



КОНЦЕПЦИЯ МОДЕЛИ БЕСШОВНОЙ ИНТЕРМОДАЛЬНОЙ ЛОГИСТИКИ ТУРИСТОВ НА МАРШРУТАХ КРЫМ – КУБАНЬ

Тимиргалеева Р. Р. ORCID ID 0000-0002-3078-1050,
Гришин И. Ю. ORCID ID 0000-0001-5839-1858

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Севастопольский государственный университет», Севастополь, Российская Федерация,
e-mail: renatimir@gmail.com*

В статье рассматривается задача обеспечения сквозной транспортной доступности рекреационных территорий юга России на маршрутах Крым – Кубань. Цель исследования – разработать и обосновать концептуальную модель интермодальной логистики туристов на маршрутах Крым – Кубань, обеспечивающую сквозную транспортную доступность курортов и пригодную для распространения на Черноморский макрорегион. Обосновано, что в условиях сезонных колебаний спроса и инфраструктурных ограничений традиционные подходы к транспортному планированию, ориентированные на пропускную способность, не обеспечивают непрерывности обслуживания на всех этапах поездки, что снижает конкурентоспособность направления. Предложена концептуальная модель интермодальной логистики туристов CIM-Transit, критерием в которой выступает минимизация обобщенных транзакционных издержек туриста: времени, денежной стоимости и дискомфорта пересадки. Модель опирается на многоиндексную транспортную задачу и аппарат теории массового обслуживания; введен индекс логистического комфорта туриста. Эффективность модели оценивалась сравнением двух режимов координации, воспроизводимых в имитационной модели: базового (согласование через ведомственные регламенты, отсутствие синхронизации расписаний и единого билета) и модельного (алгоритмическое согласование расписаний, единый билет, оптимальное распределение потоков). Для минимизации рисков сезонной и погодной природы предложена матрица адаптивных механизмов. По результатам имитационного моделирования пилотной зоны «Севастополь – Ялта – Краснодар» согласование расписаний и единый билет снижают среднее время пересадки и повышают индекс логистического комфорта туриста. Обоснована роль регионального логистического оператора как координатора межрегиональных маршрутов.

Ключевые слова: интермодальная логистика, туристские потоки, транспортная доступность, время пересадки, логистический комфорт, многоиндексная задача, региональный логистический оператор

THE CONCEPT OF A SEAMLESS INTERMODAL LOGISTICS MODEL FOR TOURISTS ON THE CRIMEA–KUBAN ROUTES

Timirgaleeva R. R. ORCID ID 0000-0002-3078-1050,
Grishin I. Yu. ORCID ID 0000-0001-5839-1858

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
“Sevastopol State University”, Sevastopol, Russian Federation,
e-mail: renatimir@gmail.com*

This article examines the problem of ensuring end-to-end transport accessibility of recreational areas in southern Russia along the Crimea–Kuban route. The objective of the study is to develop and validate a conceptual model of intermodal tourist logistics along the Crimea–Kuban route, ensuring end-to-end transport accessibility of the resorts and suitable for extension to the Black Sea macroregion. It is substantiated that, given seasonal fluctuations in demand and infrastructure constraints, traditional capacity-based approaches to transport planning fail to ensure uninterrupted service at all stages of the journey, thereby reducing the competitiveness of the destination. A conceptual model of intermodal tourist logistics, CIM-Transit, is proposed. Its criterion is the minimization of generalized transaction costs for tourists—time, monetary value, and transfer discomfort. The model is based on a multi-index transport problem and the apparatus of queueing theory; a tourist logistics comfort index is introduced. The model's effectiveness was assessed by comparing two coordination modes reproduced in a simulation model: a basic one (coordination through departmental regulations, no schedule synchronization, and a single ticket) and a simulated one (algorithmic schedule coordination, a single ticket, and optimal flow distribution). A matrix of adaptive mechanisms was proposed to minimize seasonal and weather-related risks. Simulation results for the Sevastopol–Yalta–Krasnodar pilot zone showed that schedule coordination and a single ticket reduced the average transfer time and increased the tourist's logistics comfort index. The role of the regional logistics operator as a coordinator of interregional routes was substantiated.

Keywords: intermodal logistics, tourist flows, transport accessibility, transfer time, logistics comfort, multi-index problem, regional logistics operator

Введение

Рост внутреннего туристского потока в Российской Федерации, особенно в южных регионах, сопровождается устойчивым увеличением нагрузки на транспортную инфраструктуру. Коридор «Крым – Кубань» – одно из ключевых рекреационных направлений, однако его логистическая организация остается фрагментарной. Фрагментарность обусловлена отсутствием единых стандартов пересадки, рассогласованностью расписаний разных видов транспорта, дублированием билетных систем и низкой информационной прозрачностью пересадочных этапов. В условиях сезонных колебаний спроса и инфраструктурных ограничений традиционные подходы к транспортному планированию, ориентированные на пропускную способность, не обеспечивают непрерывности обслуживания на всех этапах поездки, что снижает конкурентоспособность направления.

