблицах 5.8 - 5.11 и содержит данные 15-ти предприятий, участвующих в системе рейтингового оценивания.

Таблица 5.8 - Уровень – 1, логический оператор -1

	<b>Транспортные компании</b>									
	Объем грузоперевозок, т	Размер собственного парка грузовых ТС	Доля ТС моложе 10 лет	Доля ТС, оборудованных системами контроля водителя	Коэффициент использования пробега	Коэффициент технической готовности	Средний пробег ТС	Среднее количество штрафов на водителя	...	Рейтинг отзывов
Вариант 1 (ТК)	1567,5	4000	100	100	92	88	85 000	5	...	3,83
Вариант 2 (ТК)	500,0	2500	100	100	95	84	80 000	7,3	...	4,0
Вариант 3 (ТК)	1 490,62	1590	100	100	95	84	113 208	6	...	3,4
Вариант 4 (ТК)	230, 0	385	100	100	87	70	100 000	6,5	...	3,23
Вариант 5 (ТК)	326,25	3000	100	100	93	88	83 540	8,0	...	3,84

Таблица 5.9 - Уровень – 1, логический оператор -2

	<b>Транспортно-экспедиционные компании</b>										
	Полнота предоставляемых услуг	Географическое покрытие России	Объем грузоперевозок, т	Доля ТС моложе 10 лет	Коэффициент использования пробега	Средний пробег ТС	Соотношение расходов на перевозку и продаж	Доля постоянных клиентов	Доля выручки постоянных клиентов	...	Рейтинг отзывов
Вариант 1 (ТЭК)	77	64	108,517	100	98	102 500	77	60	85	...	2,88
Вариант 2 (ТЭК)	36	95	878,00	100	86	65 570	59	70	87	...	2,07
Вариант 3 (ТЭК)	59	99	27,00	99	80	90 000	79	67	90	...	2,16
Вариант 4 (ТЭК)	77	97	409,150	100	82	74 000	74	65	88	...	2,59
Вариант 5 (ТЭК)	59	80	600,000	90	94	76 000	77	78	88	...	4,45

Таблица 5.10 - Уровень – 1, логический оператор - 3

	<b>Экспедиционные компании</b>									
	Полнота предоставляемых услуг	Географическое покрытие России	Число стран международной доставки	Объем грузоперевозок, т	Грузооборот, т-км	Доля работы с постоянными перевозчиками	Упущенная выгода от ненайденных ТС	Доля постоянных клиентов	...	Рейтинг отзывов
Вариант 1 (ЭК)	68	99	6	72, 000	57 600	54	6 000	75	...	4,98
Вариант 2 (ЭК)	59	95	4	13, 000	10 400	30	8 000	54	...	4,30
Вариант 3 (ЭК)	23	100	8	30, 000	18 787	65	5 636	80	...	3,70
Вариант 4 (ЭК)	55	90	41	17, 422	13 938	43	9 756	55	...	4,26
Вариант 5 (ЭК)	77	98	42	12, 500	1 000	50	5 992	70	...	4,45

Таблица 5.11 - Уровень – 2, логический оператор - 1

Все компании									
	Рентабельность продаж	Средняя цена тонна-км для клиента	Среднее время доставки	Индекс совершенного заказа (perfect order index или POI)	Доля рейсов без опозданий (On-time delivery (OTD))	Использование ЭДО	Чистая прибыль	...	Налоговая нагрузка
Вариант 1	5	9,94	2	97	97	1	5 249, 788	...	<b>11</b>
Вариант 2	0,1	11,02	2	96	97	0,5	22,552	...	<b>10</b>
Вариант 3	2	12,0	2	95	96	0,5	360,000	...	<b>7</b>
Вариант 4	5	17,7	3	93	94	0,5	790,118	...	<b>12</b>
Вариант 5	5	12,27	1,5	95	95	0,5	640,227	...	<b>12</b>
Вариант 6	4	15,86	4	97	98	0,3	92,000	...	<b>10</b>
Вариант 7	2	34,79	1,5	94	95	0,5	1 320,00	...	<b>13</b>
Вариант 8	5	23,73	2	94	94	0,5	30,393	...	<b>5</b>
Вариант 9	1,4	20,22	2,5	93	95	0,5	116,495	...	<b>5</b>
Вариант 10	10	16,59	2	98	92	0,75	227,446	...	<b>14</b>
Вариант 11	3	10,00	3	94	98	0,8	30,000	...	<b>6</b>
Вариант 12	2	25,00	3	93	95	1,0	6,109	...	<b>3</b>
Вариант 13	1	12,00	2,5	96	96	0,5	3,218	...	<b>13</b>
Вариант 14	0,1	10,00	3	93	94	0,4	19,911	...	<b>7</b>
Вариант 15	1	15,00	3	92	94	0,47	1,021	...	<b>2</b>

## 5.2 Результаты проведения вычислительного эксперимента по оценке эффективности транспортно-логистических компаний

В вычислительном эксперименте принимают участие 15 транспортно-логистических компаний (вариантов), каждой из которых соответствует собственный набор индикаторов эффективности транспортно-логистического производства.

Все исследуемые в СРО критерии и индикаторы распределены между 2-мя уровнями, разделяющими интересы эксплуатантов системы:

- 1 – уровень отраслевого взаимодействия, то есть уровень, отражающий интересы экономики РФ;
- 2 – уровень отдельных компаний, отражающий их собственные интересы.

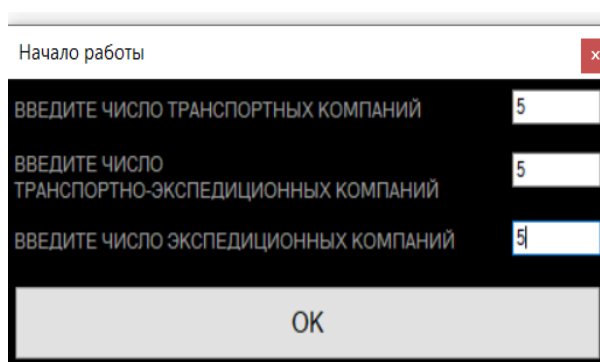
Все компании представлены тремя видами:

ЭК – экспедиционные,

ТЭК – транспортно-экспедиционные

ТК – транспортные компании (рисунок 5.1).

Каждому виду компании соответствует свой собственный набор индикаторов эффективности на нижнем уровне (рисунок 5.2) и на верхнем уровне иерархии данных (рисунок 5.3) по ряду критериев целеполагания в СРО (обозначено знаком «min» и «max»).



Начало работы

ВВЕДИТЕ ЧИСЛО ТРАНСПОРТНЫХ КОМПАНИЙ 5

ВВЕДИТЕ ЧИСЛО ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЕДИЦИОННЫХ КОМПАНИЙ 5

ВВЕДИТЕ ЧИСЛО ЭКСПЕДИЦИОННЫХ КОМПАНИЙ 5

OK

Рисунок 5.1 – Интерфейс начала вычислительного эксперимента. Источник [разработано автором]

Транспортные компании									
	Объем грузоперевозок, т	Размер собственного парка грузовых ТС	Доля ТС моложе 10 лет	Доля ТС, оборудованных системами контроля водителя	Коэффициент использования пробега	Коэффициент технической готовности	Средний пробег ТС	Среднее количество штрафов на водителя	Рейтинг отзы
Вариант 2	500	2500	100	100	92	84	80000	7,3	4
Вариант 3	1490	1590	100	100	95	84	113208	6	3,4
Вариант 4	230	385	100	100	87	70	100000	6,5	3,23
Вариант 5	326	3000	100	100	93	88	83540	8	3,84
	max	min	max	max	max	max	min	min	max

Транспортно-экспедиционные компании									
	Эксплуатация предоставляемых луг	Географическое покрытие РФ	Объем грузоперевозок, т	Доля ТС моложе 10 лет	Коэффициент использования пробега	Средний пробег ТС	Соотношение расходов на перевозку и продаж	Доля постоянных клиентов	Доля выручки постоянных клиентов
Вариант 2		95	827	100	86	65570	59	70	87
Вариант 3		99	27	99	80	90000	79	67	90
Вариант 4		97	409	100	82	74000	74	65	88
Вариант 5		80	600	90	94	76000	77	78	88
	x	max	max	max	max	min	min	max	max

Экспедиционные компании									
	Эксплуатация предоставляемых луг	Географическое покрытие РФ	Число стран международной доставки	Объем грузоперевозок, т	Грузооборот, т-км	Доля работы с постоянными перевозчиками	Упущенная выгода от ненайденных ТС	Доля постоянных клиентов	Рейтинг отзывов
Вариант 1		99	6	72	57600	54	6000	75	4,98
Вариант 2		95	4	30	10400	30	8000	54	4,30
Вариант 3		100	8	30	18787	65	5636	80	3,70
Вариант 4		90	41	17	13938	43	9756	55	4,26
Вариант 5		98	42	12	1000	50	5992	70	4,45
	x	max	max	max	min	max	min	max	max

НАЗАД
РАССЧИТАТЬ

Рисунок 5.2 – Интерфейс «ввод данных» нижнего уровня иерархии СРО.

Источник [разработано автором]

	Рентабельность продаж	Средняя цена тоннажм для клиента	Среднее время доставки	Индекс совершенного заказа (perfect order index или POI)	Доля рейсов без опозданий (On-time delivery (OTD))	Использование ЭДО	Чистая прибыль	Налоговая нагрузка	Эффективность на 1-ом уровне
Вариант 1	5	9,94	2	97	97	100	5249,78	11	0,278
Вариант 2	0,1	11,02	2	96	97	50	22,55	10	0,188
Вариант 3	2	12	2	95	96	50	360	7	0,235
Вариант 4	5	17,7	3	93	94	50	790,11	12	0,238
Вариант 5	5	12,27	1,5	95	95	50	640,22	12	0,180
Вариант 6	4	15,86	4	97	98	30	92	10	0,192
Вариант 7	2	34,79	1,5	94	95	50	1320	13	0,256
Вариант 8	5	23,73	2	94	94	50	30,39	5	0,183
Вариант 9	1,4	20,22	2,5	93	95	50	116,49	5	0,214
Вариант 10	10	16,59	2	98	92	75	227,44	14	0,239
Вариант 11	3	10	3	94	98	80	30	6	0,256
Вариант 12	2	25	3	93	95	100	6,11	3	0,163
Вариант 13	1	12	2,5	96	96	50	3,21	13	0,189
Вариант 14	0,1	10	3	93	94	40	19,91	7	0,226

НАЗАД
РАССЧИТАТЬ

Рисунок 5.3 – Интерфейс «ввод данных» верхнего уровня иерархии СРО.

Источник [разработано автором]

На первом этапе вычислительного эксперимента были получены данные об эффективности или рейтинговые оценки 15-ти предприятий на нижнем уровне иерархии. Результаты расчёта на нижнем уровне иерархии размещены в *приложении Б*. По этим результатам можно определить «рейтинг» каждой компании в рамках своего вида производственной деятельности (таблица 5.12), на следующем этапе получить нормированное значение «эффектов» от каждого предприятия на высшем уровне иерархии (таблица 5.13)

Таблица 5.12 - «Рейтинг» каждой компании в рамках своего вида производственной деятельности. Источник: [разработано автором]

ТЛП	ТК	ТЭК	ЭК
1	0,288	0,192	0,256
2	0,188	0,256	0,163
3	0,235	0,183	0,189
4	0,238	0,214	0,226
5	0,180	0,239	0,394

Таблица 5.13 - Нормированное значение эффективности каждого предприятия высшем уровне иерархии. Источник: [разработано автором]

ТЛП	ТК	ТЭК	ЭК
1	0,081	0,056	0,075
2	0,055	0,075	0,048
3	0,068	0,053	0,055
4	0,069	0,062	0,066
5	0,052	0,070	0,115

На следующем этапе порядок вычислений и вывода результатов СРО управляется с помощью диалогового «окна» (рисунок 5.4)





<b>9</b>	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0498</b>
<b>10</b>	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0958</b>
<b>11</b>	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0692</b>
<b>12</b>	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0526</b>
<b>13</b>	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889	<b>0,0567</b>
<b>14</b>	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0590</b>
<b>15</b>	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	<b>0,0501</b>

P3 > P2 > P1 > P4 > P5 > P6 > P7 > P8 > P9

c	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889
2	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
3	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
4	0,1556	0,1556	0,1556	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
5	0,1556	0,1556	0,1556	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
6	0,1556	0,1556	0,1556	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
7	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889
8	0,1556	0,1556	0,1556	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
9	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
10	0,1556	0,1556	0,1556	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
11	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
12	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889
13	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889
14	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
15	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111

Рисунок 5.6 – Выборка результатов расчётов ВК.

Источник [разработано автором]

Таблица 5.16 - Выборка результатов расчётов ВК и отклика функции «ценности».

Источник: [разработано автором]

	$P_3(A) > P_2(A) > P_1(A) > P_4(A) > P_5(A) > P_6(A) > P_7(A) > P_8(A) > P_9(A)$									
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>	A <sub>9</sub>	S
<b>1</b>	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889	<b>0,1462</b>
<b>2</b>	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0600</b>
<b>3</b>	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0648</b>
<b>4</b>	0,1556	0,1556	0,1556	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0719</b>
<b>5</b>	0,1556	0,1556	0,1556	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0807</b>
<b>6</b>	0,1556	0,1556	0,1556	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0566</b>
<b>7</b>	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889	<b>0,0753</b>

<b>8</b>	0,1556	0,1556	0,1556	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0599</b>
<b>9</b>	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0498</b>
<b>10</b>	0,1556	0,1556	0,1556	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0918</b>
<b>11</b>	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0647</b>
<b>12</b>	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0526</b>
<b>13</b>	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889	<b>0,0567</b>
<b>14</b>	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0545</b>
<b>15</b>	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	<b>0,0501</b>

P4 > P2 > P3 > P1 > P5 > P6 > P7 > P8 > P9

c	1	2	3	4	5	6	7	8	9
▶ 1	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889
2	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
3	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
4	0,1389	0,1389	0,1389	0,1389	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
5	0,1389	0,1389	0,1389	0,1389	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
6	0,1389	0,1389	0,1389	0,1389	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
7	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889
8	0,1389	0,1389	0,1389	0,1389	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
9	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
10	0,1389	0,1389	0,1389	0,1389	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
11	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
12	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889
13	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889
14	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
15	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111

Рисунок 5.7 – Выборка результатов расчётов ВК.

Источник [разработано автором]

Таблица 5.17 - Выборка результатов расчётов ВК и отклика функции «ценности».

Источник: [разработано автором]

	<b>P<sub>4</sub>(A) &gt; P<sub>2</sub>(A) &gt; P<sub>3</sub>(A) &gt; P<sub>1</sub>(A) &gt; P<sub>5</sub>(A) &gt; P<sub>6</sub>(A) &gt; P<sub>7</sub>(A) &gt; P<sub>8</sub>(A) &gt; P<sub>9</sub>(A)</b>									
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>	A <sub>9</sub>	S
<b>1</b>	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889	<b>0,1462</b>
<b>2</b>	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0592</b>
<b>3</b>	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0639</b>
<b>4</b>	0,1389	0,1389	0,1389	0,1389	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0716</b>
<b>5</b>	0,1389	0,1389	0,1389	0,1389	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0793</b>
<b>6</b>	0,1389	0,1389	0,1389	0,1389	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0570</b>
<b>7</b>	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889	<b>0,0753</b>

<b>8</b>	0,1389	0,1389	0,1389	0,1389	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0595</b>
<b>9</b>	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0498</b>
<b>10</b>	0,1389	0,1389	0,1389	0,1389	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0894</b>
<b>11</b>	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0662</b>
<b>12</b>	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0526</b>
<b>13</b>	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889	<b>0,0567</b>
<b>14</b>	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0559</b>
<b>15</b>	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	<b>0,0501</b>

P5 > P2 > P3 > P4 > P1 > P6 > P7 > P8 > P9

c	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889
2	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
3	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
4	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
5	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
6	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
7	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889
8	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
9	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
10	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
11	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
12	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889
13	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889
14	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
15	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111

Рисунок 5.8 – Выборка результатов расчётов ВК.

Источник [разработано автором]

Таблица 5.18 - Выборка результатов расчётов ВК и отклика функции «ценности».

Источник: [разработано автором]

	<b>P<sub>5</sub>(A) &gt; P<sub>2</sub>(A) &gt; P<sub>3</sub>(A) &gt; P<sub>4</sub>(A) &gt; P<sub>1</sub>(A) &gt; P<sub>6</sub>(A) &gt; P<sub>7</sub>(A) &gt; P<sub>8</sub>(A) &gt; P<sub>9</sub>(A)</b>									
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>	A <sub>9</sub>	S
<b>1</b>	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889	<b>0,1462</b>
<b>2</b>	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0592</b>
<b>3</b>	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0639</b>
<b>4</b>	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0715</b>
<b>5</b>	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0784</b>
<b>6</b>	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0572</b>
<b>7</b>	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889	<b>0,0753</b>

<b>8</b>	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0593</b>
<b>9</b>	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0522</b>
<b>10</b>	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0878</b>
<b>11</b>	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0665</b>
<b>12</b>	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0526</b>
<b>13</b>	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889	<b>0,0567</b>
<b>14</b>	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0560</b>
<b>15</b>	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	<b>0,0501</b>

P6 > P2 > P3 > P4 > P5 > P1 > P7 > P8 > P9

c	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889
2	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
3	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
4	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889
5	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889
6	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889
7	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889
8	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889
9	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
10	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889
11	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
12	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
13	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889
14	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
15	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111

Рисунок 5.9 – Выборка результатов расчётов ВК.

Источник [разработано автором]

Таблица 5.19 - Выборка результатов расчётов ВК и отклика функции «ценности».

Источник: [разработано автором]

	<b>P<sub>6</sub>(A) &gt; P<sub>2</sub>(A) &gt; P<sub>3</sub>(A) &gt; P<sub>4</sub>(A) &gt; P<sub>5</sub>(A) &gt; P<sub>1</sub>(A) &gt; P<sub>7</sub>(A) &gt; P<sub>8</sub>(A) &gt; P<sub>9</sub>(A)</b>									
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>	A <sub>9</sub>	S
<b>1</b>	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889	<b>0,1462</b>
<b>2</b>	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0581</b>
<b>3</b>	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0629</b>
<b>4</b>	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0711</b>
<b>5</b>	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0775</b>
<b>6</b>	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0562</b>
<b>7</b>	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889	<b>0,0753</b>

<b>8</b>	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0588</b>
<b>9</b>	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0509</b>
<b>10</b>	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0875</b>
<b>11</b>	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0688</b>
<b>12</b>	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0630</b>
<b>13</b>	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889	<b>0,0567</b>
<b>14</b>	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0540</b>
<b>15</b>	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	<b>0,0501</b>

P7 > P2 > P3 > P4 > P5 > P6 > P1 > P8 > P9

c	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
2	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
3	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
4	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889
5	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889
6	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889
7	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
8	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889
9	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
10	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889
11	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
12	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889
13	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889
14	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
15	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111

Рисунок 5.10 – Выборка результатов расчётов ВК.

Источник [разработано автором]

Таблица 5.20 - Выборка результатов расчётов ВК и отклика функции «ценности».

