

DOI: 10.34220/2311-8873-2026-69-77

УДК 656.072.6

UDC 656.072.6



2.9.5 – эксплуатация автомобильного транспорта

ИНТЕГРАЦИЯ КОГНИТИВНЫХ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

✉¹ **Штепа Алексей Анатольевич**,
к.т.н., доцент кафедры организации перевозок и безопасности движения, Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Воронеж, e-mail: alexei_shtepa@mail.ru

Снятков Евгений Вячеславович,
к.т.н., доцент кафедры производства, ремонта и эксплуатации машин Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж.

Аннотация. В статье рассматривается концептуальный подход к повышению качества обслуживания пассажиров городского пассажирского транспорта на основе интеграции когнитивных цифровых двойников в систему управления перевозочным процессом. Проведен анализ современных методов оценки качества перевозок, включая методологию структурирования функции качества, методы стохастического моделирования и имитационного моделирования транспортных процессов. Обоснована необходимость перехода от реактивных моделей управления к проактивным системам, способным учитывать когнитивные аспекты поведения пассажиров и адаптироваться к изменяющимся условиям. Предложена архитектура системы когнитивного управления, интегрирующая модели прогнозирования пассажиропотоков, оценки удовлетворенности и оптимизации маршрутной сети. Приведены результаты апробации предложенного подхода на примере муниципального пассажирского автотранспортного предприятия, включая построение прогнозистических моделей ключевых показателей

INTEGRATION OF COGNITIVE DIGITAL TWINS INTO THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF URBAN PASSENGER TRANSPORTATION

✉¹ **Shtepa Alexei Anatolievich**,
candidate of technical sciences, associate professor of the department of transportation organization and traffic safety, Voronezh state forestry university named after G.F. Morozov, Voronezh, e-mail: alexei_shtepa@mail.ru

Snyatkov Evgeny Vyacheslavovich,
candidate of technical sciences, associate professor, department of machine production, repair, and operation, Voronezh state forestry university named after G.F. Morozov, Voronezh

Annotation. The article discusses a conceptual approach to improving the quality of passenger service in urban public transport based on the integration of cognitive digital twins into the transportation process management system. The analysis of modern methods for assessing the quality of transportation, including the quality function deployment methodology, stochastic modeling methods, and simulation modeling of transport processes, is carried out. The necessity of transition from reactive management models to proactive systems capable of taking into account cognitive aspects of passenger behavior and adapting to changing conditions is substantiated. The architecture of a cognitive control system integrating models for passenger traffic forecasting, satisfaction assessment, and route network optimization is proposed. The results of testing the proposed approach on the example of a municipal passenger motor transport enterprise are presented, including the construction of predictive models of key performance indicators (revenue, cost) using the group method of data handling. It is shown that the introduction of a cognitive digital twin makes it possible to increase the

деятельности (выручка, себестоимость) с использованием метода группового учета аргументов. Показано, что внедрение когнитивного цифрового двойника позволяет повысить обоснованность управленческих решений, снизить эксплуатационные затраты и улучшить качество транспортного обслуживания населения.

Ключевые слова: КОГНИТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ, ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК, КАЧЕСТВО ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК, УДОВЛЕТВОРЕННОСТЬ ПАССАЖИРОВ, СТОХАСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА, ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.

validity of management decisions, reduce operating costs and improve the quality of transport services for the population.

Keywords: COGNITIVE CONTROL, DIGITAL TWIN, QUALITY OF PASSENGER TRANSPORTATION, PASSENGER SATISFACTION, STOCHASTIC MODELING, INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM, DECISION SUPPORT.

¹ Автор для ведения переписки

1 Состояние вопроса исследования и актуальность работы

Городской пассажирский транспорт является ключевым элементом социально-экономической инфраструктуры современного мегаполиса, обеспечивающим мобильность населения и устойчивое развитие городской среды [1]. В условиях роста уровня автомобилизации, изменения демографической структуры и возрастающих требований к качеству жизни проблема повышения эффективности управления пассажирскими перевозками приобретает стратегическое значение.

