

На правах рукописи



ХАЗИМУЛЛИН Артем Дамирович

**МЕТОДИКА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПЕРЕВОЗЧИКА В ЕДИНОМ ТРАНСПОРТНО-
ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

2.9.1 – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее
регионов и городов, организация производства на транспорте
(технические науки)

Автореферат
Диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Екатеринбург

2024 г.

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО УрГУПС)

Научный руководитель –

Тимофеева Галина Адольфовна,
доктор физико-математических наук, профессор.

Официальные оппоненты:

Зубков Валерий Валерьевич,
доктор технических наук, доцент, АО «Объединенная Металлургическая компания Стальной путь» (ОМК Стальной путь), заместитель управляющего директора.

Псеровская Елена Дмитриевна,
кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения», кафедра «Логистика, коммерческая работа и подвижной состав», заведующая кафедрой.

Ведущая организация –

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС)

Защита состоится 20 декабря 2024 года в 14:00 часов на заседании диссертационного совета 44.2.008.02 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО УрГУПС) в аудитории Б2-15 (зал диссертационных советов) по адресу: 620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения». Адрес сайта, на котором размещена диссертация и автореферат: <http://www.usurt.ru>

Автореферат разослан 24 октября 2024 года.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по почте в адрес диссертационного совета 44.2.008.02.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Юшкова Ирина Анатольевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования обусловлена цифровой трансформацией экономики, развитием видов электронной коммерции и возрастающими требованиями собственников грузов к качеству транспортных услуг. Развитие индивидуальных цифровых сервисов профессиональных участников транспортного рынка должно способствовать оптимизации процессов получения транспортных услуг, однако на практике формируются разрозненные информационные среды каждого логистического оператора. Таким образом, внедрение прогрессивных цифровых решений подчас усложняет грузоотправителям не только получение комплексной транспортной услуги, но и приводит к повышению операционных и временных издержек, увеличению транспортной составляющей в конечной стоимости продукции хозяйствующих субъектов и, как следствие, снижению конкурентоспособности.

Степень разработанности

Теоретические аспекты по организации работы железнодорожного транспорта, анализ и методология управлеченческих решений, формирование организационных структур рассмотрены в работах В.И. Апатцева, В.Г. Галабурды, А.Г. Галкина, П.Ф. Друкера, А.В. Зырянова, Б.М. Лапидуса, А.С. Мишарина, С.М. Резера, В.М. Сая, Н.Ф. Сириной.

Использованию методов математического моделирования в прикладных исследованиях транспортных систем посвящены труды А.Э. Александрова, М.Л. Башина, В.И. Васильева, В.Д. Верескуна, П.А. Козлова, О.В. Москвичева, В.Я. Негрея, О.Д. Покровской, Н.В. Правдина.

Анализ межфирменных взаимоотношений участников транспортного рынка, методика оценки уровня сервисного обслуживания грузовладельцев, формирование комплексной транспортной услуги представлены в исследованиях В.Л. Белозерова, А.Н. Гуды, Е.Н. Ковалева, Е.В. Роговой, Б.А. Левина, Э.А. Мамаева, Н.П. Терешиной, М.Ф. Трихунова, Н.А. Тушина, Ф.М. Хамроева.

Вопросам развития транспортно-информационного пространства посвящены работы Т.А. Гавриловой, В.В. Зубкова, О.Н. Ларина.

Цель диссертационного исследования заключается в совершенствовании процесса оказания комплексной транспортной услуги в условиях развития транспортно-информационного пространства.

Задачи диссертационного исследования:

1. Проанализировать современные тенденции взаимодействия участников транспортного рынка и обобщить способы предоставления комплексной транспортной услуги.

2. Разработать методы оценки отклика собственников груза на потенциальные стратегии железнодорожного перевозчика по предоставлению транспортно-логистических услуг.

3. Построить математическую модель для оценки потенциальных стратегий по предоставлению транспортно-логистических услуг на основании дифференциации грузоотправителей железнодорожного транспорта.

4. Предложить способ организации комплексной транспортной услуги в едином транспортно-информационном пространстве с учетом цифровизации транспортной отрасли.

Объектом исследования в работе является взаимодействие логистических операторов с собственниками грузов в рамках национального рынка транспортных услуг.

Предмет исследования – совокупность производственных отношений, возникающих при взаимодействии профессиональных участников транспортного рынка и грузоотправителей в процессе оказания транспортно-логистических услуг.

Научная новизна:

1. Построена математическая модель, основанная на теоретико-игровом подходе и учитывающая дифференциацию клиентов, для оценки потенциальных стратегий по предоставлению транспортно-логистических услуг.

2. Разработаны методы моделирования отклика собственников грузов на реализуемые перевозчиком стратегии по оказанию транспортных услуг на основе нечеткой логики и вероятностно-имитационного моделирования.

3. Разработана авторская графоаналитическая модель оказания транспортных услуг в едином транспортно-информационном пространстве и методика организации транспортного маркетплейса с учетом особенностей предоставления комплексной транспортной услуги в едином цифровом окне.

Методология и методы научного исследования

Методологической основой исследования послужили методы эмпирических и аналитических исследований. Системный подход к предмету исследования реализован посредством таких общенаучных методов, как методы анализа и синтеза, научной абстракции, сравнения, моделирования. Обоснованно использовались методы статистического анализа, теории оптимизации и принятия решений, информационные технологии.

Теоретическая значимость и практическая ценность полученных результатов заключается разработке теоретических подходов, основанных на современных методах теории принятия решений, а также имитационных и информационных моделей для анализа и решения проблем устойчивого функционирования, повышения эффективности, усиления бренда и диверсификации доходов железнодорожного перевозчика в условиях цифровизации экономики. В результате исследования получена информационно-аналитическая модель транспортного маркетплейса, что создает условия для внедрения комплексной транспортной услуги в режиме единого цифрового окна, позволяющей

собственникам груза минимизировать время оформления грузов и повысить конкурентоспособность продукции.

Практическая значимость полученных результатов заключается в решении ряда проблем устойчивого функционирования, повышении эффективности, усилении бренда и диверсификации доходов железнодорожного перевозчика в условиях цифровизации экономики. Результаты исследования также позволяют создать условия для предоставления комплексной транспортной услуги в режиме единого цифрового окна, что дает возможность собственникам груза минимизировать затраты транспортной составляющей и повысить конкурентоспособность продукции.

Разработанные в результате исследований теоретические и методологические рекомендации реализованы при планировании и обосновании новых транспортно-логистических услуг в границах Свердловской железной дороги. Практическая реализация состоит в следующем.

1. Предложена методика по обоснованию внедрения новых транспортно-логистических услуг и решений в территориальных центрах фирменного транспортного обслуживания с учетом диверсифицированной грузовой базы и существующих объемов отгрузки грузоотправителями.

2. Разработан алгоритм по автоматизированному сбору данных с агрегаторов автоперевозок для анализа зарождения и распределения грузопотоков с целью выявления потребности в транспортных услугах и обоснования реализации новых транспортно-логистических услуг.