Концепция мобильности как услуги (Mobility as a Service, MaaS), активно развиваемая в последнее десятилетие, предлагает интеграцию различных видов транспорта в единый сервис с общим планированием маршрута, оплатой и информированием [1–3]. Однако существующие исследования сосредоточены преимущественно на городских контекстах развитых стран; институциональные и инфраструктурные барьеры внедрения в иных условиях изучены слабее [4], а вопросы институционального оформления подобных систем остаются открытыми [5]. Специфика рекреационных межрегиональных маршрутов – высокая сезонность, разнородность категорий туристов, объемный багаж, зависимость от природно-климатических факторов – в этих работах практически не рассматривается. Это определяет необходимость целенаправленной адаптации зарубежного опыта MaaS к условиям российских рекреационных территорий – прежде всего к межрегиональной координации между двумя субъектами РФ (Республика Крым и Краснодарский край), выраженной сезонной неравномерности спроса и инфраструктурным ограничениям южных курортов, – а не к его прямому переносу из городских контекстов. В российской практике мультимодальные пассажирские и туристические перевозки исследуются преимущественно применительно к железнодорожному транспорту и отдельным экскурсионным маршрутам [6; 7].

Под интермодальной логистикой туристов в настоящей работе понимается организация сквозной перевозки в границах единого маршрута при последовательном

использовании нескольких видов транспорта, при которой согласование расписаний, тарифов и информационного сопровождения обеспечивает воспринимаемому туристом непрерывность поездки, а не только физическую стыковку видов транспорта в пересадочном узле. Научная проблема состоит в отсутствии модели интермодальной логистики, ориентированной не на максимизацию провозной способности, а на минимизацию транзакционных издержек туриста при смене видов транспорта. Известно, что транспортная доступность, измеряемая через время и стоимость поездки, тесно связана с развитием туристической экономики территории [8]; при этом интеграция тарифов сама по себе дает умеренный эффект и должна сопровождаться согласованием расписаний и институциональными механизмами [9]. Сервисы MaaS, разрабатываемые исходя из управленческих, а не пользовательских потребностей, не всегда устраняют реальные затруднения поездки [10], что дополнительно обосновывает смещение фокуса на издержки туриста.

Цель исследования – разработать и обосновать концептуальную модель интермодальной логистики туристов на маршрутах Крым – Кубань, обеспечивающую сквозную транспортную доступность курортов и пригодную для распространения на Черноморский макрорегион.

Научная новизна работы заключается в следующем. Во-первых, предложена формализация бесшовности пересадки через интегральный индекс логистического комфорта туриста (ИЛКТ). Во-вторых, разработана многоуровневая архитектура модели, увязывающая физическую инфраструктуру, цифровые механизмы согласования расписаний, институты межрегиональной кооперации и тарифные инструменты, с математической постановкой задачи оптимального распределения туристопотоков, критерием которой выступает минимизация обобщенных транзакционных издержек туриста. В-третьих, обоснована роль регионального логистического оператора как института, обеспечивающего сквозную ответственность за качество пересадки и распределение доходов между перевозчиками.

Материалы и методы исследования

Методологическую основу составили системный анализ, структурно-функциональное моделирование, экспертные оценки (метод Delphi) и имитационное моделирование пассажиропотоков. Математический аппарат опирается на теорию много-

индексных транспортных задач линейного программирования и теорию массового обслуживания применительно к транспортным узлам [11]; денежная оценка времени поездки вводится в соответствии с концепцией стоимости времени (value of time) [12], а готовность туристов оплачивать интегрированный сервис – по данным исследований спроса на услуги типа MaaS [13]. Эмпирической областью приложения выбрана зона «Севастополь – Ялта – Краснодар», объединяющая основные логистические узлы региона (морской порт, железнодорожную станцию, аэропорт, автодорожные коридоры) и характеризующаяся высокой сезонной нагрузкой и наличием межрегионального трансфера. Для параметризации модели использовались открытые данные перевозчиков (интервалы движения, тарифы, число каналов обслуживания в узлах) и экспертные оценки; масштаб и сезонная неравномерность туристского потока в регионе, определившие выбор пилотной зоны и ее параметров, опираются на официальную статистику [14]. Значения параметров сведены в таблице 1.

Эффективность модели оценивалась сравнением двух режимов координации, воспроизводимых в имитационной модели: базового (согласование через ведомственные регламенты, отсутствие синхронизации расписаний и единого билета) и модельного (алгоритмическое согласование расписаний, единый билет, оптимальное распределение потоков). Сопоставлялись среднее время пересадки, полное время в пути, обобщенные издержки туриста и индекс логистического комфорта.