Источник: [разработано автором]

	<b>P<sub>7</sub>(A) &gt; P<sub>2</sub>(A) &gt; P<sub>3</sub>(A) &gt; P<sub>4</sub>(A) &gt; P<sub>5</sub>(A) &gt; P<sub>6</sub>(A) &gt; P<sub>1</sub>(A) &gt; P<sub>8</sub>(A) &gt; P<sub>9</sub>(A)</b>									
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>	A <sub>9</sub>	D
<b>1</b>	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,2320</b>
<b>2</b>	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0526</b>
<b>3</b>	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0613</b>
<b>4</b>	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889	<b>0,0717</b>
<b>5</b>	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889	<b>0,0773</b>
<b>6</b>	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889	<b>0,0548</b>

7	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0904</b>
8	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889	<b>0,0570</b>
9	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0491</b>
10	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889	<b>0,0855</b>
11	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0600</b>
12	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0512</b>
13	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889	<b>0,0567</b>
14	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0496</b>
15	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	<b>0,0501</b>

P8 > P2 > P3 > P4 > P5 > P6 > P7 > P1 > P9

c	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889
2	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
3	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
4	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889
5	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889
6	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889
7	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889
8	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889
9	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
10	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889
11	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
12	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889
13	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
14	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
15	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111

Рисунок 5.11 – Выборка результатов расчётов ВК.

Источник [разработано автором]

Таблица 5.21 - Выборка результатов расчётов ВК и отклика функции «ценности».

Источник: [разработано автором]

	<b>P<sub>8</sub>(A) &gt; P<sub>2</sub>(A) &gt; P<sub>3</sub>(A) &gt; P<sub>4</sub>(A) &gt; P<sub>5</sub>(A) &gt; P<sub>6</sub>(A) &gt; P<sub>7</sub>(A) &gt; P<sub>1</sub>(A) &gt; P<sub>9</sub>(A)</b>									
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>	A <sub>9</sub>	S
1	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889	<b>0,1456</b>
2	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0601</b>
3	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0626</b>
4	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889	<b>0,0723</b>
5	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889	<b>0,0776</b>

<b>6</b>	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889	<b>0,0554</b>
<b>7</b>	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889	<b>0,0770</b>
<b>8</b>	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889	<b>0,0564</b>
<b>9</b>	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0501</b>
<b>10</b>	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889	<b>0,0861</b>
<b>11</b>	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0642</b>
<b>12</b>	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0519</b>
<b>13</b>	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0653</b>
<b>14</b>	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0548</b>
<b>15</b>	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	<b>0,0501</b>

P9 > P2 > P3 > P4 > P5 > P6 > P7 > P8 > P1

c	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889
2	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
3	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
4	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111
5	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111
6	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111
7	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889
8	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111
9	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
10	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111
11	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
12	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889
13	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889
14	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889
15	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889

Рисунок 5.12 – Выборка результатов расчётов ВК.

Источник [разработано автором]

Таблица 5.22 - Выборка результатов расчётов ВК и отклика функции «ценности».

Источник: [разработано автором]

	<b>P<sub>9</sub> (A) &gt;P<sub>2</sub>(A) &gt;P<sub>3</sub>(A) &gt;P<sub>4</sub>(A) &gt;P<sub>5</sub>(A) &gt;P<sub>6</sub>(A) &gt;P<sub>7</sub>(A) &gt;P<sub>8</sub>(A) &gt;P<sub>1</sub>(A)</b>									
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>	A <sub>9</sub>	S

1	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889	<b>0,1455</b>
2	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0579</b>
3	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0640</b>
4	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	<b>0,0722</b>
5	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	<b>0,0770</b>
6	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	<b>0,0554</b>
7	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,1175	0,0889	0,0889	<b>0,0763</b>
8	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	<b>0,0563</b>
9	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,1289	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0511</b>
10	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	0,1111	<b>0,0857</b>
11	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0671</b>
12	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,1222	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0528</b>
13	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,1139	0,0889	<b>0,0576</b>
14	0,1889	0,1889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0560</b>
15	0,2889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	0,0889	<b>0,0631</b>

### **5.3 Анализ результатов вычислительного эксперимента и формирование рейтинга исследуемых транспортно-логистических предприятий**

#### **5.3.1 Определение рейтинга транспортно-логистических предприятий по видам деятельности**

В соответствии с разработанной в пункте 4.3.1. Методикой были получены результаты расчёта оценок эффективности предприятий транспортно-логистического производства (ТЛП) на первом иерархическом уровне. Оценки эффективности предприятий ТЛП на первом уровне производились отдельно для каждого типа производства (ТК, ТЭК и ЭК) и предполагали исследование эффективности как по специфическим критериям по видам работ, так и по общим для первого уровня критериям целеполагания. При этом соблюдалось требование расположения критерия эффективности на первом иерархическом уровне (специфического или общего), если он в первую очередь отражает интересы объектов исследования, то есть предприятий ТЛП. Результаты определения

рейтинга транспортно-логистических предприятий по видам деятельности представлены на рисунках 5.13, 5.14 и 5.15.

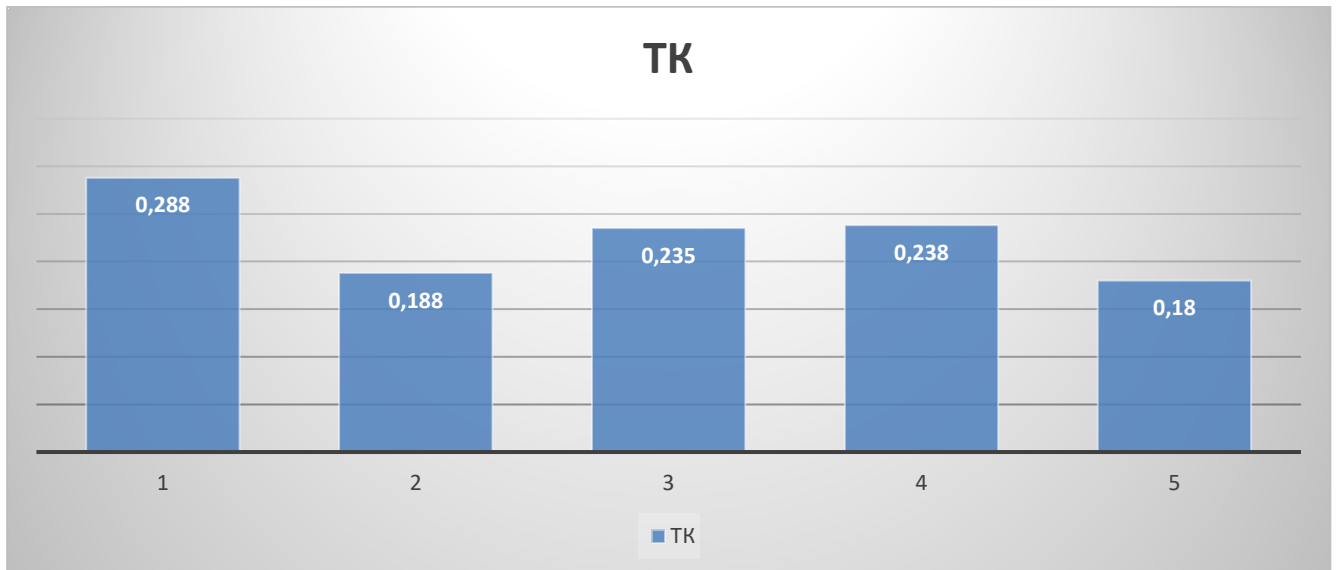


Рисунок 5.13 –Результаты определения рейтинга транспортных компаний.

Источник: [разработано автором]

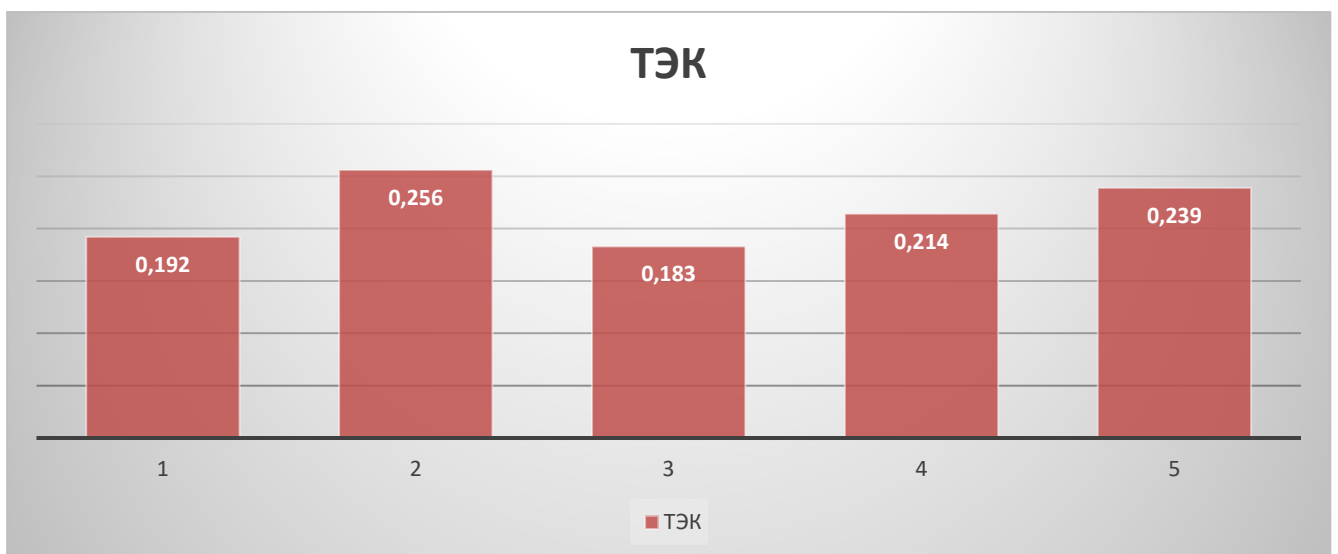


Рисунок 5.14 –Результаты определения рейтинга транспортно-экспедиционных компаний. Источник: [разработано автором]

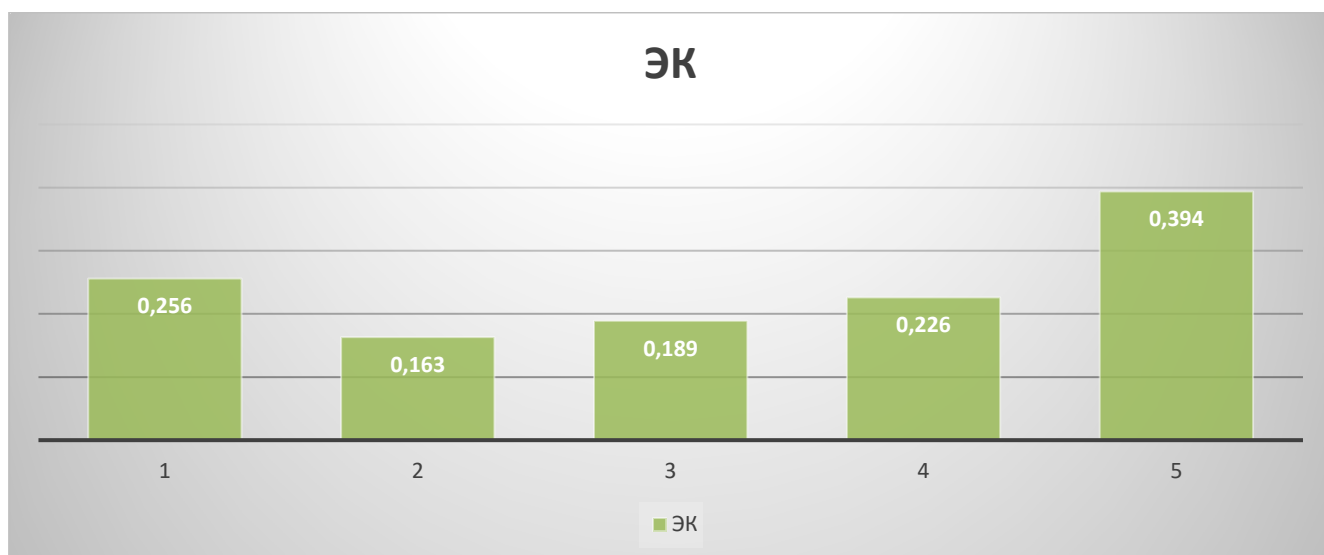


Рисунок 5.15 – Результаты определения рейтинга экспедиционных компаний

Источник: [разработано автором]

Далее в соответствии с разработанной Методикой производится подготовка данных для расчётов в СРО на втором иерархическом уровне. В автоматическом режиме производится процедура нормирования результатов расчёта на первом иерархическом уровне с целью получения приведённых к единой шкале измерений оценок эффективности ТК, ТЭК и ЭК.

Данная процедура позволит получить предварительные объективные (взаимно-взвешенные) оценки эффективности транспортно-логистических предприятий на первом уровне (рисунок 5.16)

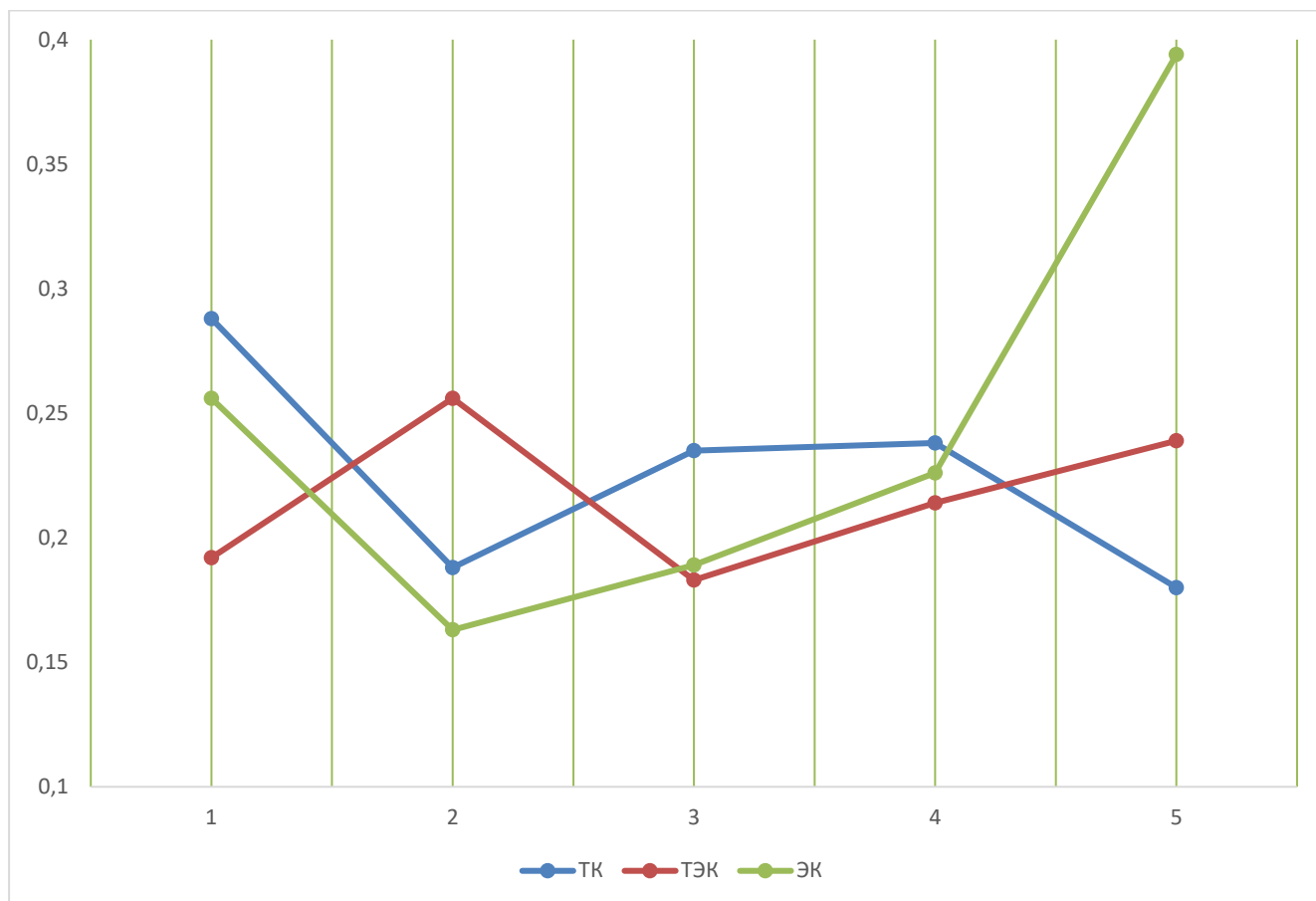


Рисунок 5.16 – Взаимно-взвешенные оценки эффективности транспортно-логистических предприятий на первом иерархическом уровне СРО

Источник [разработано автором]

Согласно данным, представленным на диаграмме 5.16, самое высокое значение функции ценности принадлежит компании ЭК №5. В отдельных подсистемах по видам производства лидерами являются:

- Подсистема ТК – компания №1;
- Подсистема ТЭК – компания №2;
- Подсистема ЭК – компания №5.

### 5.3.2 Определение коэффициентов относительной важности, определяющих влияние отдельных компаний на эффективность транспортно-логистического производства

В данном пункте, помимо определения коэффициентов относительной важности, определяющих влияние отдельных компаний на эффективность транспортно-логистического производства, будет произведена проверка рабочей гипотезы о необходимости при формировании аналитических инструментов СРО исследовать информационные состояния, соответствующие формуле (3.3), а именно:

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_{11} \neq \dots \neq \alpha_{i1} \dots \neq \alpha_{m1} \\ \dots \\ \alpha_{1j} \neq \dots \neq \alpha_{ij} \dots \neq \alpha_{in} \\ \dots \\ \alpha_{1n} \neq \dots \neq \alpha_{mj} \dots \neq \alpha_{mn} \end{array} \right.$$

Физический смысл данного условия заключается в следующем: в условиях неопределенности неизбежно существуют различные системы распределения весовых коэффициентов, удовлетворяющих качеству, декларируемому СРО, и определяющих различные значения эффективности. Тогда в зависимости от принадлежности оптимизируемой системы к той или иной области информационного пространства, определяемого составом факторов возмущения внешней среды, должна формироваться соответствующая оптимальная структура СРО.

Особое значение данное предположение имеет при исследовании ИС, соответствующих второму иерархическому уровню, когда вводимые значения текущих показателей отражают интересы отраслевого характера, то есть когда предприятия сравниваются по критериям эффективности, общим для любого вида транспортно-логистического производства.

В процессе вычислительного эксперимента при использовании ПО, в основу которого положена математическая модель (3.23):

$$a_{ij} = \begin{cases} \frac{\left[1 - \frac{(n-1)(n-k)}{n(n+1)}\right]}{k}, & \text{при } j \leq k, \\ \frac{(n-1)}{n(n+1)}, & \text{при } j > k, \\ k = j, & \text{при } a_{kj} = \max_j a_{ij} \end{cases}$$

отвечающая требованиям постановки задачи с условием (3.3), были получены результаты, выборочно представленные на рисунках 5.17, 5.18 и 5.19. Фрагмент полной совокупности всех решений, полученных с помощью модели (3.23), приведен в *Приложении В*.