3. Предложена методика формирования электронной торговой площадки – транспортного маркетплейса на базе железнодорожного перевозчика, включающая в себя всех субъектов транспортного рынка для организации комплексной транспортной услуги в едином цифровом окне. Данное решение было презентовано автором диссертации на четвертой транспортно-логистической конференции бизнес блока компании (ТЛББ) ОАО «РЖД» в 2022 году.

Зарегистрирован акт о внедрении результатов диссертационного исследования в производственную деятельность Свердловского ТЦФТО.

Положения, выносимые на защиту

1. Методика оценки потенциальных стратегий по предоставлению транспортно-логистических услуг в форме теоретико-игрового подхода, основанная на математической модели, и ее применение к анализу стратегий по привлечению грузоотправителей.

2. Методика моделирования отклика собственников грузов на реализуемые перевозчиком стратегии по оказанию транспортных услуг, позволяющая получить вероятностный прогноз изменения объемов перевозок и дохода на основе анализа вероятных откликов отдельных клиентов и статистических данных об объемах и доходах.

3. Методика формирования электронной торговой площадки для предоставления комплексной транспортной услуги в едином транспортно-информационном пространстве, включающем всех потенциальных участников рынка на базе железнодорожного перевозчика.

Степень достоверности и апробация результатов исследования

Достоверность научных исследований обеспечивается рациональным и корректным применением актуальных и общепризнанных научных методов, математических моделей и информационных технологий. Подтверждением достоверности служат сопоставимые результаты теоретических и экспериментальных исследований с возможностью практического использования на предприятии железнодорожного транспорта. Результаты математического моделирования отклика грузовладельцев на реализацию различных стратегий перевозчика подтверждены успешным внедрением разработанных принципов в работу Свердловского ТЦФТО.

Основные положения диссертационного исследования докладывались и обсуждались на следующих международных научных конференциях: «Applications of Mathematics in Engineering and Economics: AMEE'19» (Болгария, Созополь, 2019), «Applications of Mathematics in Engineering and Economics: AMEE'20» (Болгария, Созополь, 2020), «Железнодорожный транспорт и технологии» (Екатеринбург, 2021), «Транспорт: логистика, строительство, эксплуатации, управление» (Екатеринбург, 2022), «Железнодорожный транспорт и технологии» (Екатеринбург, 2022), «Наука и образование транспорту» (Самара, 2022), «GMT-2023: Game Theory and Management» (Санкт-Петербург, 2023), «Железнодорожный транспорт и технологии» (Екатеринбург, 2023), «Исследование и развитие рельсового и автомобильного транспорта» (Екатеринбург, 2024), и на Всероссийских научных конференциях «Транспорт: логистика, строительство, эксплуатации, управление» (Екатеринбург, 2023), «Актуальные проблемы прикладной математики и механики» (Джанхот, 2024).

Публикации. Основное содержание диссертации отражено в 10 статьях, из них 4 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и 3 в изданиях, индексируемых в международных базах Scopus (WoS), 3 в научных изданиях, входящих в РИНЦ. Получено свидетельство о регистрации программного продукта.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Объем диссертации составляет 128 страниц. Работа включает 14 таблиц и 40 рисунков. Список использованных источников включает 111 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение содержит обоснование актуальности темы исследования, степень ее разработанности, цель и задачи исследования, научную новизну, а также теоретическую и практическую значимость работы.

В первой главе диссертационного исследования рассмотрены современные тенденции развития рынка транспортных услуг и проанализировано взаимодействие участников транспортного рынка по организации предоставления транспортных услуг. Установлено, что с развитием рынка транспортных услуг появляются новые формы взаимодействия транспортных компаний по предоставлению услуг. Такая тенденция стимулирует рост требований грузоотправителей к качеству транспортного сервиса.

На основании изученных теоретических и методологических источников по теме исследования автором предложены графические схемы классификации транспортно-логистических услуг и форм организации взаимодействия участников транспортного рынка. Рассмотрен процесс цифровизации железнодорожного транспорта в области сервисного обслуживания и автоматизации процессов планирования грузоперевозки. На основании анализа общего развития информационных систем ОАО «РЖД» сделан вывод о высокой цифровой зрелости железнодорожных грузоперевозок.

Во второй главе построена математическая модель, основанная на теоретико-игровом подходе, для оценки потенциальных стратегий по предоставлению транспортно-логистических услуг. Предложено использовать нечеткую логику для оценки отклика собственников грузов на стратегии.

Актуальная задача холдинга «РЖД» – принятие управленческих решений, обеспечивающих современный уровень качества транспортных услуг. Для реализации данной цели необходима система принятия решений, которая позволит, с одной стороны, отвечать современным требованиям клиентов транспорта в области сервиса, с другой, отбирать решения оптимальные по критерию «затраты – результат».

Для разработки эффективной системы принятия решений будем использовать теоретико-игровой подход, т.е. базовый подход математической теории игр. Отношения перевозчика и грузоотправителя могут быть описаны матричной игрой размером $m \times n$, где m – количество вариантов стратегии перевозчика, n – количество компонентов стратегии собственников груза. При наличии данных об экономических эффектах принятых стратегий для каждого игрока возможно построение платежной матрицы

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где элемент a_{ij} – эффект от реализации i -й стратегии перевозчика и j -й стратегии собственника груза.

При детальном анализе видно, что выигрыш первого игрока (перевозчика), вообще говоря, не равен проигрышу (затратам) второго игрока, если рассматриваются глобальные стратегии по привлечению клиентов, так как выигрыш компании должен также учитывать затраты на внедрение стратегии. Значит, следует рассматривать биматричную игру, в которой выигрыш первого игрока не равен затратам (проигрышу) второго. Далее будем рассматривать не одного грузоотправителя, а множество владельцев грузов. Собственники грузов реагируют на решения компании по-разному, поэтому реакция второго игрока рассматривается с учетом дифференциации клиентов.

Классический подход к дифференциации клиентов железнодорожного строится на производственных размерах собственника груза и по классу отправляемого груза. Производственные размеры собственника груза предполагают деление на крупные предприятия и предприятия малого и среднего бизнеса (МСП). Так, 500 крупных клиентов ОАО «РЖД» составляют 84 % всех перевозок по сети и приносят 54 % от общего дохода компании, а МСП приносит 46 % дохода при 16 % перевозок от общего объема соответственно. Такая структура прибыли объясняется дифференциацией грузоотправителей по классу отправляемых грузов (Таблица 1).

Таблица 1 – Распределение по классам грузов железнодорожного транспорта

Класс грузов	Доля класса грузов, %	
	в объеме перевозок	в доходе
Первый — низкодоходные грузы (сырьевые и другие массовые грузы)	63	23
Второй — среднедоходные грузы (нефтепродукты, лесоматериалы, товары первой необходимости)	25	54
Третий — высокодоходные грузы (готовая продукция)	12	23

Рассмотрено распределение перевозок различных тарифных классов груза по дальности (Таблица 2), поскольку показатель дальности перевозки является одним из ключевых при выборе вида транспорта собственником груза.