Для статистической состоятельности сравнения, в отличие от единичного сценарного расчета, оба режима координации оценивались методом Монте-Карло: $N = 2000$ парных прогонов модели (2)–(11). В каждом прогоне случайно разыгрывался сезонный сценарий (пик – с вероятностью 0,30, межсезонье – 0,55, возмущение/сбой оператора – 0,15) и пуассоновская реализация прибытия пассажиров на каждый хаб при интенсивности, согласованной с целевой загрузкой ρ_i ; показатели базового и модельного режимов рассчитывались для одного и того же розыгрыша сценария, что позволило применить парный статистический критерий. Компоненты индекса ИЛКТ u_i , u_C , u_A оценивались экспертно (метод Delphi, с остаточной случайной вариацией); u_T рассчитывался из подмодели (8)–(9), u_E – из эргономического балла при условном максимуме 10 баллов.

Для оценки зрелости институциональной координации введен индекс контрактно-институциональной связности (ИКИС) – взвешенная свертка четырех нормированных на отрезок $[0; 1]$ показателей (1):

$$\text{ИКИС} = 0,3 \cdot I_{\text{API}} + 0,3 \cdot I_{\text{Mon}} + 0,2 \cdot I_{\text{Rev}} + 0,2 \cdot I_{\text{Cov}}, \quad (1)$$

где I_{API} – интероперабельность информационных систем операторов; I_{Mon} – уровень автоматизации мониторинга исполнения норм обслуживания; I_{Rev} – регулярность пересмотра метрик; I_{Cov} – доля маршрутов, охваченных единым стандартом сервиса. Веса установлены экспертно (метод Delphi). Значение $\text{ИКИС} \geq 0,75$ интерпретируется как достижение устойчивой координации.

Таблица 1

Исходные параметры имитационной модели зоны «Севастополь – Ялта – Краснодар»

Параметр	Значение
Стоимость времени туриста α	250 руб./ч
Оценка единицы дискомфорта β	90 руб./балл
Нормативный стык δ	15 мин.
Хаб «Симферополь»	$H_1 = 60$ мин.; $m_1 = 4$; $\mu_1 = 30$ пасс.·ч ⁻¹
Хаб «Тамань-мост»	$H_1 = 120$ мин.; $m_1 = 3$; $\mu_1 = 40$ пасс.·ч ⁻¹
Хаб «Краснодар»	$H_1 = 40$ мин.; $m_1 = 4$; $\mu_1 = 35$ пасс.·ч ⁻¹
Веса ИЛКТ: w_T ; w_E ; w_I ; w_C ; w_A	0,30; 0,20; 0,20; 0,15; 0,15

Источник: экспертные оценки авторов и открытые данные перевозчиков; нормировочный порог времени пересадки $\tau_{\text{max}} = 90$ мин. Здесь и далее: H_1 – интервал движения соединительного транспорта, мин.; m_1 – число каналов обслуживания хаба; μ_1 – интенсивность обслуживания одного канала, пасс./ч.

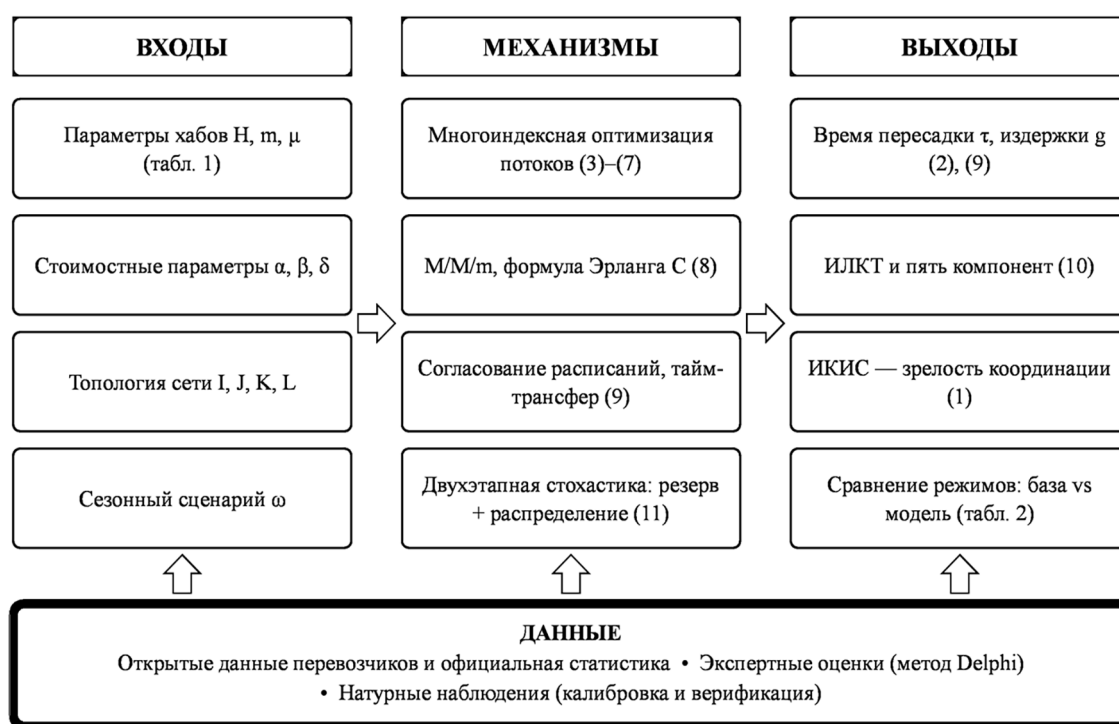


Схема «входы – механизмы – выходы – данные» модели CIM-Transit
Источник: составлено авторами