На рисунках 5.17, 5.18 и 5.19:

- на шкале абсцисс представлены 15 исследуемых предприятий
- на шкале ординат отложены определенные аналитическим путем значения КОВ.

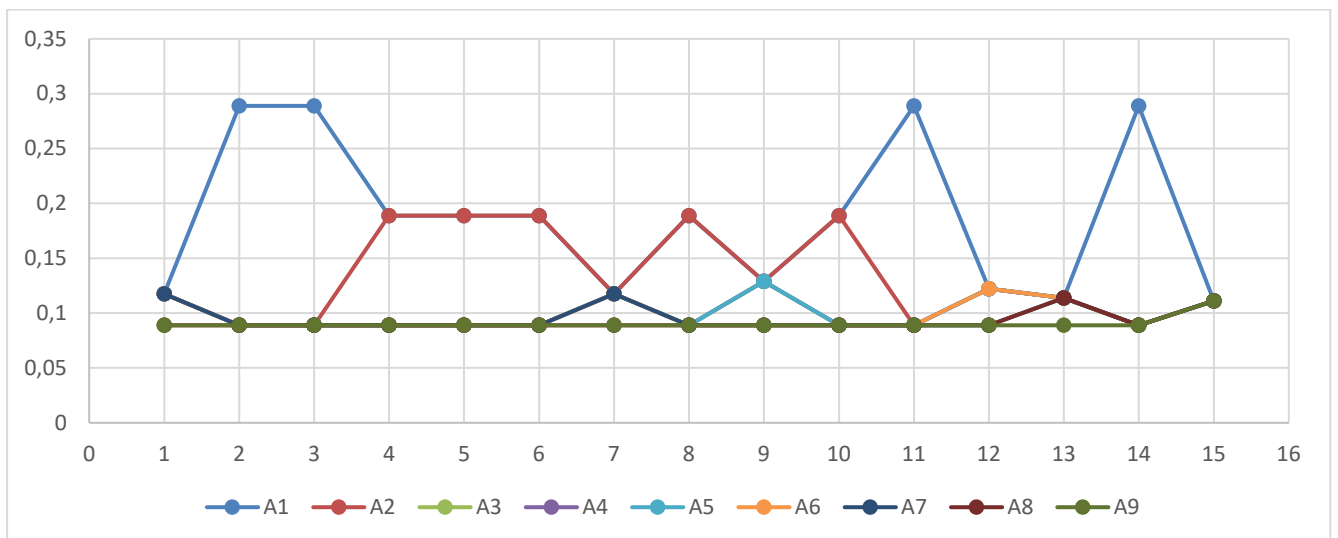


Рисунок 5.17– Результаты расчета КОВ для ИС, соответствующего безусловному критерию предпочтения «приоритет  $P_1(A)$ ». Источник: [разработано автором]

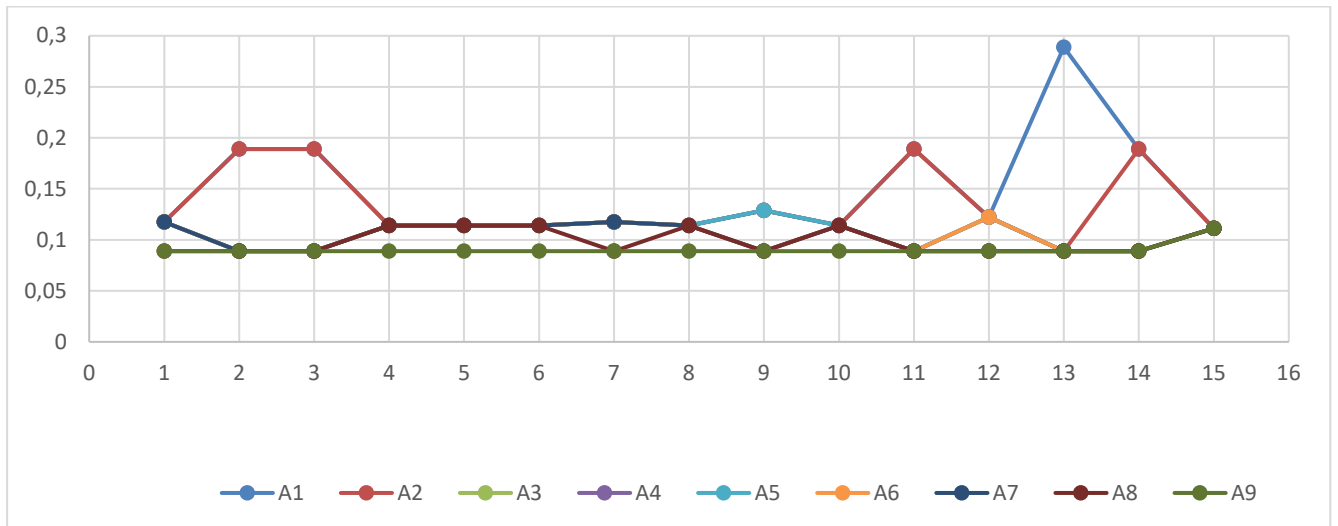


Рисунок 5.18– Результаты расчета КОВ для ИС, соответствующего безусловному критерию предпочтения «приоритет  $P_8(A)$ ». Источник: [разработано автором]

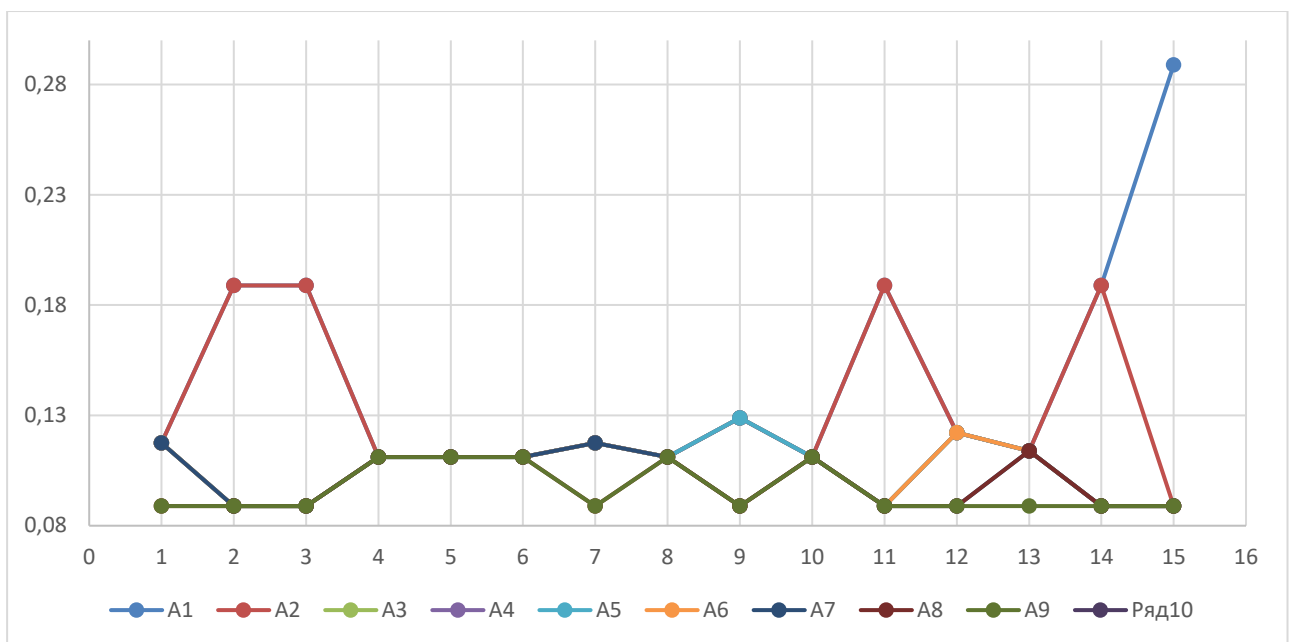


Рисунок 5.19– Результаты расчета КОВ для ИС, соответствующего безусловному критерию предпочтения «приоритет  $P_9(A)$ ». Источник: [разработано автором]

Анализ графиков на данных рисунках говорит о том, что полученные результаты соответствуют условию (3.3) для решаемой задачи оценки эффективности транспортно-логистических компаний. Значения всех полученных КОВ представлены в табл. 5.23.

Таблица 5.23 - Значения всех полученных в результате вычислительного эксперимента КОВ для 9-ти информационных состояний, отражающих установленный набор критериев эффективности

<b>P</b>	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>	<b>A<sub>5</sub></b>	<b>A<sub>6</sub></b>	<b>A<sub>7</sub></b>	<b>A<sub>8</sub></b>	<b>A<sub>9</sub></b>
<b>приоритет P<sub>1</sub>(A)</b>	0,187413	0,13408	0,100747	0,100747	0,100747	0,09808	0,09586	0,092047	0,09038
<b>приоритет P<sub>2</sub>(A)</b>	0,187413	0,13408	0,100747	0,100747	0,100747	0,09808	0,09586	0,092047	0,09038
<b>приоритет P<sub>3</sub>(A)</b>	0,149647	0,149647	0,12298	0,100747	0,100747	0,09808	0,09586	0,092047	0,09038
<b>приоритет P<sub>4</sub>(A)</b>	0,14408	0,14408	0,117413	0,117413	0,100747	0,09808	0,09586	0,092047	0,09038
<b>приоритет P<sub>5</sub>(A)</b>	0,151413	0,13808	0,111413	0,111413	0,111413	0,09808	0,09586	0,092047	0,09038
<b>приоритет P<sub>6</sub>(A)</b>	0,149627	0,136293	0,109627	0,109627	0,109627	0,10696	0,09586	0,092047	0,09038
<b>приоритет P<sub>7</sub>(A)</b>	0,1598	0,133133	0,106467	0,106467	0,106467	0,1038	0,10158	0,092047	0,09038
<b>приоритет P<sub>8</sub>(A)</b>	0,147413	0,13408	0,107413	0,107413	0,107413	0,104747	0,102527	0,098713	0,09038
<b>приоритет P<sub>9</sub>(A)</b>	0,146667	0,133333	0,106667	0,106667	0,106667	0,104	0,10178	0,097967	0,0963

Полученные значения коэффициентов значимости или весомости для отдельного показателя эффективности по каждому из исследуемых критериев для всех исследуемых предприятий позволяют построить график отклика функции ценности КОВ, при которых достигается максимальное значение эффективности системы ТЛП в зависимости от приоритета целеполагания (рисунок 5.20).

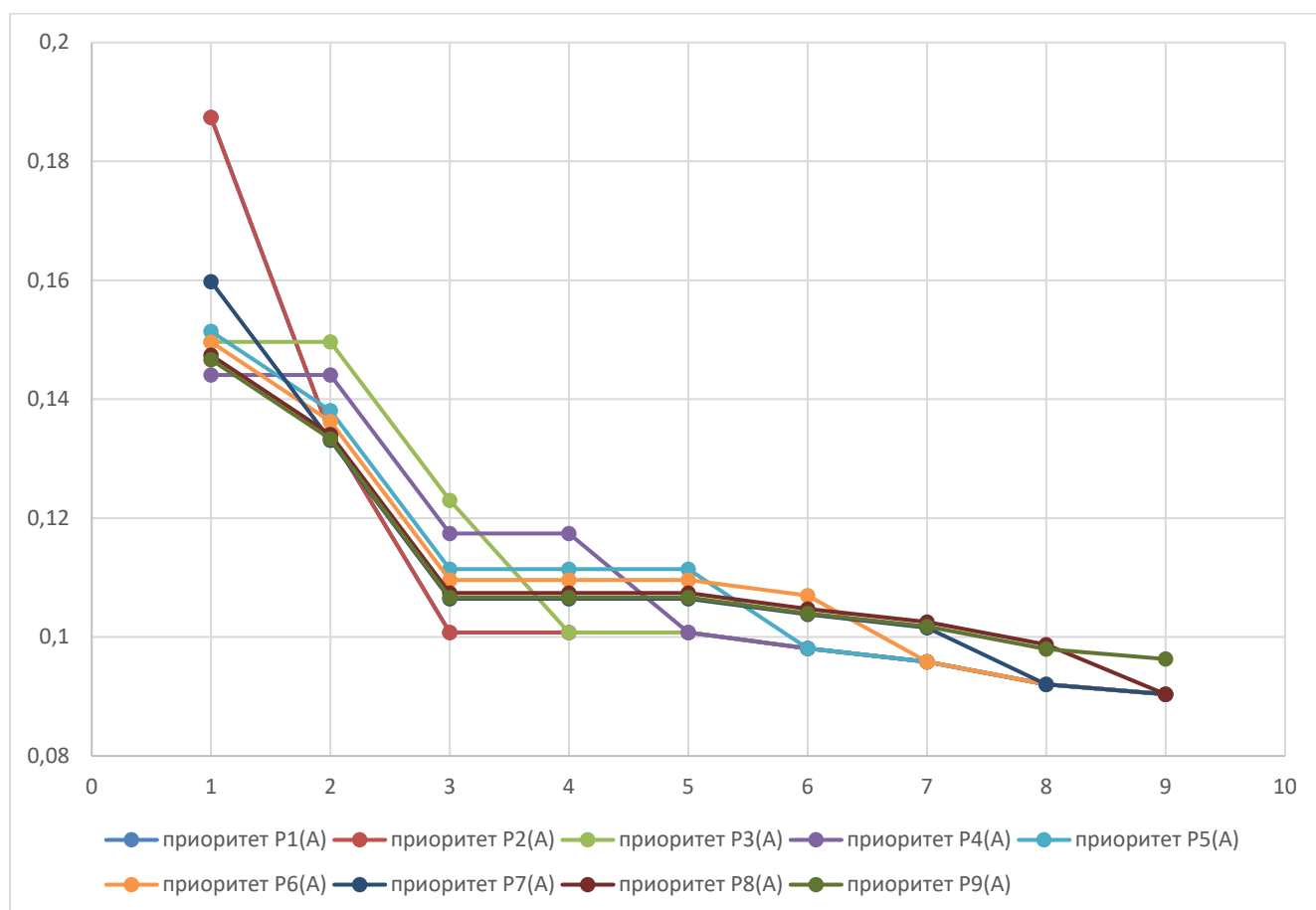


Рисунок 5.20 – Значения КОВ, при которых достигается максимальное значение отклика функции ценности «эффективности системы» в зависимости от приоритета целеполагания. Источник: [разработано автором]

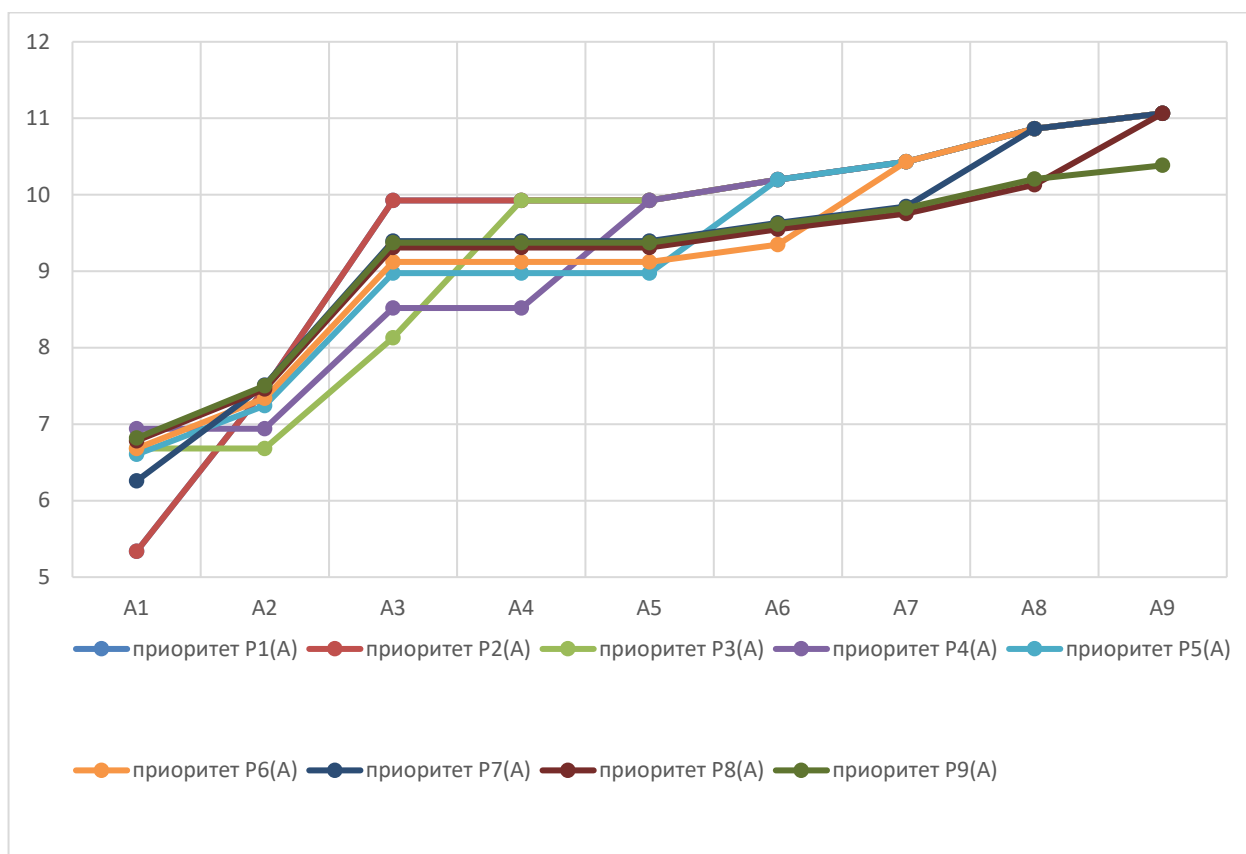


Рисунок 5.21 - Кривая эффективности, обратная уровню неопределённости в системе транспортно-логистического производства при применении полученных оценок

Результаты статистической обработки всей совокупности полученных значений КОВ свидетельствуют о том, что предложенный научный подход для системной оценки эффективности предприятий транспортно-логистического производства полностью соответствует модели определения энтропии (по Шеннону) для измерения неопределенности (3.11).

На рисунке 5.22 представлен график изменения КОВ в зависимости от приоритета целеполагания, соответствующий функциональной модели определения энтропии Шеннона.