Таблица 2 – Распределение долей груза в зависимости от расстояния перевозки

Расстояние, км	Доля от объема перевозок 1 класса, %	Доля от объема перевозок 2 класса, %	Доля от объема перевозок 3 класса, %
0–1500	52,2	27,7	53,8
1501–3000	35,2	68,9	17,6
3001–4500	5,5	0,4	11,3
Свыше 4501	7,1	3,0	17,3

Из анализа дифференциации грузоотправителей железнодорожного транспорта следует вывод о необходимости формирования таких стратегий,

которые бы влияли на увеличение доли перевозок высокодоходных грузов. Анализ проводился для трех потенциальных стратегий U_i холдинга ОАО «РЖД»:

- развитие и внедрение новых логистических услуг (U_1);
- применение единого дисконта на перевозку всех видов груза (U_2);
- многоуровневое дисконтирование в зависимости от дальности перевозки (U_3).

На основе представленной дифференциации проведен анализ потенциальных стратегий (U_i) компании (первого игрока) с учетом существующей дифференциации клиентов железнодорожного транспорта (второго игрока) и прогнозируемого изменения перевозимых объемов для каждого типа груза. Для описания отклика клиентов будем оценивать результаты реализации стратегий перевозчиком с использованием нечеткой логики.

Обозначим через $V_k(0)$ исходный объем перевозимого груза k -го типа, $k=1,2,3$, через $D_k(0)$ годовую прибыль компании от перевозки грузов k -го типа до внедрения стратегии по привлечению клиентов

$$V_k(0) = \beta_k V(0), \quad \beta = \{\beta_1, \beta_2, \beta_3\} = \{0,63; 0,25; 0,12\}, \quad (2)$$

$$D_k(0) = \gamma_k D(0), \quad \gamma = \{\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3\} = \{0,23; 0,54; 0,23\}, \quad (3)$$

где $V(0)$ и $D(0)$ – начальные объем и доход от перевозок. Объем перевозок $V(U_i)$ и доход компании $D(U_i)$ после внедрения стратегии U_i зависят от влияния каждой из стратегий на перевозчиков различных видов грузов

$$V(U_i) = \sum_{k=1}^3 v_{ik} V_k(0) = V(0) \sum_{k=1}^3 v_{ik}(U_i) \beta_k, \quad (4)$$

$$D(U_i) = \sum_{k=1}^3 d_{ik} D_k(0) - u_i = D(0) (\sum_{k=1}^3 d_{ik}(U_i) \gamma_k - \alpha_i), \quad (5)$$

где u_i – расходы на введение стратегии.

Коэффициенты увеличения объемов и доходов для каждой группы грузоотправителей в результате выбранного управленческого решения (U_i) для k -ой группы грузоотправителей представим парой нечетких чисел $\{v_{ik}, d_{ik}\}$.

Будем предполагать, что изменения описываются одним из 3-х термов «практически не изменится», «увеличится несущественно», «увеличится существенно», каждый уровень (терм) описывали в виде треугольного нечеткого числа A с параметрами $\{A_L, A_M, A_R\}$ на основе опроса экспертов. Тогда, на основании предположения:

$$A = \text{«практически не изменится»} = \{1,00; 1,005; 1,02\},$$

$$B = \text{«увеличится несущественно»} = \{1,015; 1,02; 1,025\},$$

$$C = \text{«увеличится существенно»} = \{1,03; 1,04; 1,05\},$$

получим оценки для изменения объемов перевозок и доходов железнодорожного перевозчика для каждой стратегии в виде треугольных чисел. Эффективность внедрения стратегий будем оценивать как изменение отношения ожидаемого ежегодного дохода к планируемому годовому объему перевозок:

$$ef(U_i) = \frac{\sum_{k=1}^3 d_{ik}(U_i) \gamma_k - \alpha_i}{\sum_{k=1}^3 v_{ik}(U_i) \beta_k}. \quad (6)$$

Результаты расчетов представлены в Таблице 3 и на Рисунке 1.

На основе проведенных расчетов можно сделать вывод о предпочтительности стратегии U_1 – развитие комплекса транспортно-логистических услуг.

Таблица 3 – Оценка результатов применения стратегий с использованием нечеткой логики

Стратегии	Изменение общего объема V			Изменение суммарного дохода D			Изменение эффективности C		
	V_L	V_M	V_R	D_L	D_M	D_R	C_L	C_M	C_R
Стратегия U_1	1,006	1,011	1,019	1,015	1,021	1,028	0,996	1,010	1,023
Стратегия U_2	1,015	1,020	1,025	1,015	1,020	1,025	0,990	1,000	1,010
Стратегия U_3	1,006	1,011	1,019	1,012	1,017	1,023	0,993	1,006	1,017

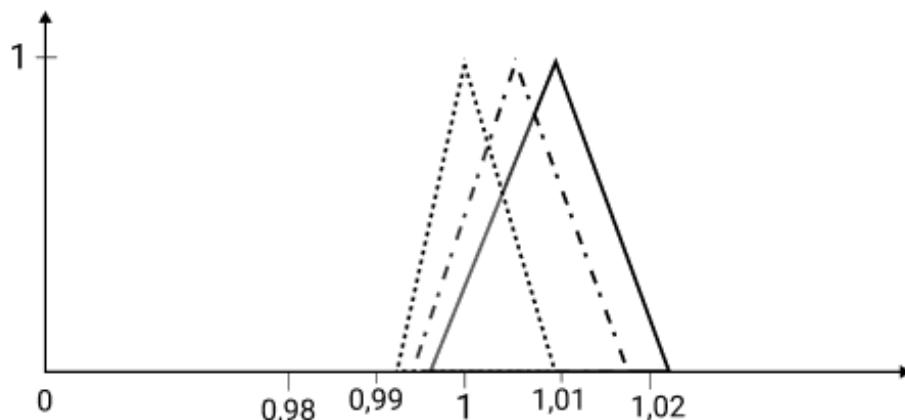


Рисунок 1 – Функции принадлежности для изменения эффективности перевозок
— $ef(U_1)$, ····· $ef(U_2)$, - - - $ef(U_3)$

В третьей главе выполнялось имитационное моделирование с учетом взаимосвязи изменения доходов и объемов, увеличения числа оцениваемых параметров и привлечения представителей грузоотправителей с целью проверки объективности экспертных оценок и повышения точности результатов, полученных с использованием нечеткой логики. Проводился анализ тех же стратегий, что и в Главе 2.

Были определены следующие этапы имитационного моделирования:

1. Прогнозирование для каждой группы клиентов и каждой стратегии производится отдельно. Клиенты группы упорядочиваются по убыванию объемов отгрузки.

2. Выбираются 3 клиента с наибольшими объемами и N (например, 5) клиентов случайным образом. Выбранные клиенты анализируются с точки зрения возможности увеличения объемов, чувствительности к скидкам, заинтересованности в использовании логистических услуг.