Общая архитектура модели – от исходных данных и параметров до расчетных механизмов и выходных показателей – обобщена на рисунке.

Результаты исследования и их обсуждение

Бесшовность пересадки трактуется как состояние, при котором физический, информационный, тарифный и временной разрывы снижены до уровня, не воспринимаемого туристом как существенные издержки. Сеть макрорегиона описывается множествами: I – пункты входа туристопотока; J – дестинации; K – модальные цепочки (связки видов транспорта); L – пересадочные хабы. Переменная $x_{ijkl} \geq 0$ – объем потока (пасс./сут.), направляемого из i в j через хаб l по цепочке k . Постановка обобщает многоиндексную транспортную задачу на пассажирские рекреационные потоки.

В отличие от классических постановок минимизируются обобщенные транзакционные издержки туриста (2):

$$g_{ijkl} = c_{ijkl} + \alpha t_{ijkl} + \beta s_{ijkl}, \quad (2)$$

где c_{ijkl} – денежная стоимость поездки, руб./пасс.; t_{ijkl} – полное время в пути с учетом пересадки, ч; s_{ijkl} – эргономический компонент (число пересадок, пеший трансфер), усл. балл; α – стоимость единицы времени

туриста, руб./ч; β – денежная оценка единицы дискомфорта, руб./балл.

Задача оптимального распределения туристопотоков (3)–(7):

$$\min Z = \sum_{i,j,k,l} g_{ijkl} \cdot x_{ijkl} \quad (3)$$

при ограничениях баланса прибытия (4), спроса дестинаций (5), пропускной способности хабов (6) и провозной способности модальных цепочек (7):

$$\sum_{j,k,l} x_{ijkl} = a_i, \quad i \in I; \quad (4)$$

$$\sum_{i,k,l} x_{ijkl} = b_j, \quad j \in J; \quad (5)$$

$$\sum_{i,j,k} x_{ijkl} \leq Q_l, \quad l \in L; \quad (6)$$

$$\sum_{i,j,l} x_{ijkl} \leq V_k, \quad k \in K. \quad (7)$$

Полное время t_{ijkl} складывается из времени движения и суммы времен пересадки τ_l по хабам маршрута. Обслуживание в хабе (контроль, посадка, багаж) моделируется системой M/M/m с интенсивностью прибытия λ_l , интенсивностью обслуживания канала μ_l и числом каналов m_l (загрузка $\rho_l = \lambda_l / (m_l \cdot \mu_l)$); среднее время ожидания рассчитывается по формуле Эрланга С [11] (8):

$$W_q(l) = P_{ож} / (m_l \mu_l - \lambda_l), \quad (8)$$

где Рож – вероятность ожидания (Эрланг С).

Полное время пересадки (9):

$$\tau_1 = W_q(I) + t_{\text{л,пеш}} + w_{\text{л,синх}}, \quad (9)$$

где $w_{\text{л,синх}}$ – время рассогласования расписаний смежных видов транспорта. В базовом режиме $w_{\text{л,синх}} \approx H_1/2$ (H_1 – интервал движения соединительного транспорта); при согласовании расписаний по принципу тайм-трансфера [15] оно снижается до нормативного стыка δ (≤ 15 мин.). Сокращение этого слагаемого и составляет основной механизм снижения времени пересадки. Для маршрута вводятся пять частных показателей, нормированных на $[0; 1]$ (1 – наилучшее значение): $u_T = 1 - \min(\tau/\tau_{\text{max}}, 1)$ (время пересадки, из (9)); u_E (эргономика); u_I (информационная прозрачность); u_C (тарифная предсказуемость); u_A (доступность для маломобильных групп). Интегральный индекс логистического комфорта туриста (10):

$$\text{ИЛКТ} = w_T u_T + w_E u_E + w_I u_I + w_C u_C + w_A u_A, \quad (10)$$

при $\sum w = 1$; веса w установлены экспертно (метод Delphi). Значение ИЛКТ $\geq 0,80$ соответствует состоянию бесшовности. Компонента u_T вычисляется из подмодели (8)–(9), что связывает институционально-технологические решения с измеримым потребительским эффектом. Спрос $b_j(\omega)$ и провозные способности $V_k(\omega)$ зависят от сезонного сценария ω (пик, межсезонье, возмущение). Применяется двухэтапная стохастическая постановка: на первом этапе принимаются решения о резервах (число каналов, резервные коридоры), на втором – распределение потоков; минимизируется ожидание обобщенных издержек (11):

$$\min E_\omega [\sum_{i,j,k,l} g_{ijkl} \cdot x_{ijkl}(\omega)] + R, \quad (11)$$

где R – затраты на резервирование первого этапа.