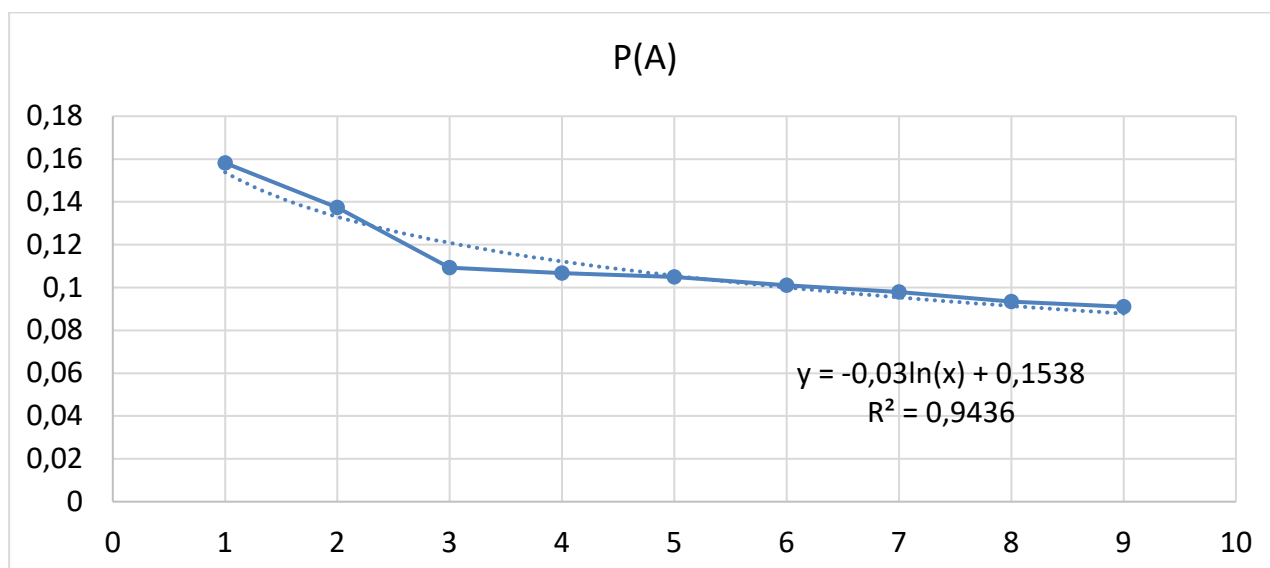


Рисунок 5.22 – График изменения КОВ зависимости от приоритета целеполагания, соответствующий функциональной модели определения энтропии Шеннона. Источник: [разработано автором]

### 5.3.3 Формирование рейтинга оценок транспортно-логистических предприятий в единой системе эффективности отраслевого производства

Финальным этапом применения разработанной Методики в вычислительном эксперименте является формирование рейтинга оценок транспортно-логистических предприятий в единой системе эффективности отраслевого производства. Результаты моделирования на высшем иерархическом уровне СРО в виде откликов функций ценности для 15-ти исследуемых компаний представлены в таблице 5.24 и на рисунке 5.23. Сформированный рейтинг в рамках установленных критериев целеполагания представлен на рисунке 5.24.

Таблица 5.24 – Рейтинговые оценки в виде откликов функций ценности для 15-ти исследуемых компаний

№	Эффективность по отдельным критериям целеполагания									R
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>8</sub>	S <sub>9</sub>	
1	0,1462	0,1462	0,1462	0,1462	0,1462	0,1462	0,232	0,1456	0,1455	<b>0,155589</b>
2	0,0526	0,0611	0,06	0,0592	0,0592	0,0581	0,0526	0,0601	0,0579	<b>0,057867</b>
3	0,0615	0,0652	0,0648	0,0639	0,0639	0,0629	0,0613	0,0626	0,064	<b>0,063344</b>
4	0,0792	0,0739	0,0719	0,0716	0,0715	0,0711	0,0717	0,0723	0,0722	<b>0,072822</b>
5	0,083	0,0801	0,0807	0,0793	0,0784	0,0775	0,0773	0,0776	0,077	<b>0,078989</b>
6	0,0616	0,059	0,0566	0,057	0,0572	0,0562	0,0548	0,0554	0,0554	<b>0,057022</b>
7	0,0753	0,0753	0,0753	0,0753	0,0753	0,0753	0,0904	0,077	0,0763	<b>0,077278</b>
8	0,0665	0,0598	0,0599	0,0595	0,0593	0,0588	0,057	0,0564	0,0563	<b>0,059278</b>
9	0,0498	0,0498	0,0498	0,0498	0,0522	0,0509	0,0491	0,0501	0,0511	<b>0,050289</b>
10	0,1115	0,0958	0,0918	0,0894	0,0878	0,0875	0,0855	0,0861	0,0857	<b>0,091233</b>
11	0,066	0,0692	0,0647	0,0662	0,0665	0,0688	0,06	0,0642	0,0671	<b>0,065856</b>
12	0,0526	0,0526	0,0526	0,0526	0,0526	0,063	0,0512	0,0519	0,0528	<b>0,053544</b>
13	0,0567	0,0567	0,0567	0,0567	0,0567	0,0567	0,0567	0,0653	0,0576	<b>0,057756</b>
14	0,0496	0,059	0,0545	0,0559	0,056	0,054	0,0496	0,0548	0,056	<b>0,054378</b>
15	0,0501	0,0501	0,0501	0,0501	0,0501	0,0501	0,0501	0,0501	0,0631	<b>0,051544</b>

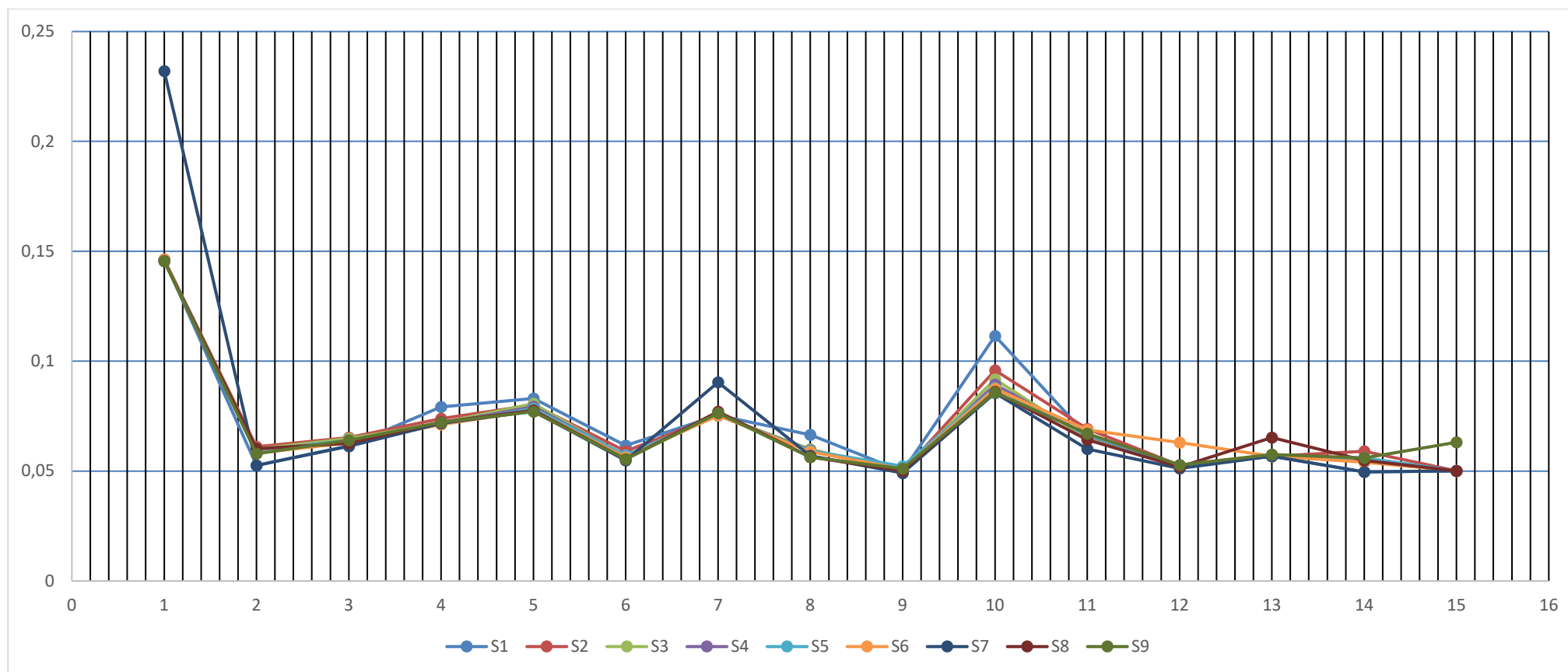


Рисунок 5.23 – График изменения окликов функции ценности исследуемых компаний в единой системе рейтингового оценивания. Источник: [разработано автором]

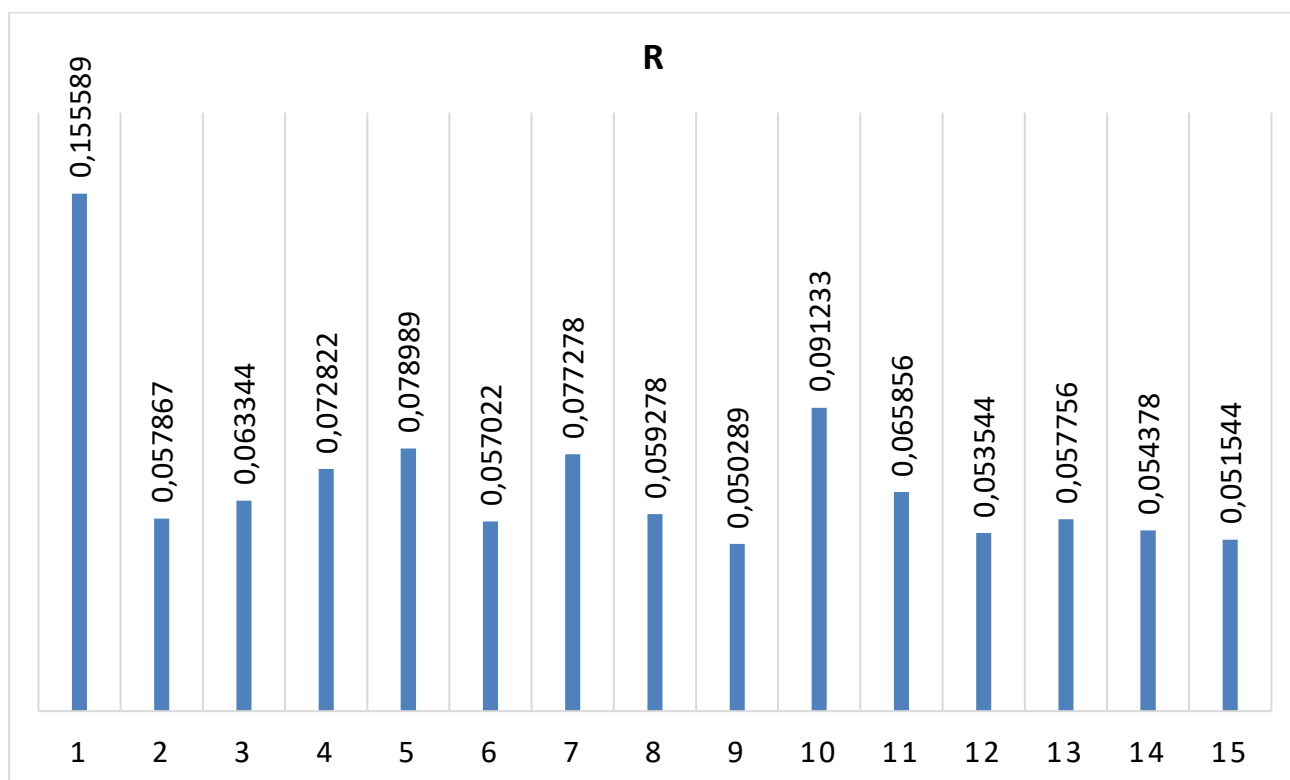


Рисунок 5.24 – Рейтинг (R) компаний в рамках установленных критериев целеполагания в границах исследуемой системы.

Источник: [разработано автором]

### 5.3.4 Разработка единого отраслевого индикатора рейтингового оценивания транспортно-логистических предприятий

Разработанная методология системной рейтинговой оценки эффективности транспортно-логистических предприятий позволяет создать универсальный **единый отраслевой индикатор рейтингового оценивания транспортно-логистического производства (ЕИРО)**. Для разработки ЕИРО используем модель снятия неопределенности в исследуемой многоуровневой системе СРО, представленную в пункте 3.1.

Согласно модели (3.11) и при условии (3.12), если исследуемый параметр для отдельного объекта СРО может принимать в общей сложности  $n_i$  значений, каждое из которых будет иметь некоторую вероятность проявления  $P_{ij}(a_{ij})$ , при  $j = 1 \dots n$ . Тогда мерой неопределенности в СРО будет выражение, в котором в качестве параметра исследования будем рассматривать полученные значения  $S_{ij}(a_{ij})$ , как функции отклика на значения  $P_{ij}(a_{ij})$ . Тогда выражение (3.11) примет вид:

$$H_i(R_s) = - \sum_j^{n_i} S_{ij}(a_{ij}) \ln S_{ij}(a_{ij}) \quad (5.1)$$

для всех  $j = 1 \dots n$ , и при  $0 \leq P_{ij}(a_{ij}) \leq 1$

Результат вычислений по формуле (5.1) всегда является неотрицательной величиной. Сравнение значений (R) и (ЕИРО) представлены в таблице 5.25 и на рисунке 5.25.

Таблица 5.25 – Значения рейтинговой оценки (R) и ЕИРО, рассчитанные на основе результатов вычислительного эксперимента

№	R	ЕИРО
1	0,15589	0,289738
2	0,057867	0,164898
3	0,063344	0,174777
4	0,072822	0,190775
5	0,078989	0,200509
6	0,057022	0,163329
7	0,077278	0,197858
8	0,059278	0,167491
9	0,050289	0,150363
10	0,091233	0,218443
11	0,065856	0,179147
12	0,053544	0,156737
13	0,057756	0,164693
14	0,054378	0,158338
15	0,051544	0,152844

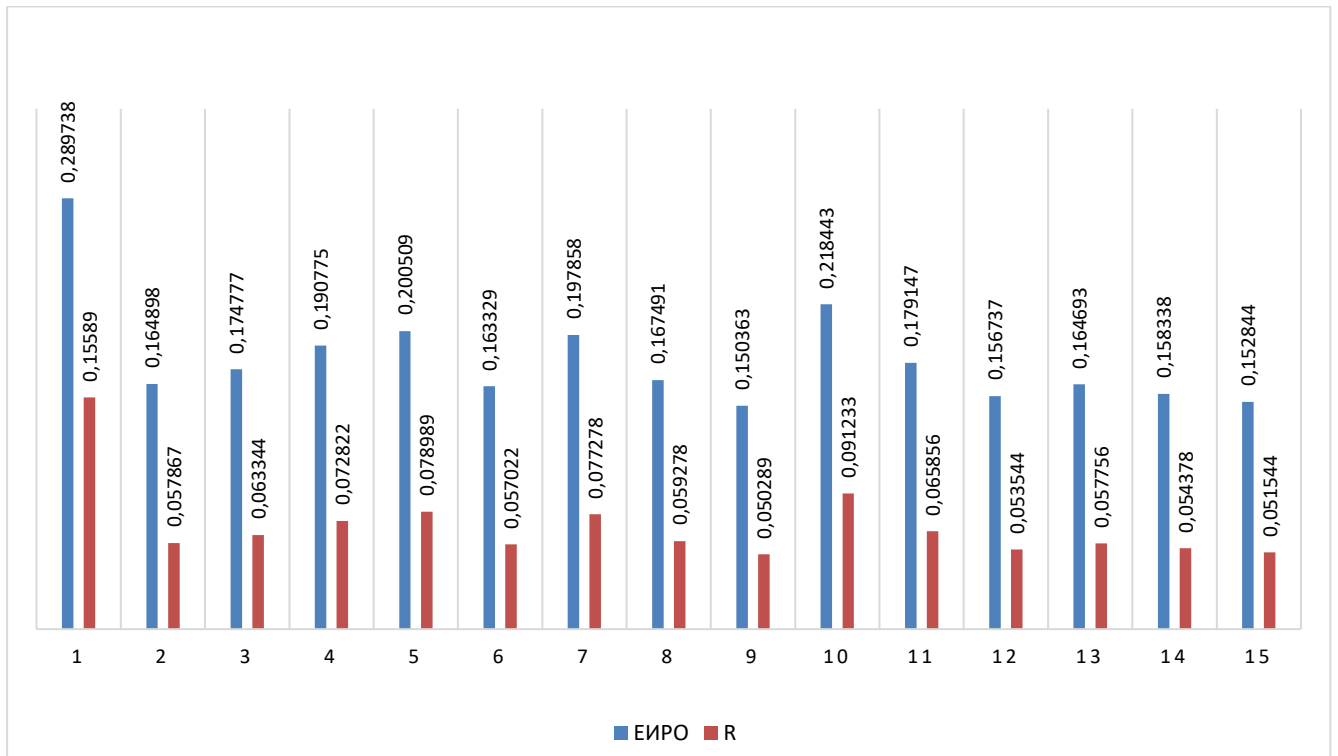


Рисунок 5.25 – Значения Rи ЕИРО, полученные для исследуемых транспортно-логистических компаний. Источник: [разработано автором]

Принципиальное отличие между значением рейтинговой оценки (R) и индексом ЕИРО заключается в том, что ЕИРО является универсальным инструментом. ЕИРО отражает вклад того или иного предприятия в снятие неопределенности в рамках границ исследуемой системы. Это означает, что его можно применять не только для внутрисистемной оценки, но и для сравнения результатов оценки между различными транспортно-логистическими системами, например, для оценки эффективности межвидового взаимодействия различных видов транспорта. Основным достоинством применения (R) и ЕИРО является независимость от субъективных методов экспертного оценивания, что переводит их в класс фактографических методов прогнозирования, преимуществом которых является объективность получаемой информации, а также возможность автоматизации процесса вычислительных прогнозов при применении современных цифровых технологий.

### Выводы по пятой главе

В пятой главе выполнена апробация разработанной методологии системной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий как совокупности разработанных методов, моделей и программного обеспечения, и методик рейтингового оценивания субъектов транспортного-логистического производства в РФ. Произведенный вычислительный эксперимент подтвердил, что применение разработанной методологии позволяет дать объективную количественную оценку, выполнить сравнение и анализ эффективности транспортно-логистических предприятий в целях формирования электронного рейтинга, обеспечивающего объективными данными объекты и субъекты системы транспортно-логистического производства в РФ.

В качестве исходных данных для проведения вычислительного эксперимента принимались данные, представленные ведущими транспортными, транспортно-экспедиционными и экспедиционными компаниями. Важно отметить, что процедура вычислительного эксперимента не является моделью получения данных о показателях эффективности деятельности транспортно-логистических компаний на основании мнений и с привлечением экспертов, а является процедурой констатации значений текущих фактических данных о состоянии эффективности компаний, включаемых в систему рейтинговой оценки предприятий. В рейтинговом оценивании приняло участие 15 компания (5 транспортных компаний, 5 транспортно-экспедиционных компаний и 5 экспедиционных компаний).

В результате проведения вычислительного эксперимента:

1. Определен рейтинг транспортно-логистических предприятий по видам деятельности.
2. Определены коэффициенты значимости влияния отдельных компаний на эффективность транспортно-логистического производства.
3. Сформирован рейтинг оценок транспортно-логистических предприятий в единой системе эффективности отраслевого производства.