3. Для каждой стратегии и находим доверительный интервал для группы клиентов, по доверительному интервалу находим параметры логнормального распределения для изменения объемов клиента k -ой группы после применения i -ой стратегии.

4. Объем после применения холдингом стратегии U_i для каждого клиента группы моделируется с использованием логнормального распределения с найденными параметрами распределения. Доход для конкретного клиента рассчитывается по прогнозируемому объему на основе существующих тарифов (если стратегия не предполагает их изменения) или с учетом скидок.

5. Данные суммируются для всех клиентов, и получается прогнозная оценка объема перевозки и дохода компании при применении стратегии. Для оценки риска моделирование повторяется много раз для определения разброса полученных прогнозов.

Блок-схема описанного алгоритма представлена на Рисунке 2.

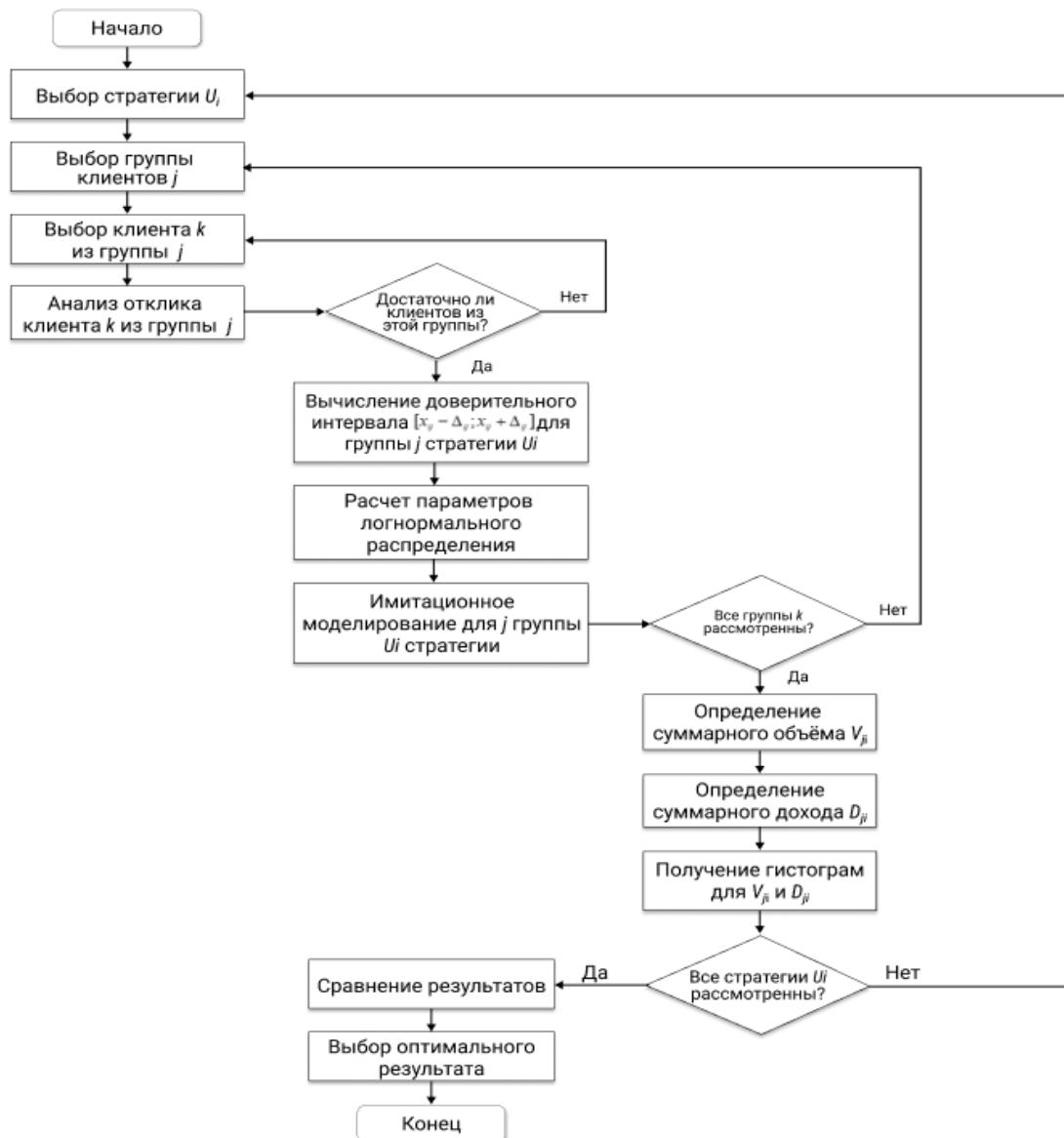


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма имитационного моделирования

По каждому отдельному (k -му) клиенту известны существующие в настоящее время объемы перевозок $V_0(k)$ и доход компании $D_0(k)$ от предоставленных услуг. Исходные данные представлены в виде массива объемов, тарифов и средних расстояний перевозки для всех грузов каждой группы $\{k, V_{0j}(k), c_j(k), s_j(k)\}$, $k = 1, \dots, N_j$, $j = 1, 2, 3$, где j — номер группы; k — номер клиента; $V_{0j}(k)$ — объем перевозок k -го клиента j -ой группы, $c(k)$ — железнодорожный тариф для данного вида груза, $s_j(k)$ — среднее расстояние перевозки этого клиента, N_j — количество клиентов в j -ой группе.

В результате обработки данных опроса клиентов и экспертных оценок получили интервальные оценки для ожидаемых изменений объемов перевозок и/или объемов использования логистических услуг в форме доверительных интервалов $[x_{ij} - \Delta_{ij}; x_{ij} + \Delta_{ij}]$ для каждой группы ($j = 1, 2, 3$) и каждой стратегии U_i отдельно ($i = 1, 2, 3$). При моделировании изменения объемов перевозок и/или логистических услуг для клиентов каждой группы использовали случайные величины $\xi_j(U_i)$, имеющие логнормальное распределение, поскольку оно в лучшей степени описывает мультипликативный эффект. Параметры логнормального распределения a_{ij} , s_{ij} выбирали таким образом, чтобы они соответствовали вероятности 0,95 попадания $\xi_j(U_i)$ в интервал $[x_{ij} - \Delta_{ij}; x_{ij} + \Delta_{ij}]$.

Из свойств логнормального распределения получаем

$$a_{ij} = 0,5(l_{ij}^- + l_{ij}^+), \quad s_{ij} = \frac{l_{ij}^+ - l_{ij}^-}{2\tau_{0,95}}, \quad \text{где } l_{ij}^- = \ln(x_{ij} - \Delta_{ij}); \quad l_{ij}^+ = \ln(x_{ij} + \Delta_{ij}), \quad (7)$$

$\tau_{0,95} = 1,96$ — двусторонняя критическая точка стандартного нормального распределения, соответствующая вероятности 0,95.