Загрузка хабов во всех узлах ниже единицы ($\rho = 0,54\text{--}0,71$). Низкое значение само по себе не свидетельствует о проблеме: часть резерва мощности сознательно закладывается на случай сезонных пиков и нештатных ситуаций, а целевым ориентиром устойчивой работы хаба в период сезонных пиков выступает диапазон 60–85% (табл. 5). Вместе с тем для хабов «Тамань-мост» ($\rho = 0,58$) и «Краснодар» ($\rho = 0,54$) текущая загрузка ниже этого ориентира, что допускает двоякую трактовку – как запланированный резерв под пиковую нагрузку либо как недоиспользование мощности узла вне высокого сезона; разграничение этих сценариев требует данных о фактической сезонной динамике спроса и выходит за рамки представленной имитационной модели.

По результатам $N = 2000$ парных прогонов (табл. 2) согласование расписаний и единый билет статистически значимо снижают среднее время пересадки на 54,6% (с $47,6 \pm 14,2$ до $21,6 \pm 4,0$ мин.; парный t -критерий, $p < 0,001$) и обобщенные издержки туриста – на 11,4% (с $2\,840 \pm 120$ до $2\,517 \pm 82$ руб.; $p < 0,001$), а индекс логистического комфорта возрастает с $0,51 \pm 0,05$ до $0,82 \pm 0,02$ ($p < 0,001$); размер эффекта большой во всех трёх показателях: от $|\text{Cohen's } d| = 1,89$ для времени пересадки и 2,41 для издержек туриста до 5,90 для индекса ИЛКТ. Порог бесшовности (ИЛКТ $\geq 0,80$) в базовом режиме не достигается ни в одном из 2000 прогонов, в модельном – достигается в 86,7% прогонов; на сценарии сезонного пика и возмущений (где даже координированное расписание не полностью компенсирует возросшую нагрузку на хабы) приходится 84,6% случаев недостижения порога, тогда как в межсезонье порог не достигается лишь в 3,6% прогонов.

Таблица 2

Сравнение режимов координации
по результатам $N = 2000$ парных прогонов Монте-Карло

Показатель	Базовый режим ($M \pm SD$, 95% ДИ)	Модельный режим ($M \pm SD$, 95% ДИ)	Изменение	p
Среднее время пересадки, мин.	$47,6 \pm 14,2$ [47,0; 48,2]	$21,6 \pm 4,0$ [21,4; 21,8]	–54,6%	<0,001
Среднее полное время в пути, ч	$3,80 \pm 0,25$ [3,78; 3,81]	$3,36 \pm 0,11$ [3,36; 3,37]	–11,4%	<0,001
Средний эргономический балл	$4,82 \pm 0,87$ [4,79; 4,86]	$2,48 \pm 0,58$ [2,46; 2,51]	–48,5%	<0,001
Обобщенные издержки на туриста, руб.	$2\,840 \pm 120$ [2 834; 2 845]	$2\,517 \pm 82$ [2 513; 2 520]	–11,4%	<0,001
Индекс логистического комфорта (ИЛКТ)	$0,505 \pm 0,053$ [0,503; 0,508]	$0,821 \pm 0,019$ [0,820; 0,822]	+62,4%	<0,001

Источник: расчеты авторов по модели (2)–(11), $N = 2000$ парных прогонов (см. «Материалы и методы»). $M \pm SD$ – среднее и стандартное отклонение по прогонам; 95% ДИ для среднего; p – парный t -критерий база/модель. Загрузка хабов при базовых (немодулированных сценарием) λ : ρ Симферополь – 0,71; Тамань-мост – 0,58; Краснодар – 0,54.

Таблица 3

Компоненты индекса ИЛКТ по режимам (среднее $\pm$ SD по прогонам)

Компонента	Смысл	Базовый режим	Модельный режим
u_T	время пересадки, из подмодели (8)–(9)	$0,471 \pm 0,158$	$0,760 \pm 0,044$
u_E	эргономика, из балла s (max 10)	$0,518 \pm 0,087$	$0,752 \pm 0,058$
u_I	информационная прозрачность (эксперт.)	$0,401 \pm 0,050$	$0,899 \pm 0,031$
u_C	тарифная предсказуемость (эксперт.)	$0,600 \pm 0,050$	$0,900 \pm 0,029$
u_A	доступность для маломобильных групп (эксперт.)	$0,601 \pm 0,049$	$0,850 \pm 0,029$

Источник: u_T и u_E – расчет по модели за те же $N = 2000$ прогонов; u_I , u_C , u_A – экспертные оценки (метод Delphi, как и веса ИЛКТ в таблице 1) с малой остаточной случайной вариацией. Взвешенная сумма компонент с весами из таблицы 1 воспроизводит агрегат ИЛКТ из таблицы 2 (0,505 и 0,821 соответственно).