Разработанная методология системной рейтинговой оценки эффективности транспортно-логистических предприятий позволяет создать универсальный единый отраслевого индикатор рейтингового оценивания транспортно-логистического производства (ЕИРО). Принципиальным отличием между значением рейтинговой оценки (R) и индексом ЕИРО является то, что ЕИРО является универсальным инструментом. ЕИРО отражает вклад того или иного предприятия в снятие неопределенности в рамках границ исследуемой системы. Это означает, что его можно применять не только для внутрисистемной оценки, но и для сравнения результатов оценки, между различными транспортно-логистическими системами, например, для оценки эффективности межвидового взаимодействия различных видов транспорта. Основным достоинством применения (R) и ЕИРО является независимость от субъективных методов экспертного оценивания, что переводит их в класс фактографических методов прогнозирования, преимуществом которых является объективность получаемой информации, а также возможность автоматизации процесса вычислительных прогнозов при применении современных цифровых технологий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной систематизированной совокупности теоретических и методологических исследований, направленных на выявленную проблему отсутствия и неприменения на практике объективных научных подходов, основанных на аналитических методах оценки эффективности транспортно-логистических предприятий, была разработана методология системной рейтинговой оценки эффективности транспортно-логистического производства. Для решения обозначенной проблемы на основе выполненных научных разработок были решены следующие задачи:

1. Обоснована актуальность и необходимость разработки методологии системной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий, комплексно учитывающей целеполагание устойчивого развития сложной многоуровневой структуры внутри- и межотраслевого взаимодействия, многокритериальной с противоречивым целеполаганием. При этом определено, что исследуемая система рейтингового оценивания (СРО) является: сложной, то есть содержащей большое количество разнородных по количеству и по природе происхождения индикаторов; многоуровневой, так как реализация поставленных целей не может быть достигнута на счёт решения задач в одной плоскости управления; открытой, то есть подверженной значительному влиянию факторов внешней и внутренней среды с неизвестными вероятностными характеристиками (в настоящее время фактически отсутствует достоверное представление законов распределения случайных величин).

2. Разработаны единые принципы и методы оценки эффективности транспортно-логистических предприятий, обеспечивающие репрезентативность и сопоставимость результатов оценки, а также учитывающие высокую степень неопределенности в исследуемой СРО. Разработанный научный подход основан на постулатах теории информационного взаимодействия, а решение научной задачи сводится к разработке антиэнтропийных инструментов. Назначение

антиэнтропийных инструментов в СРО – оценка энтропии (меры неопределенности) в системах транспортно-логистического производства. Учитывая сложность информационного пространства исследуемой открытой системы, то есть подверженной значительному влиянию внешнего факторного пространства, для решения задач исследования применялись аналитические модели теории игр с природой (факторов).

3. Разработана концепция рейтинговой оценки эффективности транспортно-логистических предприятий, основанная на введении нового понятия «транспортно-логистическое производство» (ТЛП), в большей степени отражающего суть и содержание исследуемой проблемы. Основным отличием ТЛП от понятия «транспортно-логистическая деятельность» являются заложенные в неё функции по управлению функционалом исследуемой системы и прогнозированием её эффективного развития. Обосновано, что методы и оценки транспортно-логистического производства необходимо рассматривать в контексте построения моделей прогноза. Разработанная концепция базируется на методах снятия неопределенности в сложных многокритериальных системах, позволяющих синтезировать оптимальную структуру в СРО, отражающая безусловное предпочтение отраслевых интересов системы транспортно-логистического производства над локальными интересами транспортно-логистического производства отдельных элементов или подсистем, в неё входящих.

4. Разработанные методы оценки эффективности объектов в сложных системах по решению многокритериальных задач в условиях неопределенности позволили сформулировать аналитическую модель получения переменных значений весовых коэффициентов текущих показателей ТЛП не только в точках, являющихся узлами пересечения поверхностей (плоскостей) эффективных решений, но и на множестве точек, являющихся результатом пересечения областей декомпозиции информационного пространства по принципу условного предпочтения. Произведенный анализ разработанной аналитической модели определения эффективности в СРО в сравнении с методами-аналогами решения многокритериальных задач, показал, что применение разработанной модели

позволяет найти в условиях неопределенности различные системы распределения весовых коэффициентов, удовлетворяющих качеству, декларируемому СРО, и определяющих более высокие значения системной эффективности ТЛП.

5. Разработанные алгоритмы и программное обеспечение позволяют реализовать в цифровом формате модель разработанной рейтинговой оценки эффективности транспортно-логистических предприятий. Методика применения программного обеспечения оценки эффективности транспортно-логистического производства в СРО дает возможность: построить рейтинги исследуемых предприятий транспортно-логистического производства, основанные на строгих и объективных аналитических моделях, с одной стороны, отражающих интересы всех участников исследуемого процесса, а, с другой стороны, с учетом максимально возможного состояния эффективности исследуемой структуры предприятий и при любом сочетании влияния внешних и внутренних факторов; определять коэффициенты значимости или весомости каждого отдельного показателя эффективности по каждому из исследуемых показателей для всех исследуемых предприятий.

6. Выполненный вычислительный (численный) эксперимент подтвердил, что применение разработанной методологии позволяет дать объективную количественную оценку, выполнить сравнение и анализ эффективности транспортно-логистических предприятий в целях формирования электронного рейтинга, обеспечивающего объективными данными объектов и субъектов системы транспортно-логистического производства в РФ. В качестве исходных данных для проведения вычислительного эксперимента принимались данные, представленные ведущими транспортными компаниями, транспортно-экспедиционными компаниями и экспедиционными компаниями. В рейтинговом оценивании приняло участие 15 компаний (5 транспортных компаний, 5 транспортно-экспедиционных компаний и 5 экспедиционных компаний). Отметим, что процедура вычислительного эксперимента не является моделью получения данных о показателях эффективности деятельности транспортно-логистических компаний на основании мнений и с привлечением экспертов, а является

процедурой констатации значений текущих фактических данных о состоянии эффективности компаний, включаемых в систему рейтинговой оценки предприятий.

7. Разработанная методология системной рейтинговой оценки эффективности транспортно-логистических предприятий позволяет создать универсальный единый отраслевой индикатор рейтингового оценивания транспортно-логистического производства (ЕИРО). Принципиальным отличием между значением рейтинговой оценки (R) и индексом ЕИРО является то, что ЕИРО является универсальным инструментом, отражающим вклад того или иного предприятия в снятие неопределенности в рамках границ исследуемой системы. Это означает, что его можно применять не только для внутрисистемной оценки, но и для сравнения результатов оценки между различными транспортно-логистическими системами, например, для оценки эффективности межвидового взаимодействия различных видов транспорта. Основным достоинством применения (R) и ЕИРО является независимость от субъективных методов экспертного оценивания, что переводит их в класс фактографических методов прогнозирования, преимуществом которых является объективность получаемой информации, а также возможность автоматизации процесса вычислительных прогнозов при применении современных цифровых технологий.

Подводя итог исследования можно констатировать, что разработанная методология является:

1. Инструментом управления, направленным на решение задач устойчивого развития транспортно-логистического производства в соответствии с поставленными отраслевыми целями, является декларативным условием, сформулированным в ряде документов Правительства РФ: «Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, утверждённой Правительством РФ от 27 ноября 2021 года №3363-р и «Стратегические направления в области цифровизации транспортной

отрасли Российской Федерации до 2030 г», утвержденных распоряжением Правительством РФ от 3 ноября 2023 г., № 3097-р.

2. Инструментом перехода к цифровым технологиям при управлении транспортной отраслью и может быть интегрирована в проект создания единого электронного реестра автоперевозчиков грузов «ГосЛог», функционалом которого является создание единой базы данных о грузоперевозчиках, транспортно-логистических компаниях и сведениях о перевозимых в стране грузах и интеграция НЦТЛП с аналогичными системами в Китае и Индии в целях эффективной организации транспортного производства.

Поэтому выполненное диссертационное исследование в совокупности полученных теоретических и практических результатов можно квалифицировать как новое крупное научное достижение, направленное на решение теоретико-прикладной проблемы повышения эффективности транспортного комплекса РФ и имеющее важное хозяйственное значение для развития экономики России.

**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ**

БКП – безусловный критерий предпочтения

ЛПР – лицо принимающее решение

ЛТС – логистическая транспортная система

НЦТЛП – Национальная цифровая транспортно-логистическая платформа

ПО – программное обеспечение

ПРР – погрузочно-разгрузочные работы

СОА – системно ориентированная архитектура

СРО – система рейтингового оценивания

ТЛК – транспортно-логистическая компания

ТЛП – транспортно-логистическое производство

ТК – транспортная компания

ТЭК – транспортно-экспедиционная компания

ЭК – экспедиционная компания

УКП – условный критерий предпочтения

ЦС – цифровой сервис

ЕИРО – единый индикатор рейтингового оценивания

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. «Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, Постановление Правительством РФ утверждённое от 27 ноября 2021 года №3363-р.
2. «Стратегические направления в области цифровизации транспортной отрасли Российской Федерации до 2030 г», утвержденные распоряжением Правительством РФ от 3 ноября 2023 г., № 3097-р.
3. Указ Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 «О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации».
4. Указ Президента Российской Федерации от 13 мая 2017 г. №208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года»
5. Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 года № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации»
6. Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской федерации на период до 2030 года».
7. «ГосЛог» Национальная цифровая транспортно-логистическая платформа (НЦТПЛ)/TADVISER. Государство. Бизнес. Технологии. Электронный ресурс. Режим доступа //https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:ГосЛог\_. Дата обращения. 27.05.2024 г.
8. Канторович, Л. В. Математика в экономике: достижения, трудности, перспективы / Л. В. Канторович. – Ростов-на-Дону: Мапрекон, 2010. – 19 с.
9. Шаталин, С.С. Пропорциональность общественного производства: (Очерк теории и методологии планирования)/ С.С. Шаталин— М.: Экономика, 1968.— 215 с.
10. Шаталин, С.С. Принципы и проблемы оптимального планирования народного хозяйства. / С.С. Шаталин — М., 1971.

11. Шаталин, С.С. Интенсивный тип социалистического расширенного воспроизводства. / С.С. Шаталин — М.: о-во Знание РСФСР, 1978. — 45 с.
12. Шаталин, С.С. Экономика СССР – единый народнохозяйственный комплекс. / С.С. Шаталин — М.: Знание, 1980.
13. Анохин, П. К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем / П.К.Анохин. – Москва: Директ-Медиа, 2008. – 131 с.
14. Методы народнохозяйственного прогнозирования/А.И. Анчишкин, Ю.В. Яременко, [и др.]; под ред. Н.П. Федоренко [и др.]. М.: Наука, 1985 г. 472 с.
15. Архипов, В. М. Стратегическое планирование/В.М. Архипов. - СПб, Изд-во СПуУЭФ, 1992
16. Стратегический менеджмент: учеб. пособие / В. М. Архипов, О. Р. Верховская, М. А. Соловьев - [СПб.] : изд-во СПуУЭФ, 2004 (- 276 с. :
17. Мильнер, Б.З. Теория организации: учебник, 2-изд. перераб. и доп. /Б.З. Мильнер. -М.: ИНФРА-М, 2011. 480 с.
18. Рапопорт, В.С. Методы совершенствования организационных структур управления. /В.С. Рапопорт, М.З. Дулькин. -М.: АНХ, 1987 г. 126 с.
19. Виханский, О.С. Стратегическое управление. 2-изд. перераб. и доп. /О.С. Виханский. -М.: Гардарика, 2000 г. 296 с.
20. Каплан, Р.С. Стратегическая система показателей. От стратегии к действию/Р.С. Каплан, Д.П. Нортон. Пер. с англ. -М.: Олимп-бизнес, 2004. 210 с.
21. Каплан, Р.С. Стратегические карты. Трансформация нематериальных активов в материальные результаты /Р.С. Каплан, Д.П. Нортон. Пер. с англ. -М.: Олимп-бизнес, 2005. 512 с.
22. Смейл, С. Глобальный анализ и экономика. I. Оптимум по Парето и обобщенная теория Морса. т 27, вып. 3 (165). – УМН, 1972, - С. 177-187.
23. Подиновский, В.В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В.В. Подиновский, В.Д. Ногин. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 256 с.
24. Подиновский В.В. Эффективные планы в многокритериальных задачах принятия решений в условиях неопределенности. – В кн.: Многокритериальные

задачи принятия решений /В.В. Подиновский. – М.: Машиностроение, 1978 г. С. 102-113

25. Ногин В.Д. Критерии существования решений в конечномерной задаче многоцелевой оптимизации /В.Д. Ногин. Вестник ЛГУ, сер. Математика механика и астрономия, №7, 1980 г., С.27-32.

26. Черноруцкий И.Г. Методы принятия решений / И.Г. Черноруцкий. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.

27. Эрроу К. Дж. Допустимые точки выпуклых множеств. – В кн.: Матричные игры / К. Дж. Эрроу, Е.В. Баранкин, Д. Блекуэлл. – М.: Физматгиз, 1961 г., С. 274-280.

28. Hiroki Sayama. Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems. — Open SUNY Textbooks, Milne Library. State University of New York at Geneseo, 2015. - 498p.

29. Хемди А. Введение в исследование операций/ Хемди А. Таха. – М.: ИД «Вильямс», 2005. – 912 с.

30. Беллман, Р. Некоторые вопросы математической теории процессов управления : пер. с англ. В. В. Величенко и Л. А. Тененбаума / Р. Беллман, И. Гликсберг, О. Гросс; под ред. М. А. Айзермана, Р. В. Гамкрелидзе. — М.: Изд-во иностр. лит., 1962. — 336 с.

31. Вильсон, А. Энтропийные методы моделирования сложных систем: пер. с англ. / А. Вильсон. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1978. — 248 с.

32. Заде, Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений/ Л. А. Заде. — М.: Мир, 1976. — 165 с.

33. Мартин, Н. Математическая теория энтропии: пер. с англ. В. А. Каймановича / Н. Мартин, Д. Ингленд; под ред. А. М. Вершина. — М.: Мир, 1988. —350 с.

34. Саати, Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Саати, К. Кернс. Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1991. - 224 с.

35. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе/Т. Саати. -М.: Радио и связь, 1993. -278 с.

36. Саати, Томас Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети / Томас Л. Саати. Пер. с англ., науч. ред. А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 360 с.
37. Таха. Введение в исследование операций / Таха, А. Хэмди. – М.: Мир, 2001, – С. 354-370.
38. Таха. Введение в исследование операций / Таха, Хемди А. – М.: ИД «Вильямс», 2005. – 912 с.
39. РОССТАТ. Федеральная служба государственной статистики. Транспорт. Электронный ресурс/ Режим доступа. <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport>. Дата обращения 24.10.2023 г.
40. I.Finance. ВВП России по годам: 1991 – 2024. Электронный ресурс/ Режим доступа. <http://global-finances.ru/vvp-rossii-po-godam/> Дата обращения 21.05.2024 г.
41. Прогноз экономики России за период 2018 по 2024 г. Электронный ресурс/ Режим доступа. <https://www.kubsu.ru/sites/default/files/users/21431/portfolio/prezentaciya.pdf> Дата обращения 11.06.2024 г.
42. Вельможин, А. В. и др. Теория организации и управления автомобильными перевозками: логистический аспект формирования перевозочных процессов / А.В. Вельможи, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин. - Волгоград: РПК «Политехник», 2001. - 177 с.
43. Рассоха, В.И. Ситуационное управление автотранспортными системами (Ч. 1. Системная эффективность эксплуатации автомобильного транспорта) / В.И. Рассоха // Вестник Оренбургского государственного университета (ОГУ). - 2009. - № 9. - С. 148–153.
44. Рассоха, В.И. Ситуационное управление автотранспортными системами (Ч. 2. Синтез системы управления) / В.И. Рассоха // Вестник ОГУ. - 2009. - № 10. - С. 144–150.
45. Николин, В. И. Грузовые автомобильные перевозки / В. И. Николин, Е. Е. Витвицкий, С. М. Мочалин. – Омск: Вариант-Сибирь, 2004. – 480 с.

46. Грузовые автомобильные перевозки: учебник для вузов / А.В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Куликов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 560 с.
47. Горев А.Э. Грузовые автомобильные перевозки: учеб. пособие. 5-е изд. /А.Э. Горев. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 288 с.
48. Лазич, Ю.В. Тенденции развития отрасли автомобильных грузоперевозок в России/ Ю.В. Лазич, И.Н. Попова//Трансформация социально-экономической системы. BENEFICUM. 2020 4(37). С 19-27.
49. Мишарин, А.С. Актуализация Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года / А.С. Мишарин, О.В. Евсеев//Транспорт Российской Федерации» № 2 (45) 2013 г, С 4-13.
50. Гавриленко, Н.Г. Состав и структура автотранспортной системы Российской Федерации/ Н.Г. Гавриленко, С.А. Бородулина// Наука о человеке. Гуманитарные исследования. Раздел 3. Экономические науки №1(39) 2020. С 217-225.
51. Гавриленко Н. Г. Инновационные изменения на автомобильном транспорте в контексте циклического развития экономической системы/Н.Г. Гавриленко // Вестник СибАДИ: Научный рецензируемый журнал. Омск: СибАДИ, 2014. № 1. С. 132–136.
52. Транспорт в России. 2018: Статистический сборник. / Росстат. М.,2018. 101 с.
53. Малое и среднее предпринимательство в России. 2017: Статистический сборник/Росстат. М., 2017. 78 с.
54. Численность предприятий отрасли грузовых перевозок/ MegaResearch. Маркетинговое агентство / Электронный ресурс. Режим доступа: [https://www.megaresearch.ru/knowledge\\_library/chislennost-predpriyatiy-otrasli-avtomobilnyh-gruzoperevozok-3156](https://www.megaresearch.ru/knowledge_library/chislennost-predpriyatiy-otrasli-avtomobilnyh-gruzoperevozok-3156). Дата обращения 17.09. 2024
55. Носков, А.А. Метод оценки структурной эффективности системы грузовых контейнерных автомобильных перевозок/ А.А. Носков, А.В. Терентьев, А.А. Белехов// Мир транспорта и технологических машин. №... (...), 2024, С. ....

56. Терентьев, А.В. Теоретические основы проектирования цифровой системы контейнерных грузовых автомобильных перевозок/Терентьев А.В., Евтюков С.А., Носков А.А., Грушецкий//Грузовик. 2023. № 8. С. 16-1922

57. Носков, А.А. Генезис системы цифровой трансформации контейнерных грузовых автомобильных перевозок/Носков А.А., Терентьев А.В.//Вестник гражданских инженеров. 2023. № 2 (97). С. 116-120. С.М., Орлов Д.С.// Грузовик. 2023. № 8. С. 16-19.

58. Терентьев, А.В. Синтез оптимальной программы управления качеством принимаемых решений в интеллектуальных системах организации автомобильных перевозок/ Терентьев А.В., Арифуллин И.В., Носков А.А./Вестник //Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2023. № 4 (75). С. 107-216

59. 60% грузов идут по серым схемам. В России создадут реестр транспортных компаний и фур/ Деловой Квартал – Екатеринбург //Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.dk.ru/news/237201515>. Дата обращения 20.09. 2024 г.

60. «60% грузов идут по серым схемам. В России создадут реестр транспортных компаний и фур»/ati.su// Электронный ресурс. Режим доступа: <https://news.ati.su/article/2024/04/11/60-gruzov-idut-po-serym-shemam-v-rossii-sozdadut-reestr-transportnyh-kompanij-i-fur-863340/> Дата обращения 20.09. 2024 г.