Все расчеты осуществлялись в процентах по отношению к текущему доходу компании D_0 , т. е. получалось гистограммное описание случайных величин ξ_i , η_i , представляющих изменение объема и дохода компании при реализации i -ой стратегии:

$$\eta_i = \frac{V(U_i)}{V_0}, \quad \xi_i = \frac{D(U_i)}{D_0}. \quad (8)$$

Для первой стратегии на основании взаимодействия с клиентами и экспертного анализа были определены 95% доверительные интервалы для изменения объемов перевозки после ее внедрения. Получили интервалы для второй группы $[x_{12} - \Delta_{12}; x_{12} + \Delta_{12}] = [0,99; 1,04]$, для третьей группы $[x_{13} - \Delta_{13}; x_{13} + \Delta_{13}] = [1,01; 1,05]$, для первой группы грузов по экспертным оценкам объемы практически не изменяются. По формулам (7) нашли параметры логнормального распределения случайных величин $\eta_j(U_1)$ моделирующих изменение объемов перевозки для второй и третьей групп грузов, получили $a_{12}=0,0146$, $s_{12}=0,0125$, $a_{13}=0,0294$, $s_{13}=0,00991$.

Аналогично оценивалось увеличение доходов от перевозки при применении 1-ой стратегии для каждой группы грузов в виде доверительного интервала. Для первой стратегии (в отличие от второй и третьей) планируемый доход увеличивается в связи с расширением спектра услуг и не связан напрямую с увеличением объема перевозки. Поэтому оценка изменения доходов компании при использовании первой стратегии проводилась параллельно оценке увеличения объемов. В данном случае увеличение доходов ожидается экспертами для всех групп грузов, но в разной степени. Расчетные доверительные интервалы равны $[0,99; 1,016]$ для первой группы, $[1,004; 1,028]$ для второй группы, $[1,015; 1,037]$ – для третьей группы. По доверительным интервалам находим параметры логнормального распределения для моделирования, как это было сделано выше.

Доход компании при выборе первой стратегии определяется как

$$D(U_1) = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^{N_j} D_0(k)(1 + \eta_j(k; U_1)) - u_1, \quad (9)$$

где u_1 — объем инвестиций в развитие транспортно-логистических услуг. Так как доход компании состоит из значительного числа слагаемых, его распределение близко к нормальному и характеризуется двумя параметрами — математическим ожиданием и дисперсией.

В результате имитационных расчетов получено, что после применения первой стратегии прогноз увеличения объема η_1 и дохода ξ_1 компании описывается нормально распределенными случайными величинами с параметрами $\eta_1 = N(1,0073; 0,0065)$, $\xi_1 = N(1,015; 0,0081)$. Гистограммы распределения объемов перевозки и доходов холдинга на Рисунке 3.

Было также проведено моделирование эффективности, среднее значение эффективности составило 1,009, среднее квадратичное отклонение 0,0098.

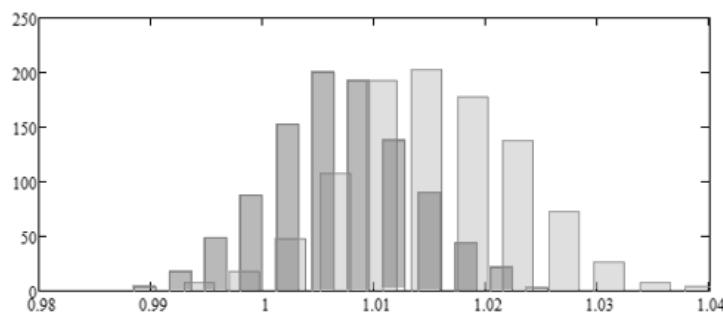


Рисунок 3 – Результаты моделирования применения стратегии U_1 . Темно-серый – изменения объемов перевозки, светло-серый – модельные значения изменения дохода компании, по вертикальной оси – количество клиентов в каждом интервале

При выборе **второй стратегии**, т.е. в случае предоставления постоянной скидки b на весь объем перевозки (стратегия U_2) доход компании определяется по формуле

$$D(U_2) = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^{N_j} (1-b(k))c(k)V_{1j}(k) = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^{N_j} (1-b(k))\left(1+\xi_j(k;U_2)\right)D_{0j}(k), \quad (10)$$

где $\xi_j(k;U_2)$ – независимые логнормально распределенные случайные величины, $k = 1, \dots, N_j$, описывающие увеличение объема от внедрения стратегии U_2 для компаний j -ой группы. На Рисунке 4 представлены гистограммы прогнозируемого увеличения объемов и доходов при применении стратегии U_2 .

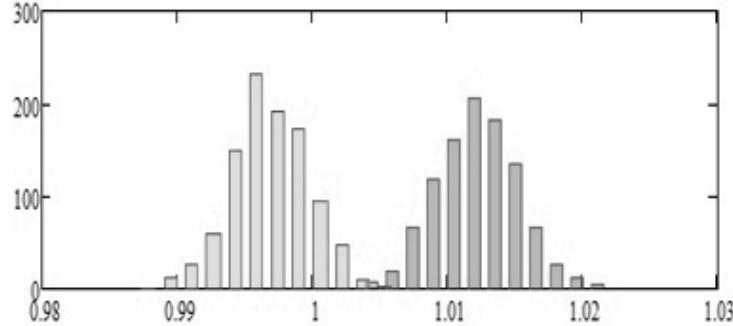


Рисунок 4 – Результаты моделирования применения стратегии U_2 : темно-серый – гистограмма изменения объемов перевозки, светло-серый – модельные значения изменения дохода компании

По результатам расчетов установлено, что постоянная скидка является невыгодной $\xi_2 = N(0,997;0,0028)$. Такой результат характеризуется тем, что эластичность объемов перевозки для многих видов грузов ниже единицы.

Третья стратегия U_3 состоит в предоставлении скидки, которая зависит от расстояния перевозки и имеет вид.

$$b(k, S) = \begin{cases} a, & \text{если } S \leq 1500 \\ 0,5a, & \text{если } 1500 < S \leq 4000 \\ 0,2a, & \text{если } S > 4000. \end{cases}$$

для расчетов брали $a = 0,025$. Доход компании при выборе третьей стратегии равен

$$D(U_3) = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^{N_j} (1-b(S_k))c(k)V_{1j}(k) = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^{N_j} (1-b(S_k))\left(1+\xi_j(k;U_3)\right)D_{0j}(k), \quad (11)$$

здесь S_k – среднее расстояние перевозки для k -го клиента.