Таблица 4

Уровни модели CIM-Transit

Уровень	Функциональное назначение	Ключевые элементы
Физико-инфраструктурный	Пространственная организация узлов	Мультимодальные хабы, зонирование потоков, крытые переходы, багажная обработка
Цифрово-информационный	Данные, алгоритмы, интерфейсы	Единая платформа планирования и оплаты, согласование расписаний, единый билет, информирование пассажира
Организационно-управленческий	Институты, регламенты, ответственность	Межрегиональный координационный совет, региональный логистический оператор, единый стандарт сервиса
Экономико-тарифный	Финансовые потоки, ценообразование	Сквозной тариф, распределение доходов между перевозчиками, субсидирование социально значимых стыков

Источник: составлено авторами.

Таблица 5

Механизмы адаптации модели к риск-факторам

Риск-фактор	Адаптивный механизм	Ожидаемый эффект
Сезонные пики (июль–август)	Перераспределение провозных способностей, тарифные стимулы для сдвига спроса	Стабилизация загрузки хабов в диапазоне 60–85%
Погодные аномалии (шторм, туман)	Активация резервных авто- и ж/д коридоров, автоматические компенсации	Снижение дисперсии времени пересадки
Сбой у одного оператора (отмена рейсов, приостановка работы перевозчика)	Перенаправление потоков, фонд экстренных компенсаций	Сохранение ИЛКТ на приемлемом уровне
Нормативные изменения	Процедурный пересмотр параметров обслуживания (положения о периодическом пересмотре)	Адаптация модели в короткие сроки

Источник: составлено авторами; графа «Ожидаемый эффект» отражает качественную экспертную оценку направленности механизма, а не результат расчета по модели (2)–(11).

Разбивка индекса ИЛКТ по пяти нормированным компонентам, использованным при расчете агрегата, приведена в таблице 3.

Концепция CIM-Transit (Continuous Intermodal Mobility for Tourism) реализуется на четырех взаимодополняющих уровнях (табл. 4).

Операционально модель опирается на согласование расписаний смежных видов транспорта (снижение $w_{I, \text{снх}}$ в (9)), интеграцию билетных систем в единый проездной документ, динамическую корректировку отправок соединительного транспорта при отставании подвозящего рейса и проце-

дуры обратной связи для калибровки нормативов обслуживания. Для минимизации рисков сезонной и погодной природы предусмотрена матрица адаптивных механизмов (табл. 5).

Предложенная модель отличается от традиционных подходов к транспортному планированию тем, что в качестве критерия использует не пропускную способность, а обобщенные транзакционные издержки туриста: денежные, временные и связанные с дискомфортом пересадки. Такая постановка смещает акцент на восприятие поездки пользователем и согласуется с трактовкой времени поездки как существенной составляющей издержек [14] и как меры транспортной доступности, влияющей на туристическую экономику территории. В отличие от городских решений типа MaaS, ориентированных на регулярные поездки в условиях плотной сети, рассматриваемая модель учитывает высокую сезонность, разнородность категорий туристов и зависимость от природно-климатических факторов, характерные для рекреационных межрегиональных маршрутов.

Результаты расчета показывают, что основной вклад в снижение издержек дает не интеграция тарифов сама по себе, а согласование расписаний смежных видов транспорта: именно сокращение времени рассогласования в выражении (9) обеспечивает снижение времени пересадки. Это согласуется как с выводом об умеренном самостоятельном эффекте тарифной интеграции, так и с результатами исследований согласованных пересадок (тайм-трансфера) в общественном транспорте [15]. Тем самым тарифные механизмы, а также механизмы согласования расписаний выступают взаимодополняющими, а не взаимозаменяемыми.

Ключевым институциональным элементом модели выступает региональный логистический оператор (РЛО), обеспечивающий сквозную ответственность за качество пересадки, согласование стандартов обслуживания и распределение доходов между перевозчиками. По функциям он близок к роли интегратора (брокера) услуг мобильности, обсуждаемой в литературе по MaaS [5; 13], однако адаптирован к условиям межрегиональной кооперации, где требуется согласование интересов независимых перевозчиков и органов власти двух субъектов.