61. Сай, В.М. Образование, функционирование и распад организационных сетей: монография / В.М. Сай, С.В. Сизый – Екатеринбург: УрГУПС, 2011. – 270 с.

62. Месарович, М. Общая теория систем: математические основы/ М. Месаревич, И. Такахара – М.: Мир, 1978.

63. Луман, Н. Введение в системную теорию/ Н. Луман// — Из-во «Логос», 2007. - 360 с/

64. Сурмин Ю. П. Теория систем и системный анализ: учеб. пособие / Ю. П. Сурмин. – Киев: МАУП, 2003. – 368 с.

65. Теория систем и системный анализ в управлении организациями. Справочник: учеб. пособие / под ред. В. Н. Волковой и А. А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 848 с.

66. Козырев, А.Н. Цифровая экономика и цифровизация в исторической ретроспективе /А. Н. Козырев// [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://Medium.comCEMI-RAS>, Ноябрь, № 11, 2017 г., дата обращения: 10.05.2021.

67. Negroponte N. Being Digital / N. Negroponte. — NY: Knopf, 1995 [Электронный ресурс]. URL: <http://inance.ru/2017/09/cifrovaya-ekonomika/> (дата обращения: 11.05.2021)

68. Халин, В.Г. Цифровизация и её влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски/ В. Г. Халин, Г. В. Чернова//Власть и экономика: управление и риски. №10, 2018 г. С. 46–63/

69. «Глобальный отчет по информационным технологиям» (The Global Information Technology Report) / [Электронный ресурс]. URL: <http://gtmarket.ru/ratings/networked-readiness-index/networkedreadiness-index-info> (дата обращения: 19.01.2021).

70. Индекс цифровизации экономики и общества DESI (Digital Economy and Society Index) [Электронный ресурс]. URL: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi> (дата обращения: 11.05.2021)/

71. Егоров, В. Д. Методика расчёта производственной программы грузовых автомобильных перевозок для цифровых сервисно-ориентированных моделей управления: дис. ... к-та. техн. наук: 05.22.10, Егоров Владимир Дмитриевич. – Санкт-Петербург, 2022 г, - 161 с.

72. Государственная транспортная политика Российской Федерации. Концепция // Автомобильный транспорт. - 1998. - № 1. - С. 65-72.

73. Государственная транспортная политика Российской Федерации. Концепция // Автомобильный транспорт. - 1998. - № 2. - С. 34-41.

74. Евсюков, М. Надо работать над системой управления автотранспортом/ М. Евсюков // Автомобильный транспорт. - 2001. - № 3. - С. 15- 16.

75. Златин, П. А. На пороге XXI века/ П.А. Златин // Автомобильный транспорт. - 2000.-.№ 1. - С. 15-16.

76. Златин, П. Автотранспорт на рубеже XXI века/П.А. Златин // Автомобильный транспорт. - 2000. - № 8. - С. 6-8.

77. Интеллектуальные транспортные системы. Цифровые инструменты управления транспортом. Материалы III Международная научно-практическая конференция ТРАНСПОРТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЕ БУДУЩЕЕ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТОМ 24 и 25 мая 2018 г., Москва, МАДИ.

78. РОССТАТ. Федеральная служба государственной статистики. Транспорта. Электронный ресурс/ Режим доступа. <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport>. Дата обращения 18.12.2023 г.

79. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 22.11.2008 года №1734-р;

80. Государственная программа Российской Федерации «Развитие транспортной системы», утвержденная Постановлением Правительства Российской Федерации от 20.12.2017 №1596;

81. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной Президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам, Протокол от 24.12.2018 года № 16;

82. Кудж, С.А. Многоаспектность рассмотрения сложных систем/ С.А. Кудж // Перспективы науки и образования. 2014, №1. – С. 38-43.

83. Оуэн, Г. Теория игр/Г. Оуэн. – М.: Мир, 1971. 230 с.

84. Моррис, У. Наука об управлении. Байесовский подход/У. Моррис. – М.: Мир, 1971. 304 с.

85. Хованов, Н.В. Анализ и синтез показателей при информационном дефиците/Н.В. Хованов//. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 1996. – 196 с.

86. Хованов, Н.В. Модели учета неопределенности при построении сводных показателей эффективности деятельности сложных производственных систем. /Н.В. Хованов, Ю.В. Федотов / Научные доклады № 28(R) – 2006, Изд-во СПб.: НИИ менеджмента СПбГУ, 2006. – 37 с.
87. Вагнер Г. Основы исследования операций/ Г. Вангер// Т. 3. - М.: Мир, 1973.-501 с.
88. Янг, С. Системное управление организацией. /С. Янг//- М.: Советское радио, 1972. - 455 с.
89. Живицкая, Е.Н. Методы оценки логистической системы транспортно-экспедиционного комплекса/ Е.Н. Живицкая, А.М. Ярошик// Экономика и управление. Доклад БГИР. №2 (апрель-июнь), 2005 г. С. 123 -135.
90. Ксенофонтова, О.Л. ABC-XYZ – Анализ как средство управления товарным ассортиментом торгового предприятия/О.Л. Ксенофонтова, Н.А. Новосельская//Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. №2(34) 2013 г. С. 70-76.
91. Алесинская, Т.В. Основы логистики. Функциональные области логистического управления/Т.В. Алесинская. - Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. 79 с.
92. Башлачева, Т.А. Оперативное управление запасами в розничной торговле/ Т.А. Башлачева, А.Н. Ильченко // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2011. - №4(28). - С.10-17.
93. Бодряков, Р.Е. ABC и XYZ: составление и анализ итоговой матрицы. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.rombcons.ru/logistik2.htm>
94. Бузукова, Е.А. Анализ ассортимента и стабильности продаж с использованием ABC-анализа и XYZанализа. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://zakup.vl.ru/files/avs\\_i\\_huz\\_analizi.pdf](http://zakup.vl.ru/files/avs_i_huz_analizi.pdf). Дата обращения 04.10.2024

95. ЕДИНЫЙ РЕЕСТР ГРУЗОПЕРЕВОЗЧИКОВ ГОСЛОГ: ПРЕДЛОЖЕНИЯ РЫНКА. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <https://maintransport.ru/novosti/goslog> . Дата обращения 04.10. 2024
96. ЛОГИСТИКА. Исследования. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://logistics.datainsight.ru/research>. Дата обращения 04.10. 2024
97. Маркетинговые исследования. Логистика ТЛУ [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <https://ma-research.ru/markets/logistics.html> Дата обращения 04.10. 2024
98. Грузы произвели настоящий фурор. Стоимость автомобильных перевозок растет. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <https://ma-https://kommersant-ru.turbopages.org/turbo/kommersant.ru/s/doc/6267981> Дата обращения 04.10.2024
99. Статистика цен на перевозки. Индекс ATI.SU FTL РФ. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <https://ati.su/analytics/index>. Дата обращения 04.10. 2024
100. ЭКСПЕРТ. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР. Рейтинг крупнейших транспортно-логистических компаний России. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <https://expert-ural.com/analytics/ratings/rejting-krupneyshih-transportno-logisticheskikh-kom.htm>. Дата обращения 04.10.2024.
101. Индекс производственной активности PMI России. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <https://ru.investing.com/economic-calendar/russian-s-p-global-manufacturing-pmi-1630>. Дата обращения 11.10.2024.
102. Коммерсантъ/Все в семью и оборон. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <https://www.kommersant.ru/doc/7212404>. Дата обращения 05.10. 2024.
103. Ларичев, О. И. Выявление экспертных знаний / О. И. Ларичев, А. И. Мечитов, Е. М. Мошкович, Е. М. Фуремс. – М.: Наука, 1989. – 128 с.
104. Ларичев, О. И. Качественные методы принятия решений. Вербальный анализ решений / О. И. Ларичев, Е. М. Мошкович. – М.: Наука, Физматлит, 1996. – 208 с.

105. Григорьев, Л. И. Экспертные системы и их применение (на примере нефтегазовой геологии) / Л. И. Григорьев, М. С. Арабаджи, И. Т. Гасымов. – М.: Газпром, 1993. – 69 с.
106. Литвак, Б. Г. Экспертные оценки и принятие решений / Б. Г. Литвак. – М.: Патент, 1996. – 271 с.
107. Литвак, Б. Г. Экспертные технологии в управлении / Б. Г. Литвак. – М.: Дело, 2004. – 400 с.
108. Литвак, Б. Г. Экспертная информация: методы получения и анализа / Б.Г. Литвак. – Изд. 2-е, стер. – М.: Исслед. центр проблем качества подгот. специалистов, 2009. – 223 с.
109. Последняя миля для интернет-торговли [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [https://datainsight.ru/sites/default/files/Logistic\\_LastMile\\_2021.pdf](https://datainsight.ru/sites/default/files/Logistic_LastMile_2021.pdf). Дата обращения 14.11. 2024.
110. Доставка крупногабаритных грузов. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://logistics.datainsight.ru/sites/default/files/logistic\\_di\\_kgt\\_2020.pdf](http://logistics.datainsight.ru/sites/default/files/logistic_di_kgt_2020.pdf). Дата обращения 14.11. 2024.
111. По итогам 2022 г. рынок транспортно-логистических услуг в реальных ценах может сократиться на 6,3%. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <https://ma-research.ru/novosti-issledovaniy/item/349-po-itogam-2022-g-rynok-transportno-logisticheskikh-v-realnykh-tsenakh-mozhet-sokratitsya-na-6-3.html>/Дата обращения 14.11. 2024.
112. Джекел, П. Применение методов Монте-Карло в финансах / Пер., под ред. И. Закарян. – М: Интернет-трейдинг, 2004.
113. Сазонов, А.А. Особенности моделей теории принятия решений/А.А. Сазонов // Достижения вузовской науки. – 2015. – № 19. – С. 195-200.
114. Сазонов, А.А. Прогнозирование экономических показателей на основе трендовых моделей/А.А. Сазонов, М.В. Сазонова // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. – 2015. – № 23. – С. 219-224.

115. Сазонов, А.А. Теоретический анализ особенностей оценки инвестиционных проектов/А.А. Сазонов, А.С. Зинченко, М.В. Юдин// Вестник Университета (Государственный университет управления). – 2016. – № 2.

116. Динер, И.Я. Исследование операций / И.Я. Динер. – Ленинград: ВМОЛУА, 1969. – 606 с.

117. Вентцель, Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология / Е.С. Вентцель. - М.: Высшая школа, 2001. - 208 с.

118. Терентьев, А.В. Методы районирования, как методы оптимизации автотранспортных процессов / А.В. Терентьев, Д.Б. Ефименко, М.Ю. Карелина // Вестник гражданских инженеров. – СПб: СПбГАСУ, 2017. № 6 (65). С. 291-294.

119. Прудовский, Б.Д. Методы определения множества Парето в некоторых задачах линейного программирования/ Б.Д. Прудовский, А.В. Терентьев // Записки Горного института. Том 211. – СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2015. С. 86-90

120. Терентьев, А.В. Векторная оптимизация / А.В. Терентьев, Б.Д. Прудовский //Материалы 2-ой международной научно-практической конференции. Инновационные системы планирования и управления на транспорте и в машиностроении. –СПб.: НМСУ «Горный», 2014, – С. 64-66.

121. Терентьев, А.В. Методы принятия решений в условиях неопределённого состояния «внешней среды» / А.В. Терентьев, Б.Д. Прудовский // Транспортное планирование и моделирование: сб. трудов Международной научно-практической конференции (26-27 мая 2016) СПбГАСУ. – СПб., 2016. С. 145-149.

122. Терентьев, А.В. Развитие метода районирования / А.В. Терентьев // Материалы 4-ой международной научно-практической конференции. Инновации на транспорте и в машиностроении. – СПб.: НМСУ «Горный», 2016. – С. 127-130

123. Терентьев, А.В. Методы решения автотранспортных задач [Электронный ресурс] / А.В. Терентьев // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; - Режим доступа: <http://www.science-education.ru/125-19863>

124. Аналитические методы снятия неопределённости – основа цифровизации автотранспортного производства. А.В. Терентьев, С.С. Евтюков, Е.А. Карелина, Е.В. Куракина/ - СПб: Издательский дом «Петрополис», 2018 г. - 210 с.
125. Методика расчёта рейтинга | Банки.ру [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.banki.ru/services/responses/methodology/>.
126. A method for multi-criteria evaluation of the complex safety characteristic of a road vehicle / Terentyev A., Evtiukov S., Karelina M. // Transportation Research Procedia. 2017. Vol. 36, p. 149-156.
127. Enhancement of economic efficiency of transport performance using multi-criteria estimation / Moiseev V.V., Terentiev A.V., StroeV V.V., Karelina M.Yu. // Advances in Economics, Business and Management Research. 2018. Vol. 61, p. 167-171.
128. Development of Zoning Method for Solving Economic Problems of Optimal Resource Allocation to Objects of Various Importance in Context of Incomplete Information/ Terentiev A.V., S.S Yevtukov, E.A. Karelina // Advances in Economics, Business and Management Research, volume 128. International Scientific Conference "Far East Con" (ISCFEC 2020). pp 765-772.
129. Лотов, В.А. Многокритериальные задачи принятия решений: учебное пособие / В.А. Лотов, И.И. Поспелова. – М: МАКС Пресс, 2008. – 197 с.
130. Ногин, В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде. Количественный подход / В.Д. Ногин. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. –176 с.
131. Колесников, А.А. О синтезе оптимального комбинированного управления/А.А. Колесников//Приборостроение. 1975. №5. С.47-51.
132. Колесников, А.А. Построение системы автоматизированного управления, оптимальных по совокупности качеств/ А.А. Колесников// Изв. ВУЗов. Электромеханика. 1975. №10. С. 1104-1110.
133. Гермейер, Ю.Б. О свертывании критериев при наличии неопределенности в параметрах свертывания/ Ю.Б. Гермейер// Кибернетика на службе коммунизма. -М.: Энергия. 1971. С. 19-28.

134. Гуткин, Л.С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества/Л.С. Гуткин. -М.: Советское радио. 1975 г.
135. Военно-научные исследования и разработка вооружения и военной техники. Часть 1 / Л.А. Мартыщенко, Л.Е. Филюстин, Е.С. Голик, Л.А. Клавдиев; под ред. Л.А. Мартыщенко. – М.: МО РФ, 1993. 302 с.
136. Петровский, А. Б. Теория принятия решений [Текст]: учебник / А. Б. Петровский. – М.: Академия, 2009. – 400 с.
137. Томакова, Р. А. Методы и алгоритмы теории принятия решений [Текст]: учебное пособие / Р. А. Томакова, В. В. Апальков; Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск: ЮЗГУ, 2015. – 164 с.
138. Бродецкий, Г.Л. Возможности метода последовательных уступок при выборе решения по многим критериям / Г.Л. Бродецкий, Д.А. Гусев, О.А. Мазунина, А.В. Фель // Логистика и управление цепями поставок. 2017. № 3 (80). С. 91–105.
139. Мутовкина, Н.Ю. Методы согласованного управления конфликтом в многоагентной системе / Н.Ю. Мутовкина, В.Н. Кузнецов, А.Ю. Ключин // Системы управления и информационные технологии, 2014. № 3.2 (57). С. 255–261.
140. Семенов, Н.А. Программное обеспечение информационной технологии решения конфликтных ситуаций в многоагентной среде / Н.А. Семенов, А.Ю. Ключин, Н.Ю. Мутовкина // Программные продукты и системы: Международный научнопракт. журнал, № 2 (114), 2016. С. 70–76.
141. А.А. Колесников. Проектирование многокритериальных систем управления промышленными объектами/ А.А. Колесников. -М.: Энергоатомиздат, 1993. -304 с.
142. Фишберн, П.С. Теория полезности для принятия решений / П.С. Фишберн. - М.: Наука, 1978, - 352 с
143. Рындин, Н.А. Управление процессами принятия решений в организационных системах на основе многовариантности структурной оптимизации: дис. ... д-та. техн. наук: 2.3.4. Управление в организационных системах/ Рындин Никита Александрович. - Воронеж, 2023. 236 с.

144. Закиева, Е.Ш. Методология поддержки принятия решений при управлении социетальной системой на основе динамического моделирования и интеллектуальных технологий: дис. ... д-та. техн. наук: 2.3.4. Управление в организационных системах/ Закиева Елена Шавкатовна. - Уфа, 2022. 310 с.
145. Karlis A.D., Kottas T.L., Boutalis Y.S. A novel maximum power point tracking method for PV systems using fuzzy cognitive networks (FCN) // *Electric Power Systems Research*. – 2007. – No. 77. – P. 315-327.
146. Martynov V.V., Sakál P., Skuratov A., Filosofova E.I., Zaytseva A.A., Zakieva E.Sh. Chapter 11: CSRP-System design technology of training information support of competent professionals. Handbook of research on engineering education in a global context. – IGI Global, 2019. – P. 115-125.
147. Zhang J.Y., Liu Z.-Q., Zhou S. Quotient FCMs – a decomposition theory for fuzzy cognitive maps // *IEEE Transactions on fuzzy systems*. – 2006. – Vol. 11, No. 5. – P. 593-604.
148. Федулов А.С. Нечеткие реляционные когнитивные карты/А.С. Федулов // *Известия РАН. Теория и системы управления*. – 2005. – № 1. – С. 120-132.
149. Усов, А.В. Применение марковских случайных процессов для информационного моделирования работы автотранспортных средств/ А.В. Усов, Е.Ю. Кутяков // *Вестник ХУНТУ*. № 3(50), 2014 г.
150. Shannon, Claude E.: Prediction and entropy of printed English/ *The Bell System Technical Journal*, 30:50-64, 1950.
151. Claude E. Shannon: A Mathematical Theory of Communication/ *Bell System Technical Journal*/ Vol. 27, pp. 379–423, 623–656, 1948.
152. Fishburn, P.C. Analysis of Decisions with Incomplete Knowledge of Probabilities // *Operations Research*. – 1965. – Vol. 13. – No. 2. – P. 217–237.
153. Fishburn, P.C. *Decision and Value Theory*. – N. Y.: John Wiley & Sons, 1964. – 451 p.
154. Fishburn, P.C. Independence in Utility Theory with Whole Product Sets // *Operations Research*. – 1965. – Vol. 13. – No. 1. – P. 28–45.

155. Fishburn, P.C. Utility Theory for Decision Making. – N. Y.: John Wiley & Sons, 1970. – 234 p.
156. Транспортно-экспедиционное обслуживание: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / С.Э. Сханова, О. В. Попова, А.Э. Горев. — М.: Издательский центр «Академия», 2005. - 432 с.
157. Данеев, А.В. Алгоритм управления сложными организационно-техническими системами/ А.В. Данеев, А.А. Воробьев, Д.М. Лебедев// Известия ИГЭА. 2010. №4 (72). С 83-86.
158. Хомяков, Д.А. Методика интеллектуальной поддержки принятия решений в системе управления производственными подразделениями/Д.А. Хомяков, С.К. Демин, Д.Ю. Семизоров// Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 12. Ч.2 2012. С. 255-261.
159. Энгель, Е.А. Модели и методы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений/ Е.А. Энгель// Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетникова. 2011. С. 106-112.
160. Романовская, О.А. Организационно-техническая система управления/ О.А. Романовская// ВЕСТНИК ИНСТИТУТА. №1. 2009 г. С. 57-60.
161. Билятдинов, К.З. Оценка качества управления организационно-техническими системами/ К.З. Билятдинов, Е.А. Кривчун// Записки Горного института. Т.209. 2014. С. 152-154.
162. Зырянова, Ю.Т. Планирование профилактики в организационно-технических системах/ Ю.Т. Зырянов, К.А. Малыков// Вестник ТГТУ. Том 10. №2. 2004. С. 410-420.
163. Бурков, В.Н. Проблемы комплексирования и декомпозиция механизмов управления организационно-техническими системами/ В.Н. Бурков, Н.А. Коргин, Д.А. Новиков//Проблемы управления. Управление в социально-экономических системах. №5. 2016. С. 14-23.