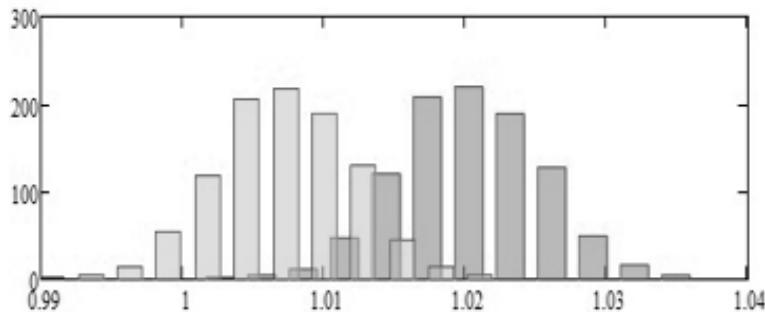


Рисунок 5 – Результаты моделирования применения стратегии U_3 . Темно-серый – изменение объемов перевозки, светло-серый – изменение дохода компании

Сравнивая результаты, полученные с помощью имитационного моделирования, с результатами применения нечеткой логики для анализа стратегий установили, что качественно прогноз, полученный в результате использования метода нечеткой логики, сохраняется. Однако, с учетом увеличения числа оцениваемых параметров и привлечением экспертных оценок со стороны представителей грузоотправителей, прогноз, полученный с помощью имитационного моделирования, является более осторожным, т.е. ниже оценивается уровень доходов при реализации каждой стратегии (Рисунок 6).

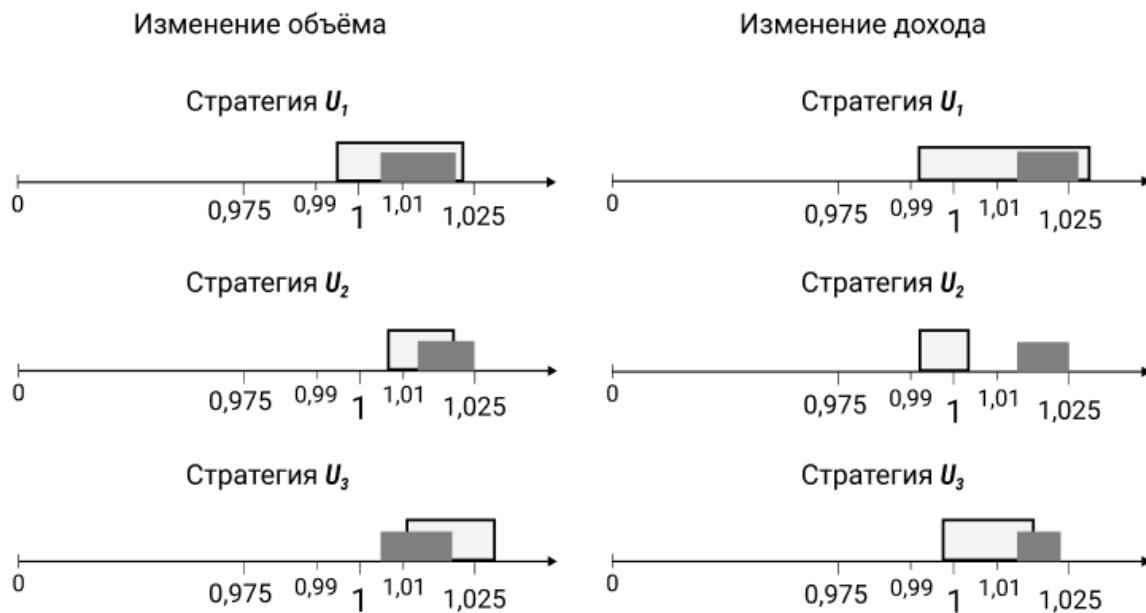


Рисунок 6 – Сравнение результатов имитационного моделирования с результатами, полученными во 2-ой главе. ■ – интервал, полученный с использованием нечетких чисел, □ – 95% доверительный интервал, рассчитанный с помощью имитационного моделирования

В четвертой главе предложена концепция цифровой торговой площадки на базе железнодорожного перевозчика с учетом опыта современной онлайн коммерции – транспортного маркетплейса.

Предполагается, что в транспортном маркетплейсе будут представлены транспортно-логистические услуги всех участников транспортного рынка: железнодорожные и автомобильные перевозки, складирование и перегрузка, услуги экспедиторов и таможенного брокера и т.д. А хозяйствующие субъекты смогут размещать объявление о покупке/продаже грузов, организовывая комплексную транспортную услугу в режиме одного «цифрового окна». В рамках сервиса грузоотправители смогут обратиться за комплексной транспортной услугой «от двери до двери» в формате «цифровой экспедитор» или же подбирать контрагентов из каждого контура логистических операторов. Графическая модель транспортного маркетплейса представлена на Рисунке 7.

Функционирование данной логистической системы направлено на развитие транспортного рынка России и дополнительную коммерциализацию холдинга ОАО «РЖД» с помощью продвижения диверсифицированных продуктов компании. Из-за множества потенциальных участников транспортного маркетплейса, отличающихся друг от друга не только по роду предоставляемых услуг, но и набором собственных информационных систем, предлагается при разработке цифрового сервиса использовать микросервисную архитектуру. Данний подход нацелен на создание единой бесшовной цифровой экосистемы транспортного рынка.

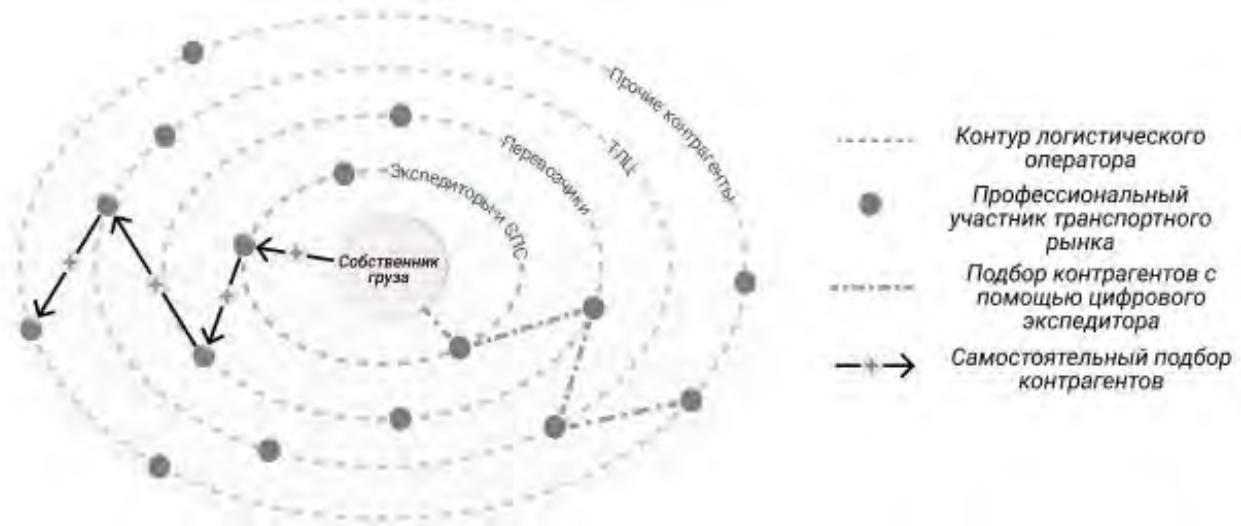


Рисунок 7 – Графическая модель транспортного маркетплейса

Для оценки предложенного подхода рассмотрим модели «как есть» и «как будет» на примере планирования транспортировки груза представителями предприятий малого и среднего бизнеса (Рисунок 8). В модели «как есть» грузоотправитель может либо обратиться к профессиональному 3PL оператору, либо организовать транспортировку самостоятельно.