Институциональный механизм РЛО опирается на иерархию, обозначенную в таблице 4: межрегиональный координационный совет (представители органов власти Республики Крым и Краснодарского края, перевозчиков и инфраструктурных операторов) утверждает единый стандарт сервиса

и принципы распределения доходов между перевозчиками, а РЛО как исполнительный орган реализует эти решения на операционном уровне – ведет расчеты с перевозчиками пропорционально их фактическому участию в перевозке по сквозному тарифу и несет ответственность перед координационным советом за соблюдение нормативов пересадки. Алгоритмическая оптимизация расписаний (снижение $w_{\text{снхх}}^1$ в (9)) технически сокращает время рассогласования, но не заменяет эту институциональную функцию: распределение доходов между независимыми перевозчиками из разных субъектов РФ, разрешение споров между ними и юридически значимые обязательства сторон требуют полномочий, которые не могут быть делегированы вычислительному алгоритму.

Сервисы MaaS, разрабатываемые из управленческих, а не пользовательских потребностей, не всегда устраняют реальные затруднения поездки; предлагаемый критерий издержек туриста и индекс ИЛКТ призваны устранить этот разрыв.

Ограничения применимости модели связаны с необходимостью гармонизации нормативной базы, обеспечения совместимости билетных систем перевозчиков и создания механизмов межбюджетного финансирования для поддержки социально значимых стыков. Эти барьеры типичны для внедрения интегрированных транспортных сервисов вне крупных городских агломераций. Представленные количественные оценки получены на имитационной модели при экспертно заданных параметрах (табл. 1), откалиброванных для пилотной зоны «Севастополь – Ялта – Краснодар»; перенос модели на другие маршруты требует пересчета этих параметров по фактическим данным, а не прямого заимствования полученных значений. Наряду с накоплением данных натурных наблюдений это определяет направление дальнейшей эмпирической верификации. Отдельного уточнения требует и состав индекса ИЛКТ: в текущей версии он формализует комфортность и бесшовность пересадки, но не включает показатель безопасности туриста – его оценка предполагается отдельным модулем в дальнейших исследованиях.

Распространение модели на Черноморский макрорегион предполагается по принципу «опорный узел – периферийные узлы» (hub-and-spoke) с сохранением единого стандарта обслуживания. Критическими условиями выступают институциональная гармонизация (унификация нормативов и арбитражный механизм на базе РЛО), технологическая совместимость билетных си-

стем как условие допуска операторов и экономическая сбалансированность (распределение доходов и субсидирование стыков в межсезонье). Получаемые результаты соответствуют задачам «Стратегии развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 года» [16].

С экономической точки зрения полученные результаты допускают следующую интерпретацию. Снижение обобщенных издержек туриста на 11,4% (табл. 2) в терминах экономической теории представляет собой выигрыш потребителя, формирующийся за счет сокращения времени пересадки и эргономического дискомфорта, а не за счет прямого субсидирования тарифа: денежный компонент тарифа в обоих режимах практически не отличается, разница в издержках создается временем и комфортом. Согласно исследованиям готовности туристов оплачивать интегрированные MaaS-сервисы [13], часть этого выигрыша может быть капитализирована через тариф на единый билет, образуя источник дохода регионального логистического оператора для финансирования координационных функций и субсидирования социально значимых межсезонных стыков без постоянной бюджетной дотации. Сокращение среднего времени пересадки более чем наполовину (54,6%) отражает не только рост комфорта, но и высвобождение пропускной способности хабов, что при прочих равных условиях снижает потребность в дополнительных капитальных вложениях в расширение инфраструктуры и повышает отдачу от уже существующих узлов. В масштабе региона совокупный экономический эффект пропорционален фактическому объему перевозок по маршруту и требует отдельной оценки на данных натурных наблюдений; в этом смысле представленные удельные показатели (в расчете на одного туриста) образуют основу для последующего бюджетного и инвестиционного анализа при разработке региональных программ развития туристской транспортной инфраструктуры.

Заключение

Разработана концептуальная модель интермодальной логистики туристов CIM-Transit для маршрутов Крым – Кубань, в которой критерием выступает минимизация обобщенных транзакционных издержек туриста. Модель объединяет многоиндексную постановку задачи распределения туристопотоков, подмодель времени пересадки на основе теории массового обслуживания и стохастический учет сезонности спроса.

Введен индекс логистического комфорта туриста (ИЛКТ), формализующий оцен-

ку бесшовности пересадки через пять нормированных показателей и позволяющий количественно сопоставлять варианты организации маршрутов. Показано, что компонента времени пересадки в индексе непосредственно определяется параметрами обслуживания в узлах и степенью согласования расписаний.

Имитационное моделирование пилотной зоны методом Монте-Карло ($N = 2000$ парных прогонов) показало в рамках имитационной модели и принятых предпосылок, что согласование расписаний и единый билет статистически значимо ($p < 0,001$) снижают среднее время пересадки и обобщенные издержки туриста и переводят маршрут в состояние бесшовности по ИЛКТ в большинстве прогонов модельного режима. Обоснована институциональная роль регионального логистического оператора как координатора межрегиональных маршрутов и алгоритм распространения модели на Черноморский макрорегион.