164. Большаков, А.А. Синтез интеллектуальных организационно-технических систем управления/А.А. Большаков//Вестник ТГТУ. Том. 10. №4А. 2004. С. 954-959.
165. Рындин, Н.А. Компонентная оптимизация развивающейся цифровой среды управления в организационных системах/ Н.А. Рындин// Моделирование, оптимизация и информационные технологии. №10(2). 2022. С. 1-9.
166. Borisov V.V., Fedulov A.S. Generalized rule-based fuzzy cognitive maps: structure and dynamics model // Lecture notes in computer science. – 2004. – V. 3316. – P. 918-922.
167. Carvalho J.P., Tomé J.A. Rule based fuzzy cognitive maps – qualitative systems dynamics // Proceedings of the 19th International Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society (NAFIPS'2000). – Atlanta, 2000.
168. Grönroos, C. On Value and Value Creation in Service: A Management Perspective [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/2394964317727196> (дата обращения: 30.08.2022)
169. Chu Z, Wang Q., Lado A. Customer orientation, relationship quality, and performance: The third-party logistics provider's perspective. *The International Journal of Logistics Management*, 2016, I. 27 (sn3), pp. 738-754.
170. Green Carmichael, S. The Flash Report: The Global Digital Economy. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hbr.org/2016/04/the-flash-report-the-global-digital-economy> (дата обращения: 22.08.2022).
171. Heinonen, K. Reconceptualizing customer value: The value of time and place. *Managing Service Quality*, 2004, I. 14 (sn2-3), pp. 205-215.
172. ITIL «ServiceStrategy». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.smlogic.ru/g-it-s/itil/s-strat/> (дата обращения 25.12.2024).
173. Зараменских, Е.П. Цифровые сервисы: их атрибуты и связь с архитектурой предприятия/ Е.П. Зараменских//Стратегии и инновации. Вестник финансового университета при Правительстве РФ. №10, 2018 г. – С.36-42.

174. Schrage, M. Rethinking the Value of Customers in a Digital Economy. April 11, 2016. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sloanreview.mit.edu/article/rethinking-the-value-of-customers-in-a-digital-economy/> (дата обращения 15.12.2024).
175. Vargo S. L., Maglio P. P., & Akaka M. A. On value and value creation: a service systems and service logic perspective // *European Management Journal*. – 2008. – I. 26(sn3). – Pp. 145-152.
176. Wessel, M. Creating Value in a digital economy. 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hbr.org/webinar/2017/01/creating-value-in-a-digital-economy> (дата обращения: 15.08.2024).
177. Engelsman, W., Iacob, M. E., Franken, H. M. Architecture-driven requirements engineering, in *Proceedings of the 2009 ACM Symposium on Applied Computing (SAC '09)*. – Honolulu, Hawaii, 2009. – PP. 285-286.
178. Скэнтлбери, С. Проектирование цифровых организаций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bcg.com/ru-ru/about/bcg-review/design-of-digital-organizations.aspx> (дата обращения: 24.11.2024).
179. Рейтинг стоимости доставки сборных грузов по России 2024. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/pro/economical>.
180. Рейтинг стоимости доставки сборных грузов по России 2032. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/pro/economical2023>.
181. Рейтинг стоимости доставки сборных грузов по России 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/pro/economical2022>.
182. Рейтинг стоимости доставки сборных грузов по России 2021. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/pro/economical2021>.
183. Рейтинг стоимости доставки сборных грузов по России 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/pro/economical2020>.

184. Рейтинг сроков доставки сборных грузов по России 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/pro/fast>.
185. Рейтинг сроков доставки сборных грузов по России 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/pro/fast-2020>.
186. Обзор цен на переезды по России 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/pro/moving>.
187. Обзор цен на перевозки фурами 20 тонн по России 2024. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/pro/ftl>.
188. Обзор цен на перевозки фурами 20 тонн по России 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/pro/ftl2023>.
189. Рейтинг транспортных и логистических компаний России 2023 <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/2023>.
190. Рейтинг транспортных и логистических компаний России 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/2022>.
191. Рейтинг транспортных и логистических компаний России 2021. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/2021>.
192. Рейтинг транспортных и логистических компаний России 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/2020>.
193. Рейтинг транспортных и логистических компаний России 2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/2019>.
194. Рейтинг транспортных и логистических компаний России 2018. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/2018>.
195. Программа сравнения стоимости и сроков доставки грузов по России для 16 транспортных компаний. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/calc>.

196. Виджет сравнения стоимости и сроков доставки грузов по России для 16 транспортных компаний для установки на внешний сайт без программирования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/calc/widget>.

197. Программа для расчёта расстояний между городами по автодорогам с алгоритмическим поиском промежуточных пунктов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/map-router>.

198. Методика оценки надёжности транспортных компаний MaTrX. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/matrix..>

199. Проектирование алгоритма и внешнего интерфейса программы расчёта стоимости и сроков доставки компании Деловые Линии с использованием API и внутренней базы тарифов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/delovyye-linii/calc>.

200. Проектирование алгоритма и внешнего интерфейса программы расчёта стоимости и сроков доставки компании ПЭК с использованием API. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/pek/calc>.

201. Проектирование алгоритма и внешнего интерфейса программы расчёта стоимости и сроков доставки компании КИТ с использованием API. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/zheldorekspediciya/calc>.

202. Проектирование алгоритма и внешнего интерфейса программы расчёта стоимости и сроков доставки компании Скиф-Карго с использованием API. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/skif-kargo/calc>.

203. Проектирование алгоритма и внешнего интерфейса программы расчёта стоимости и сроков доставки компании Энергия с использованием API. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/energiya/calc>.

204. Проектирование алгоритма и внешнего интерфейса программы расчёта стоимости и сроков доставки компании Вozовоз с использованием API.

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/vozovoz/calc>.

205. Проектирование алгоритма и внешнего интерфейса программы расчёта стоимости и сроков доставки компании ЖелДорЭкспедиция с использованием API.[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/zheldorekspediciya/calc>.

206. Проектирование алгоритма и внешнего интерфейса программы расчёта стоимости и сроков доставки компании СДЭК с использованием API. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/sdek/calc>.

207. Проектирование алгоритма и внешнего интерфейса программы расчёта стоимости и сроков доставки компании DPD с использованием API. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/dpd/calc>.

208. Проектирование алгоритма и внешнего интерфейса программы расчёта стоимости и сроков доставки компании Байкал Сервис с использованием API. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/bajkal-servis/calc>.

209. Проектирование алгоритма и внешнего интерфейса программы расчёта стоимости и сроков доставки компании Boxberry с использованием API. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/boxberry/calc>.

210. Проектирование алгоритма и внешнего интерфейса программы расчёта стоимости и сроков доставки Почты России с использованием API. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/pochta-rossii/calc>.

211. Проектирование алгоритма и внешнего интерфейса программы отслеживания посылок Почты России с использованием API. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/pochta-rossii/tracking>.

212. Проектирование алгоритма и внешнего интерфейса программы отслеживания посылок Почты России с использованием API. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/sdek/tracking>.

213. Проектирование алгоритма и внешнего интерфейса программы отслеживания посылок компании Деловые Линии с использованием API. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/delovye-linii/tracking>.

214. Проектирование алгоритма и внешнего интерфейса программы отслеживания посылок компании ПЭК с использованием API. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/pek/tracking>.

215. Проектирование алгоритма и внешнего интерфейса программы отслеживания посылок компании КИТ с использованием API. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/kit/tracking>

216. Проектирование алгоритма и внешнего интерфейса программы отслеживания посылок компании Байкал Сервис с использованием API. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maintransport.ru/transportnye-kompanii/bajkal-servis/tracking>.

217. 6 важных KPI транспортной логистики, которые стоит отслеживать/ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://novelco.ru/press-tsentr/6-vazhnykh-kpi-transportnoy-logistiki-kotorye-stoit-otslezhivat/>. Дата обращения. 09.01.2025

218. Создание системы показателей оценки эффективности деятельности УТТ и СТ/ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.samsmu.ru/files/smu/manage/11.doc#>; Дата обращения. 09.01.2025

219. Показатели работы автомобильного транспорта/ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lobanov-logist.ru/library/352/58634/>. Дата обращения. 09.01.2025

220. Рудаков, И.В. Методика иерархического исследования сложных дискретных структур/ Научное издание «Наука и образование»/- Электронный научно-технический. Эл № ФС 77-48211. – С. 251-260.

221. Рудаков И.В. Исследование сложных дискретных систем на базе агентного метода/И.В. Рудаков, А.А. Смирнов // Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Сер. Приборостроение.- 2009.- №3.- С.33-41

222. Рудаков, И.В. Алгоритм декомпозиции формальной модели функционального блока дискретного устройства/И.В. Рудаков, М. Давудпур // Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Сер. Приборостроения.- 2006.- №1.- С.90-98.

223. Рудаков И.В. Декомпозиционный метод исследования дискретных устройств/ И.В. Рудаков, М. Давудпур // Информационные технологии.- 2006.- №2.- С.44-49.

224. Гнеденко, Б.В. Введение в теорию массового обслуживания. / Б.В. Гнеденко, И.В. Коваленко// -М.: Изд-во ЛКИ. 2007. 400 с.

225. Sudorgin R. O., Pletnev M. G., Bokarev D. R., Kashtanov I. Y. Analytical Methods of Multicriterial Optimization in Logistic Transport Systems / 2025 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications

226. Мирошниченков Е. В. Состояние и перспективы развития региональных грузоперевозок. / Е.В. Мирошников, С.Н. Глаголев, И.А. Новиков // Материалы Международного лесного форума, приуроченного к празднованию 95-летия ВГЛТУ. Воронеж, 2025, 30 сентября 2025 года, Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, Воронеж

227. Глаголев С. Н. Государственная поддержка работы грузовой транспортно-логистической системы. / С.Н. Глаголев, И.А. Новиков, Ю.Н. Линник, А.А. Акулов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения.-2024.- №2(94).- с. 119-131

228. Глаголев С. Н. Применение принципов устойчивого развития в логистической отрасли: создание экологических решений для бизнеса и общества. / С.Н. Глаголев, Н.О. Блудян, А.С. Трошин, И.А. Новиков // Транспортное дело России.-2024.- № 4.- с. 174-178.

229. Глаголев С. Н. Использование цифровых технологий для совершенствования мягкой инфраструктуры Евразийского транспортного каркаса. / С.Н. Глаголев, Е.В. Мирошников, И.А. Новиков, А.С. Трошин // Транспортное дело России.-2025.- № 7.- с. 35-39.

230. Блудян Н.О. Анализ организации обеспечения интегрированных цепей грузопотоков транспортно-логистических систем во внутреннем и международном сообщениях. / Н.О. Блудян, Ю.Н. Линник, А.А. Степанов, В.Ю. Линник // Транспортное дело России.-2024.- № 5.- с. 164-166.

231. Блудян Н.О. Государственная поддержка низкоуглеродной трансформации пассажирской транспортной системы. / Н.О. Блудян, Ю.Н. Ризаева, Ю.Н. Линник, А.С. Трошин // Транспортное дело России.-2024.- № 5.- с. 123-127.

232. Карелина М. Ю. Повышение эффективности работы транспортно-технологической системы. / М.Ю. Карелина, Ю.Н. Ризаева, В.В. Баев, М.В. Пупышев, В.И. Карагодин, О.Н. Дидманидзе // Транспортное дело России.-2024.- № 2.- с. 192-196.

233. Карелина М. Ю. Формирование логистических транспортных систем на основе ценностей для государства, бизнеса и населения. / М.Ю. Карелина, А.А. Степанов, В.Ю. Линник, А.А. Акулов // Транспортное дело России.-2024.- № 3.- с. 143-145.

234. Степанов А. А. Инженерно-управленческий подход в сфере транспорта и логистики. / А.А. Степанов, Я.С. Игнатова, А.О. Меренков, Г.А. Ласточкина, А.В. Малькова // Вестник университета.-2024.- № 3.- с. 69-77.

235. Блудян Н. О. Особенности системы организации обеспечения интегрированных цепей грузопотоков во внутреннем и международном сообщениях России, Китая и США. / Н.О. Блудян, А.А. Степанов, А.С. Трошин, А.А. Акулов // Транспортное дело России. — 2024. — № 5. — с. 21–23.

236. Трошин А. С. Особенности региональных интегрированных логистических систем (на примере АПК Белгородской области). / А.С. Трошин, И.А. Новиков, Н.О. Блудян, В.Ю. Линник // Транспорт Урала.-2024.- № 4.- с. 61-68.

237. Терентьев А. В. Модель определения весовых коэффициентов при оценке эффективности транспортного логистического производства, основанная на декомпозиции информационного пространства / А. В. Терентьев, Р. О. Судоргин // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – № 2-1 (89). – С. 137-144.

238. Судоргин Р. О. Генезис проблемы неэффективного состояния транспортно-логистического производства в Российской Федерации / Р. О. Судоргин, И. Ю. Каштанов, Н. В. Соловьев // Транспорт и информационные технологии. – 2021. – № 3 (15). – С. 52-71.

239. Судоргин Р. О. Методы оценки эффективности в многоуровневых логистических системах транспортного производства / Р. О. Судоргин, Р. А. Халтурин, А. А. Акулов // Транспортное дело России. – 2025. – № 6. – С. 198-200.

240. Карелина М. Ю. Исследование методов прогнозирования показателей эффективности в логистических транспортных системах / М. Ю. Карелина, Р. О. Судоргин // Транспортное дело России. – 2025. – № 6. – С. 201-203.

241. Терентьев А. В. Модель снятия неопределенности в системе рейтингового оценивания эффективности транспортно-логистического производства / А. В. Терентьев, Р. О. Судоргин, А. А. Акулов // Транспортное дело России. – 2025. – № 4. – С. 122-126.

242. Халтурин Р. А. Теоретическое обоснование модели поиска оптимальных решений в сложных системах управления ресурсами / Р. А. Халтурин, Р. О. Судоргин, Н. С. Акиншин // International Journal of Advanced Studies. – 2025. – Т. 15, № 1. – С. 214-233.

243. Судоргин Р. О. Гибридный подход к робастной оптимизации грузопотоков на основе синергии машинного обучения и аппарата теории принятия решений / Р. О. Судоргин, Н. С. Акиншин, Д. В. Никитин, Н. В. Соловьев // Вестник Донецкой Академии Транспорта. – 2025. – № 4. – С. 147-166.

244. Karelina M. Yu. A mathematical model for optimizing the loading of trucks for automated transportation management systems based on machine vision / M. Yu. Karelina, P. I. Smirnov, B. S. Subbotin, R. O. Sudorgin // 2025 Systems of Signals

Generating and Processing in the Field of on Board Communications. – 2024. – С. 165-169.

245. Обзор цен на FTL-перевозки по России от Main Transport // Логистика. – 2025. – № 05-25. – С. 8.

246. Main Transport опубликовал рейтинг стоимости доставки грузов по России за 2024 год // Логистика. – 2024. – № 07-24. – С. 4.

247. Main Transport опубликовал обновлённый обзор цен и сроков доставки 20-ти тонными фурами по России // Логистика. – 2024. – № 05-24. – С. 4.

248. Халтурин Р. А. Модель снятия неопределенности в сложных системах распределения ресурсов / Р. А. Халтурин, Р. О. Судоргин, М. Ю. Карелина // Т-СОММ: Телекоммуникации и транспорт. – 2024. – Т. 18, № 9. – С. 41-47.

249. Опубликован рейтинг служб доставки и транспортных компаний по срокам доставки за 2023 год // Логистика. – 2023. – № 10-23. – С. 6-7.

250. Опубликован рейтинг транспортных компаний по стоимости доставки сборных грузов за 2023 год // Логистика. – 2023. – № 06-23. – С. 6-7.

251. Карелина М. Ю. Изменение сроков доставки между федеральными округами России с 2020 года / М. Ю. Карелина, Р. О. Судоргин, В. В. Гулый // Транспортное дело России. – 2023. – № 6. – С. 152-153.

252. Petr I. Smirnov; Boris S. Subbotin; Ekaterina A. Karelina; Roman O. Sudorgin; Vera V. Silakova, Estimation of Energy Consumption on Urban Access Roads Using the Two-Fluid Model // 2024 Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex (TIRVED)

253. Boris S. Subbotin; Roman O. Sudorgin; Ekaterina A. Karelina; Petr I. Smirnov, Methodology for Detecting Anomalous Traffic Flows in the Network Based on the Hurst Parameter // 2024 Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex (TIRVED)

254. Судоргин, Р. О. Аналитическое определение рейтинга транспортных предприятий при оценке их эффективности / Р. О. Судоргин // Научные исследования и разработки 2026 : сборник статей VII Международной научно-

практической конференции, состоявшейся 5 июня 2026 г. в г. Пензе : в 2 ч. – Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2026. – Ч. 1. – С. 30–34.

255. Судоргин, Р. О. Метод определения рейтинга логистических транспортных предприятий / Р. О. Судоргин // Актуальные вопросы современной науки : сборник статей XXIX Международной научно-практической конференции, состоявшейся 5 июня 2026 г. в г. Пензе : в 3 ч. – Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2026. – Ч. 1. – С. 87–91.