В случае передачи логистики на аутсорсинг собственник груза несет дополнительные издержки в размере 30% от стоимости всей транспортировки груза за услуги 3PL оператора. Когда собственник груза самостоятельно организовывает транспортировку груза, то он вынужден взаимодействовать с каждым логистическим оператором, а также погружаться в разные информационные среды, которые окружают транспортных контрагентов.

Стоимость услуги «цифровой экспедитор» по делегированию логистики в транспортном маркетплейсе составляет 2-3 % от стоимости всей перевозки. В случае самостоятельной организации логистики грузоотправитель задает параметры перевозки. На основании заданных параметров в транспортном маркетплейсе формируются заявки, которые автоматически направляются в микросервисы каждого контрагента.

После рассмотрения заявок логистические операторы направляют коммерческие предложения грузоотправителю. Выбрав оптимальные или устраивающие предложения, собственник груза дает согласие на оказание услуг. Цифровой сервис снимает предусмотренную договором сумму с лицевого счета заказчика и распределяет ее между контрагентами, а электронные финансовые документы поступают в личный кабинет заказчика.

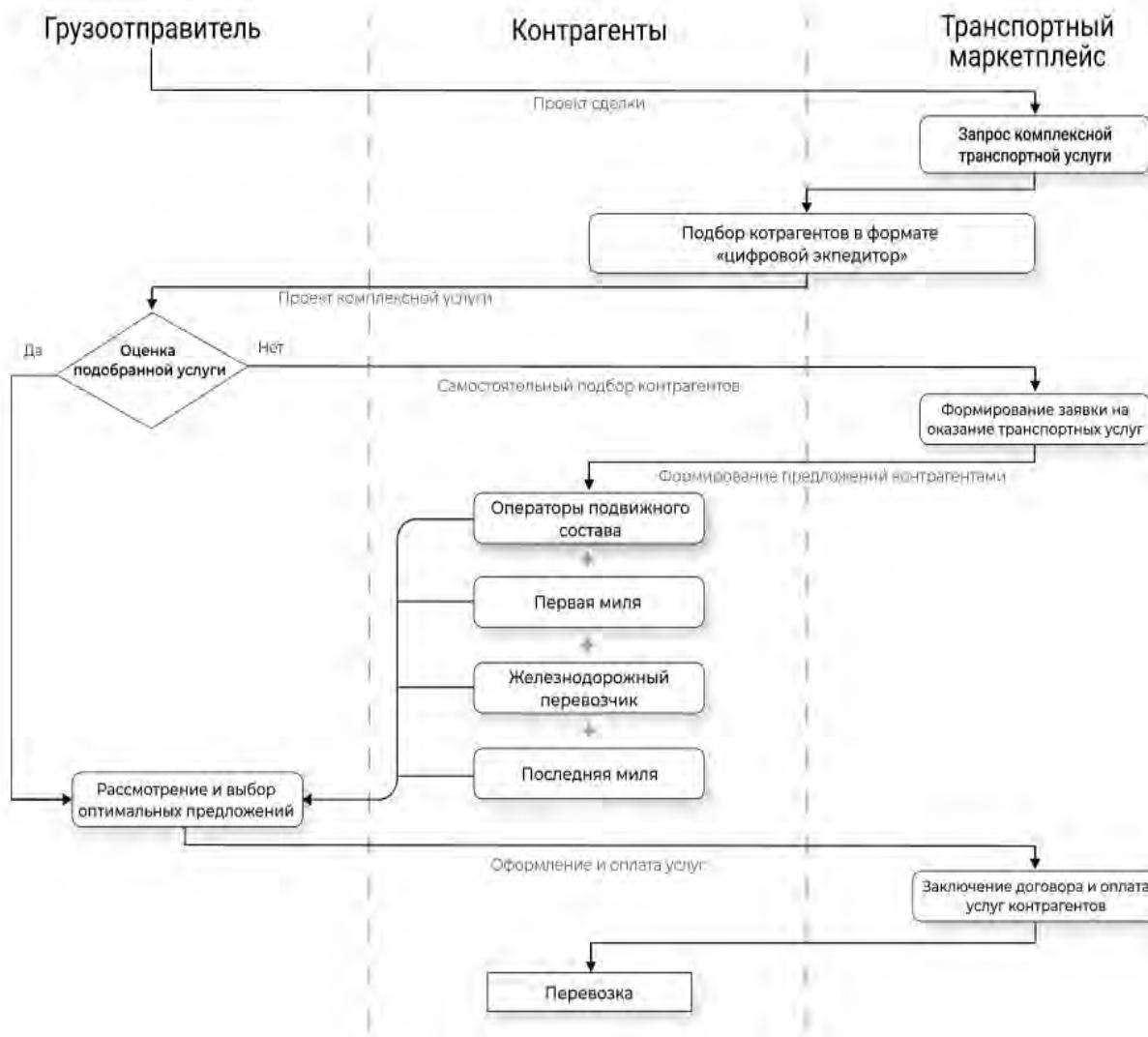


Рисунок 8 – Модель бизнес-процессов транспортного маркетплейса (как будет)

Предполагается, что транспортный маркетплейс позволит привлечь дополнительный объем перевозок на железнодорожный транспорт, а также сформирует дополнительные способы коммерциализации электронной площадки. Доход от внедрения цифрового маркетплейса можно записать в виде суммы доходов

$$FI = Income_{NI} + Income_{KI} + Income_{kl} + Income_{ac} + Income_N, \quad (12)$$

где $Income_N$ – доход от увеличения объемов перевозок; $Income_{ac}$ – доход агентского вознаграждения; $Income_{kl}$ – доход от услуги «цифровой экспедитор»;

$Income_{NI}$ – доход оказания дополнительных услуг; $Income_{KI}$ – доход размещения рекламных баннеров (структура ожидаемого дохода отражена на Рисунке 9).