Практическая значимость работы состоит в возможности использования модели при разработке региональных программ развития транспортной инфраструктуры, формировании единых билетных систем и стандартов туристского сервиса. Дальнейшие исследования связаны с эмпирической верификацией параметров модели на данных натурных наблюдений, развитием подмодели согласования расписаний и оценкой влияния бесшовной логистики на устойчивость рекреационных территорий.

Список литературы

1. Hensher D. A. Future bus transport contracts under a mobility as a service (MaaS) regime in the digital age: Are they likely to change? // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2017. Vol. 98. P. 86–96. DOI: 10.1016/j.tra.2017.02.006.
2. Jittrapirom P., Caiati V., Feneri A.-M., Ebrahimigharehbaghi S., Alonso-González M. J., Narayan J. Mobility as a Service: A Critical Review of Definitions, Assessments of Schemes, and Key Challenges // *Urban Planning*. 2017. Vol. 2. № 2. P. 13–25. DOI: 10.17645/up.v2i2.931.
3. Wong Y. Z., Hensher D. A., Mulley C. Mobility as a service (MaaS): Charting a future context // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2020. Vol. 131. P. 5–19. DOI: 10.1016/j.tra.2019.09.030.
4. Hasselwander M., Bigotte J. F. Mobility as a Service (MaaS) in the Global South: research findings, gaps, and directions // *European Transport Research Review*. 2023. Vol. 15. Art. 27. DOI: 10.1186/s12544-023-00604-2.
5. Smith G., Hensher D. A. Towards a framework for Mobility-as-a-Service policies // *Transport Policy*. 2020. Vol. 89. P. 54–65. DOI: 10.1016/j.tranpol.2020.02.004.
6. Волкова Е. М. Мультимодальные пассажирские перевозки как инструмент повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта // *Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике*. 2022. № 1–2 (98–99). С. 27–30. EDN: RGLGUA. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/multimodalnye-passazhirskie-perevozki-kak-instrument-povysheniya-konkurentosposobnosti-zheleznodorozhnogo-transporta> (дата обращения: 17.08.2026).

7. Гончарова Н. Ю., Большаков Р. С., Давыдова Н. В. Организация пассажирских перевозок смешанного типа. Мультимодальные туристические перевозки // Известия Транссиба. 2023. № 2 (54). С. 68–79. URL: [http://izvestia-transsiba.ru/images/journal_pdf/2023-2\(54\).pdf](http://izvestia-transsiba.ru/images/journal_pdf/2023-2(54).pdf) (дата обращения: 17.07.2026).
8. Zhuang S., Xia N., Gao X., Zhao X., Liang J., Wang Z., Li M. Coupling coordination analysis between railway transport accessibility and tourism economic connection during 2010–2019: A case study of the Yangtze River Delta // Research in Transportation Business & Management. 2024. Vol. 55. Art. 101134. DOI: 10.1016/j.rtbm.2024.101134.
9. Abrate G., Piacenza M., Vannoni D. The impact of Integrated Tariff Systems on public transport demand: Evidence from Italy // Regional Science and Urban Economics. 2009. Vol. 39. № 2. P. 120–127. DOI: 10.1016/j.regsciurbeco.2008.05.014.
10. Макаревич С. К., Янишевский О. Б. Оптимизация городской мобильности: потенциал и ограничения модели «мобильность как услуга» // Городские исследования и практики. 2024. Т. 9. № 3. С. 78–94. DOI: 10.17323/usp93202478-94.
11. Hu Y., Luo X., Bai D. Passenger congestion alleviation in large hub airport ground-access system based on queueing theory // Transportmetrica B: Transport Dynamics. 2023. Vol. 11. № 1. P. 257–278. DOI: 10.1080/21680566.2022.2062481.
12. Small K. A. Valuation of travel time // Economics of Transportation. 2012. Vol. 1. № 1–2. P. 2–14. DOI: 10.1016/j.ecotra.2012.09.002.
13. Ho C. Q., Hensher D. A., Mulley C., Wong Y. Z. Potential uptake and willingness-to-pay for Mobility as a Service (MaaS): A stated choice study // Transportation Research Part A: Policy and Practice. 2018. Vol. 117. P. 302–318. DOI: 10.1016/j.tra.2018.08.025.
14. Туристский поток: оценка туристского потока (с 2022 г.) [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Раздел «Туризм». Данные обновлены 07.08.2026. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/turizm> (дата обращения: 17.07.2026).
15. Ceder A., Golany B., Tal O. Creating bus timetables with maximal synchronization // Transportation Research Part A: Policy and Practice. 2001. Vol. 35. № 10. P. 913–928. DOI: 10.1016/S0965-8564(00)00032-X.
16. Об утверждении Стратегии развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 года: распоряжение Правительства РФ от 20.09.2019 № 2129-р (в редакции от 29.05.2025) URL: <http://government.ru/docs/all/123838/> (дата обращения: 17.07.2026).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.