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

**Индикаторы транспортной стратегии РФ до 2030 года в области экологической и дорожной безопасности транспортного комплекса**

	Индикаторы	Единица изменения	2016 год*	2017 год	2018 год	2020 год	2024 год	2025 год	2030 год
1	Объем валовых выбросов загрязняющих атмосферу веществ от автотранспорта (в % по отношению к уровню 2016 года)	%	100	98	95	75	63	65	55
2	Доля парка автотранспортных средств с гибридными и электрическими двигателями в общей численности парка автотранспортных средств, (рост в % по отношению к уровню 2016 года)	%	0	3	5	8	17	20	35
3	Доля парка автотранспортных средств с двигателями, работающими на сжатом и сжиженном природном газе	%	0	2	4	7	13	15	24
4	Объем выбросов CO <sub>2</sub> от автомобильного транспорта (в % по отношению к уровню 2016 года)	%	100	99	98	95	94	90	80
5	Доля автотранспортных средств экологического класса ЕВРО 4 и выше в % в общей численности автомобильного парка	%	35	40	45	50	85	84	100

	Индикаторы	Единица изменения	2016 год	2017 год	2018 год	2020 год	2024 год	2025 год	2030 год
6	Социальный риск гибели в дорожно-транспортных происшествиях	число погибших в дорожно- транспортных происшествиях на 100 тыс. населения	13,8	13,0	11,9	9,5	4,0	3,7	2,0
7	Снижение транспортного риска на автомобильных дорогах (уменьшение числа погибших в дорожно-транспортных происшествиях на 10 тыс. автотранспортных средств, принадлежащих юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям)	чел./10000 авт.	3,8	3,6	3,28	2,62	1,1	1,05	0,6

Интерфейсы «результаты расчёта» на нижнем уровне иерархии СРО

	Рентабельность продаж	Средняя цена тонна-км для клиента	Среднее время доставки	Индекс совершенного заказа (perfect order index или POI)	Доля рейсов без опозданий (On-time delivery (OTD))	Использование ЭДО	Чистая прибыль	Налоговая нагрузка	Эффективность на 1-ом уровне
Вариант 1	5	9,94	2	97	97	100	5249,78	11	0,278
Вариант 2	0,1	11,02	2	96	97	50	22,55	10	0,188
Вариант 3	2	12	2	95	96	50	360	7	0,235
Вариант 4	5	17,7	3	93	94	50	790,11	12	0,238
Вариант 5	5	12,27	1,5	95	95	50	640,22	12	0,180
Вариант 6	4	15,86	4	97	98	30	92	10	0,192
Вариант 7	2	34,79	1,5	94	95	50	1320	13	0,256
Вариант 8	5	23,73	2	94	94	50	30,39	5	0,183
Вариант 9	1,4	20,22	2,5	93	95	50	116,49	5	0,214
Вариант 10	10	16,59	2	98	92	75	227,44	14	0,239
Вариант 11	3	10	3	94	98	80	30	6	0,256
Вариант 12	2	25	3	93	95	100	6,11	3	0,163
Вариант 13	1	12	2,5	96	96	50	3,21	13	0,189
Вариант 14	0,1	10	3	93	94	40	19,91	7	0,226

НАЗАД
РАССЧИТАТЬ

се компании

	Рентабельность продаж	Средняя цена тонна-км для клиента	Среднее время доставки	Индекс совершенного заказа (perfect order index или POI)	Доля рейсов без опозданий (On-time delivery (OTD))	Использование ЭДО	Чистая прибыль	Налоговая нагрузка	Эффективность на 1-ом уровне
Вариант 4	5	17,7	3	93	94	50	790,11	12	0,238
Вариант 5	5	12,27	1,5	95	95	50	640,22	12	0,180
Вариант 6	4	15,86	4	97	98	30	92	10	0,192
Вариант 7	2	34,79	1,5	94	95	50	1320	13	0,256
Вариант 8	5	23,73	2	94	94	50	30,39	5	0,183
Вариант 9	1,4	20,22	2,5	93	95	50	116,49	5	0,214
Вариант 10	10	16,59	2	98	92	75	227,44	14	0,239
Вариант 11	3	10	3	94	98	80	30	6	0,256
Вариант 12	2	25	3	93	95	100	6,11	3	0,163
Вариант 13	1	12	2,5	96	96	50	3,21	13	0,189
Вариант 14	0,1	10	3	93	94	40	19,91	7	0,226
Вариант 15	1	15	3	92	94	47	1,02	2	0,394
↙	max	min	min	max	max	max	max	max	max

НАЗАД
РАССЧИТАТЬ

се компании

	Рентабельность продаж	Средняя цена тонна-км для клиента	Среднее время доставки	Индекс совершенного заказа (perfect order index или POI)	Доля рейсов без опозданий (On-time delivery (OTD))	Использование ЭДО	Чистая прибыль	Налоговая нагрузка	Эффективность на 1-ом уровне
Вариант 1	0.107	0.096	0.076	0.068	0.068	0.115	0.589	0.085	0.081
Вариант 2	0.002	0.087	0.076	0.068	0.068	0.057	0.002	0.077	0.055
Вариант 3	0.043	0.080	0.076	0.067	0.067	0.057	0.041	0.054	0.068
Вариант 4	0.107	0.054	0.051	0.065	0.066	0.057	0.089	0.092	0.069
Вариант 5	0.107	0.078	0.102	0.067	0.066	0.057	0.072	0.092	0.052
Вариант 6	0.086	0.060	0.038	0.068	0.069	0.034	0.011	0.077	0.056
Вариант 7	0.043	0.027	0.102	0.066	0.066	0.057	0.148	0.100	0.075
Вариант 8	0.107	0.040	0.076	0.066	0.066	0.057	0.004	0.038	0.053
Вариант 9	0.030	0.047	0.061	0.065	0.066	0.057	0.013	0.038	0.062
Вариант 10	0.215	0.058	0.076	0.069	0.064	0.086	0.025	0.108	0.070
Вариант 11	0.064	0.096	0.051	0.066	0.069	0.092	0.004	0.046	0.075
Вариант 12	0.043	0.038	0.051	0.065	0.066	0.115	0.001	0.023	0.048
Вариант 13	0.021	0.080	0.061	0.068	0.067	0.057	0.001	0.100	0.055
Вариант 14	0.002	0.096	0.051	0.065	0.066	0.046	0.002	0.054	0.066

НАЗАД

Расставьте номера критериев по приоритету

P 1 > P 2 > P 3 > P 4 > P 5 > P 6 > P 7 > P 8 > P 9

ВЫВЕСТИ КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ ДАННОГО ПРИОРИТЕТА

се компании

	Рентабельность продаж	Средняя цена тонна-км для клиента	Среднее время доставки	Индекс совершенного заказа (perfect order index или POI)	Доля рейсов без опозданий (On-time delivery (OTD))	Использование ЭДО	Чистая прибыль	Налоговая нагрузка	Эффективность на 1-ом уровне
Вариант 4	0.107	0.054	0.051	0.065	0.066	0.057	0.089	0.092	0.069
Вариант 5	0.107	0.078	0.102	0.067	0.066	0.057	0.072	0.092	0.052
Вариант 6	0.086	0.060	0.038	0.068	0.069	0.034	0.011	0.077	0.056
Вариант 7	0.043	0.027	0.102	0.066	0.066	0.057	0.148	0.100	0.075
Вариант 8	0.107	0.040	0.076	0.066	0.066	0.057	0.004	0.038	0.053
Вариант 9	0.030	0.047	0.061	0.065	0.066	0.057	0.013	0.038	0.062
Вариант 10	0.215	0.058	0.076	0.069	0.064	0.086	0.025	0.108	0.070
Вариант 11	0.064	0.096	0.051	0.066	0.069	0.092	0.004	0.046	0.075
Вариант 12	0.043	0.038	0.051	0.065	0.066	0.115	0.001	0.023	0.048
Вариант 13	0.021	0.080	0.061	0.068	0.067	0.057	0.001	0.100	0.055
Вариант 14	0.002	0.096	0.051	0.065	0.066	0.046	0.002	0.054	0.066
▶ Вариант 15	0.021	0.064	0.051	0.065	0.066	0.054	0.000	0.015	0.115
	max	min	min	max	max	max	max	max	max

НАЗАД

Расставьте номера критериев по приоритету

P 1 > P 2 > P 3 > P 4 > P 5 > P 6 > P 7 > P 8 > P 9

ВЫВЕСТИ КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ ДАННОГО ПРИОРИТЕТА

**Фрагмент файла «Вывод на печать» результатов расчёта на высшем уровне  
иерархии СРО**

- 1) P1>P2>P3>P4>P5>P6>P7>P8>P9 D1=0,1462; D2=0,0526; D3=0,0615; D4=0,0792; D5=0,0830; D6=0,0616; D7=0,0753; D8=0,0665; D9=0,0498; D10=0,1115; D11=0,0660; D12=0,0526; D13=0,0567; D14=0,0496; D15=0,0501; 1
- 2) P1>P2>P3>P4>P5>P6>P7>P9>P8 D1=0,1462; D2=0,0526; D3=0,0615; D4=0,0792; D5=0,0830; D6=0,0616; D7=0,0753; D8=0,0665; D9=0,0498; D10=0,1115; D11=0,0660; D12=0,0526; D13=0,0567; D14=0,0496; D15=0,0510; 1
- 3) P1>P2>P3>P4>P5>P6>P8>P7>P9 D1=0,1443; D2=0,0526; D3=0,0615; D4=0,0792; D5=0,0830; D6=0,0616; D7=0,0760; D8=0,0665; D9=0,0498; D10=0,1115; D11=0,0660; D12=0,0526; D13=0,0583; D14=0,0496; D15=0,0501; 1
- 4) P1>P2>P3>P4>P5>P6>P8>P9>P7 D1=0,1428; D2=0,0526; D3=0,0615; D4=0,0792; D5=0,0830; D6=0,0616; D7=0,0760; D8=0,0665; D9=0,0498; D10=0,1115; D11=0,0660; D12=0,0526; D13=0,0583; D14=0,0496; D15=0,0514; 1
- 5) P1>P2>P3>P4>P5>P6>P9>P8>P7 D1=0,1428; D2=0,0526; D3=0,0615; D4=0,0792; D5=0,0830; D6=0,0616; D7=0,0760; D8=0,0665; D9=0,0498; D10=0,1115; D11=0,0660; D12=0,0526; D13=0,0581; D14=0,0496; D15=0,0525; 1
- 6) P1>P2>P3>P4>P5>P6>P9>P7>P8 D1=0,1442; D2=0,0526; D3=0,0615; D4=0,0792; D5=0,0830; D6=0,0616; D7=0,0754; D8=0,0665; D9=0,0498; D10=0,1115; D11=0,0660; D12=0,0526; D13=0,0567; D14=0,0496; D15=0,0525; 1
- 7) P1>P2>P3>P4>P5>P7>P6>P8>P9 D1=0,1477; D2=0,0526; D3=0,0615; D4=0,0792; D5=0,0830; D6=0,0616; D7=0,0759; D8=0,0665; D9=0,0498; D10=0,1115; D11=0,0660; D12=0,0508; D13=0,0567; D14=0,0496; D15=0,0501; 1
- 8) P1>P2>P3>P4>P5>P7>P6>P9>P8 D1=0,1477; D2=0,0526; D3=0,0615; D4=0,0792; D5=0,0830; D6=0,0616; D7=0,0759; D8=0,0665; D9=0,0498; D10=0,1115; D11=0,0660; D12=0,0508; D13=0,0567; D14=0,0496; D15=0,0510; 1
- 9) P1>P2>P3>P4>P5>P7>P8>P6>P9 D1=0,1477; D2=0,0526; D3=0,0615; D4=0,0792; D5=0,0830; D6=0,0616; D7=0,0759; D8=0,0665; D9=0,0498; D10=0,1115; D11=0,0660; D12=0,0501; D13=0,0567; D14=0,0496; D15=0,0501; 1
- .....
- 62875) P9>P1>P2>P3>P4>P5>P7>P8>P6 D1=0,1452; D2=0,0533; D3=0,0619; D4=0,0754; D5=0,0775; D6=0,0586; D7=0,0759; D8=0,0611; D9=0,0501; D10=0,0970; D11=0,0657; D12=0,0500; D13=0,0567; D14=0,0508; D15=0,0631; 1
- 362876) P9>P1>P2>P3>P4>P5>P7>P6>P8 D1=0,1452; D2=0,0533; D3=0,0619; D4=0,0754; D5=0,0775; D6=0,0586; D7=0,0759; D8=0,0611; D9=0,0501; D10=0,0970; D11=0,0657; D12=0,0507; D13=0,0567; D14=0,0508; D15=0,0631; 1
- 362877) P9>P1>P2>P3>P4>P5>P8>P7>P6 D1=0,1435; D2=0,0533; D3=0,0619; D4=0,0754; D5=0,0775; D6=0,0586; D7=0,0765; D8=0,0611; D9=0,0501; D10=0,0970; D11=0,0657; D12=0,0500; D13=0,0582; D14=0,0508; D15=0,0631; 1
- 362878) P9>P1>P2>P3>P4>P5>P8>P6>P7 D1=0,1428; D2=0,0533; D3=0,0619; D4=0,0754; D5=0,0775; D6=0,0586; D7=0,0760; D8=0,0611; D9=0,0501; D10=0,0970; D11=0,0657; D12=0,0512; D13=0,0582; D14=0,0508; D15=0,0631; 1
- 362879) P9>P1>P2>P3>P4>P5>P6>P8>P7 D1=0,1428; D2=0,0533; D3=0,0619; D4=0,0754; D5=0,0775; D6=0,0586; D7=0,0760; D8=0,0611; D9=0,0501; D10=0,0970; D11=0,0657; D12=0,0522; D13=0,0581; D14=0,0508; D15=0,0631; 1
- 362880) P9>P1>P2>P3>P4>P5>P6>P7>P8 D1=0,1442; D2=0,0533; D3=0,0619; D4=0,0754; D5=0,0775; D6=0,0586; D7=0,0754; D8=0,0611; D9=0,0501; D10=0,0970; D11=0,0657; D12=0,0522; D13=0,0567; D14=0,0508; D15=0,0631; 1

Количество областей, принадлежащих решению:

D1=362880      D2=0      D3=0      D4=0      D5=0      D6=0      D7=0      D8=0      D9=0      D10=0      D11=0      D12=0      D13=0  
D14=0      D15=0

## Документы, подтверждающие практическую значимость исследования



ООО «ЛогистБизнесИнтернешнл»

Юридический адрес: 454080,  
г. Челябинск, ул. Труда, д. 156 В, пом. 274  
Почтовый адрес: 454080, Г. Челябинск, а/я 12793  
ИНН / КПП: 7447279517 / 745301001  
ОГРН: 1177456101734

**АКТ о внедрении  
результатов диссертационного исследования**

Результаты диссертационного исследования Судоргина Романа Олеговича на тему «Методология системной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий», представленного на соискание ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.9.9. Логистические транспортные системы, использовались в работе ООО «ЛОГИСТБИЗНЕС ИНТЕРНЕСНЛ» для построения рейтинга транспортно-логистических компаний. Для построения рейтинга были отобраны прямые конкуренты, а также среднеразмерные транспортные компании. Итоговый рейтинг, построенный с помощью программы, предоставленной автором, позволил выявить наиболее эффективные транспортно-логистические компании. По этим компаниям будет проведён интенсивный конкурентный анализ, на основе которого будут сформулирована «дорожная карта» по внедрению улучшений. По итогам внедрения улучшений планируется произвести повторный расчёт рейтинга.

Мы можем констатировать, что применение результатов диссертационного исследования Судоргина Р. О. предоставляет транспортной компании инструмент для оценки её текущей эффективности и определения направлений для её повышения за счёт расстановки весовых коэффициентов на базе аналитических методов.

Директор

Подпись \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ заверяю



С. В. Масовец



# БЛАГОДАРНОСТЬ

## Судоргину Роману Олеговичу

Компания ООО «Байт Транзит Континент» выражает искреннюю благодарность Судоргину Роману Олеговичу за долгое и продуктивное сотрудничество. Мы высоко ценим ваш профессионализм, надежность и ответственное отношение к делу. Надеемся на дальнейшее взаимовыгодное сотрудничество.

**Шпикельман А.А.**  
Генеральный директор  
ООО «Байт Транзит Континент»

2026 г.



**АКТ о внедрении  
результатов диссертационного исследования**

Результаты диссертационного исследования Судоргина Романа Олеговича на тему «Методология системной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий», представленного на соискание ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.9.9. Логистические транспортные системы, использовались в работе ООО «БАЙТ-ТРАНЗИТ-КОНТИНЕНТ». Программный комплекс, разработанный автором, позволил провести оценку эффективности работы компании и принять управленческие решения, по результатам которых в том числе удалось улучшить внутренние индикаторы эффективности компании.

Директор



А. А. Шпикельман

8 800 77 000 40  
www.sibtrans.ru

**Общество с ограниченной ответственностью  
«Балтийская сервисная компания»**

198207, Санкт-Петербург, Трамвайный пр., д. 12, корп. 2, лит. А, офис №67  
ИНН 7802778736 КПП 780501001

Р/счет 40702810603000007026 в Филиале «Северная столица» АО «Райффайзенбанк»

К/счет 30101810100000000723 БИК 044030723 ОГРН 1127847080613

Тел.: (812)642-60-74

Исходящий номер 3427

От 03.02.2026 года

**АКТ о внедрении  
результатов диссертационного исследования**

Результаты диссертационного исследования Судоргина Романа Олеговича на тему «Методология системной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий», представленного на соискание ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.9.9. Логистические транспортные системы, использовались в работе ООО «Балтийская Сервисная Компания». Разработанная автором программа по оценке транспортно-логистических компаний позволила провести объективный сравнительный анализ возможных поставщиков услуг по перевозке товаров и сделать обоснованный выбор поставщика, показавшего наилучшие результаты в соотношении «Надёжность-Цена».

Генеральный директор

Мартынов Евгений Иванович



**ООО «Компания Скиф-Карго»**

115432, г. Москва, ул. Трофимова, д. 27, к. 1, помещ. 1Н/5  
+7 (495) 221-2591, факс: +7 (495) 221-2593  
8-800-200-25-91 (звонок по России бесплатный)  
[www.skif-cargo.ru](http://www.skif-cargo.ru) e-mail: [skif@skif-cargo.ru](mailto:skif@skif-cargo.ru)

**АКТ о внедрении  
результатов диссертационного исследования**

11.06.2025г.

Результаты диссертационного исследования Судоргина Романа Олеговича на тему «Методология системной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий», представленного на соискание ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.9.9. Логистические транспортные системы, использовались в работе ООО «Компания Скиф-Карго» для оценки текущей эффективности транспортного предприятия и разработки стратегии развития.

Программа рейтингового оценивания транспортных и экспедиторских компаний, предложенная автором, позволяет выявить приоритетные количественные и качественные показатели деятельности компании, по которым будут задаваться KPI для соответствующих структурных подразделений. Расстановка приоритетности KPI на основе применения одновременно экспертных и аналитических методов позволяет сделать всю систему более прозрачной и предсказуемой, тем самым повысить устойчивость компании к возможным неблагоприятным внешним и внутренним факторам.

Генеральный директор

м.п.



С. В. Чернов

УТВЕРЖДАЮ

Проректор федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения выс-  
шего образования «Государственный  
университет управления», к.э.н., доцент



Д.Ю.Брюханов

2026 г.

**СПРАВКА О ВНЕДРЕНИИ  
результатов диссертационного исследования  
в учебный процесс**

Основные положения и методические разработки диссертационного исследования Судоргина Романа Олеговича на тему «Методология системной оценки эффективности транспортно-логистических предприятий», представленного на соискание ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.9.9. - Логистические транспортные системы, внедрены в учебный процесс федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Государственный университет управления».

Результаты диссертационной работы были использованы при преподавании дисциплин «Цифровой транспорт и логистика», «Управление транспортными потоками и системами» (направление подготовки 38.04.02 «Менеджмент», образовательная программа «Транспорт и логистика»), «Управление бизнес-процессами в автомобильном бизнесе» (направление подготовки 38.04.02 «Менеджмент», образовательная программа «Управление производством в автомобилестроении»).

Д.э.н., профессор кафедры  
логистики и транспортно-технологических систем

А.А. Степанов

Подпись А. А. Степанов  
**УДОСТОВЕРЯЮ**  
Начальник отдела кадров Департамента правового  
и кадрового обеспечения

Злчч