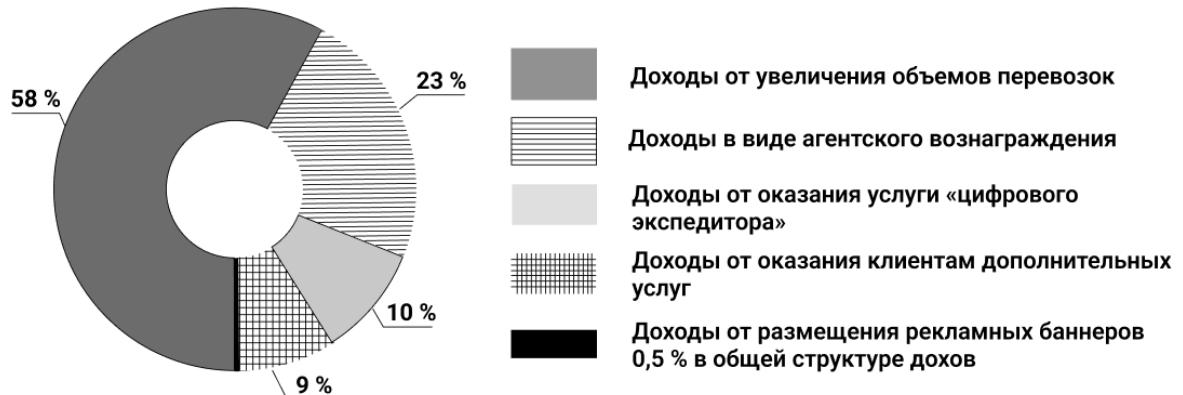


Рисунок 9 – Структура доходов транспортного маркетплейса

Доход от увеличения объемов перевозок $Income_N = N \cdot LV \cdot IR_{cp}$, где N – количество новых грузоотправителей после реализации транспортного маркетплейса; LV – среднее количество отправляемых вагонов одного грузоотправителя; IR_{cp} – средняя стоимость железнодорожной перевозки одного вагона.

Доход от агентского вознаграждения $Income_{ac} = V_p \cdot k \cdot AC$, где V_p – объем рынка транспортно-логистических услуг России; k – доля логистических операторов подключившихся к маркетплейсу; AC – агентское вознаграждение (от 1 до 3 %).

Доход от услуги «цифровой экспедитор» $Income_{kl} = N \cdot k_1 \cdot C \cdot V_u$, где k_1 – доля грузоотправителей, заинтересованных в услуге «цифровой экспедитор»; C – доля от общего объема транспортных услуг (2–5 %); V_u – объем услуг, подобранных через маркетплейс.

Доход от оказания дополнительных логистических услуг $Income_{NI} = NI \cdot \frac{V_1 - V_0}{V_0}$, где NI – доход от оказания текущего объема дополнительных услуг; V_0 – объем перевозок до реализации транспортного маркетплейса; V_1 – объем перевозок после реализации.

Доход от размещения рекламных баннеров на транспортном маркетплейсе равен $Income_{KI} = N \cdot b \cdot KI \cdot Sb$, где KI – количество размещенных рекламных баннеров; b – доля участников воспользовавшееся услугой рекламных баннеров; Sb – стоимость размещения одного баннера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения диссертационного исследования предложена авторская методика по оценке управленческих решений железнодорожного перевозчика в развитии транспортно-логистических услуг и технология оказания комплексной транспортной услуги в едином транспортно-информационном пространстве. В том числе решены следующие задачи:

1. Обобщены современные тенденции взаимодействия участников транспортного рынка и способы предоставления комплексной транспортной услуги. Рассмотрены модели развития холдинга ОАО «РЖД» в плане расширения спектра транспортных услуг и повышение уровня цифровизации клиентского сервиса.

2. Предложены методы оценки отклика собственников груза на потенциальные стратегии железнодорожного перевозчика по предоставлению транспортно-логистических услуг на основе нечеткой логики и имитационного моделирования.

3. Разработана методика для оценки управленческих решений развития транспортно-логистических услуг, основанная на математической модели в форме теоретико-игрового подхода.

4. Предложен способ организации транспортной услуги в едином транспортно-информационном пространстве на базе железнодорожного перевозчика в формате цифрового сервиса. Для реализации на площадке сервиса OLAP-системы разработана автоматизированная система по сбору информации с бирж грузоперевозок, которая непрерывно собирает сведения о потребностях в транспортировке грузов.

5. Предложены способы коммерциализации и их оценка для цифрового сервиса железнодорожного перевозчика, определен экономический эффект.

Практические рекомендации при применении разрабатываемых методик состоят в следующем: следует учитывать специфику полигона железной дороги при анализе структуры погрузки; при проведении опросов клиентов возможны субъективные оценки, поэтому рекомендуется привлечение экспертов со значительным опытом работы.

Перспективы дальнейшей разработки темы исследования:

1. Анализ большего количества стратегий железнодорожного перевозчика по развитию комплекса транспортно-логистических услуг в соответствии с разработанными методиками с увеличением числа параметров для имитационного моделирования.

2. Построение оптимизационной модели подбора транспортных услуг в транспортном маркетплейсе.

3. Разработка рекомендаций по интеграции транспортного маркетплейса с информационными системами государственных контролирующих органов, например, с Федеральной таможенной службой.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации

1. Тимофеева Г.А., **Хазимуллин А.Д.** Выбор оптимальных управлеченческих решений железнодорожного перевозчика с использованием нечеткой логики // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 2(94). – С. 173-180.
2. Тимофеева Г.А., **Хазимуллин А.Д.** Анализ стратегий по привлечению клиентов транспортно-логистических услуг холдинга «РЖД» с учетом дифференциации клиентов // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 1(57). – С. 64-72.
3. Тимофеева Г.А., **Хазимуллин А.Д.** Вероятностное моделирование поведения грузоотправителей при оценке программ лояльности на железнодорожном транспорте // Транспорт Урала. – 2023. – № 4(79). – С. 34-40.
4. Громов И.Д., **Хазимуллин А.Д.** Перспективы внедрения транспортного маркетплейса для грузоотправителей железнодорожного транспорта // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2024. - № 1(61). - С. 42-52.
5. **Khazimullin A.**, Zavalishchin D. Adaptive management of the loyalty program by a game theory approach // AIP Conference Proceedings, 2019. V. 2172, 080010.
6. **Khazimullin A.**, Zavalishchin D. Construction of the payoff matrix for the loyalty program model // AIP Conference Proceedings. 2021. V. 2333, 100003.
7. Timofeeva G., **Hazimullin A.** Application of the model of choice of transport mode based on the generalized trip cost // AIP Conference Proceedings, 2023. V. 2624, 050031.
8. Завалищин Д.С., **Хазимуллин А.Д.** Моделирование программы лояльности клиентов с помощью теории игр // Экономика и менеджмент систем управления. – 2021. – № 1(39). – С. 26-32.
9. **Хазимуллин А.Д.** Анализ программ лояльности в сфере грузовых перевозок // Железнодорожный транспорт и технологии: сборник трудов международной научно-практической конференции – Екатеринбург: УрГУПС, 2023. Вып. 1(249). – С. 227-229.
10. **Хазимуллин А.Д.** Влияние цифровых технологий на повышение уровня сервиса клиентов железнодорожного транспорта // Наука и образование транспорту. – 2022. – № 1. – С. 181-185.
11. Ваколюк К.К., **Хазимуллин А.Д.** «Автоматизированная система по сбору и обработки информации о потребностях грузоперевозки грузов на рынке грузоперевозок». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RU 2023669025, 06.09.2023.

Подписано в печать 16.10.2024. Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 1,2. Заказ 737. Тираж 100 экз.

УрГУПС, 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66