Анализ современного состояния пассажирских перевозок в Российской Федерации свидетельствует о глубоком структурном кризисе отрасли. За период с 2000 по 2025 гг. объемы перевозок пассажиров автобусами общего пользования сократились более чем на 60 %, парк подвижного состава не только уменьшается количественно, но и критически стареет – более 58 % автобусов эксплуатируются свыше 9 лет [2]. Эти негативные тенденции усугубляются двойственной природой муниципальных пассажирских автотранспортных предприятий (ПАТП), которые, с одной стороны, обязаны выполнять социальную функцию обеспечения транспортной доступности, а с другой – вынуждены функционировать в условиях жестких бюджетных ограничений и рыночной конкуренции.

Традиционные методы управления, основанные на реактивном подходе и интуитивных решениях, исчерпали свой потенциал. Возникает потребность в переходе к научно-обоснованным, преактивным системам управления, способным обрабатывать большие объемы разнородной информации, прогнозировать развитие ситуаций и вырабатывать оптимальные управленческие решения в условиях неопределенности [3]. В этой связи особую актуальность приобретает концепция когнитивного управления, интегрирующая достижения искусственного интеллекта, теории самоорганизации и когнитивной психологии.

Краткий обзор известных исследований показывает, что эволюция методов управления транспортными системами прошла несколько этапов. На начальном этапе преобладали детерминистские регламенты и жесткие расписания, не учитывающие стохастическую природу транспортных процессов. Затем получили распространение «мягкие» модели на основе нечеткой логики, позволяющие формализовать качественные характеристики и работать в условиях неопределенности [4]. Современный этап характеризуется переходом к сетям интеллектуаль-

ных цифровых двойников с механизмами самообучения [5]. Как отмечается в работе [6], когнитивная архитектура интеллектуальной транспортной системы включает подсистему восприятия и анализа текущей ситуации, базу знаний, содержащую формализованные модели транспортных процессов, механизмы логического вывода и принятия решений, а также интерфейс взаимодействия с лицом, принимающим решения.

В области оценки качества перевозок широко применяется методология структурирования функции качества *QFD* (Quality Function Deployment), позволяющая переводить требования пассажиров, выраженные на качественном уровне, в технические характеристики транспортного процесса [7]. Однако традиционная методология *QFD* является статическим инструментом и не учитывает динамику изменения предпочтений пассажиров. Исследования в области когнитивной эргономики показывают, что удовлетворенность пассажиров формируется под влиянием множества факторов, включая не только объективные параметры перевозки, но и психологический комфорт, социальные нормы, эмоциональное восприятие [8]. Учет факторов ограниченной рациональности пассажиров, включая их когнитивные особенности, существенно влияет на результаты оценки удовлетворенности и требует коррекции традиционных моделей [9].

Таким образом, проблема исследования заключается в необходимости разработки и интеграции когнитивных цифровых двойников в систему управления качеством пассажирских перевозок, что позволит объединить существующие методы моделирования (*QFD*, стохастическое моделирование, имитационное моделирование) в единую адаптивную систему, способную учитывать как объективные параметры перевозочного процесса, так и субъективные когнитивные аспекты восприятия качества пассажирами.

Целью настоящей статьи является разработка концептуальных основ интеграции когнитивных цифровых двойников в систему управления качеством городских пассажирских перевозок на основе анализа существующих методов моделирования и оценки транспортных процессов.

2 Материалы и методы

Теоретическое исследование базируется на системном подходе и методах математического моделирования. В качестве методологической основы используются теория самоорганизации, метод группового учета аргументов, методология *QFD* и имитационное моделирование. Для интеграции разнородных данных предлагается использовать аппарат когнитивных цифровых двойников.

2.1 Постановка задачи

Необходимо разработать концептуальную архитектуру системы когнитивного управления качеством пассажирских перевозок, которая объединяет следующие компоненты:

- подсистему сбора и обработки данных (включая данные ГЛОНАСС, социологических опросов, финансово-экономических показателей, внутрипроизводственных показателей и др.);
- подсистему когнитивного моделирования (прогностические модели на основе метода группового учета аргументов, имитационные модели маршрутной сети, *QFD*-модели);
- базу знаний (формализованные описания ситуаций, причинно-следственные связи, нормативно-справочная информация);
- подсистему поддержки принятия решений (визуализация, генерация рекомендаций, оценка сценариев).

Для математической формализации процессов используются следующие модели.

Для прогнозирования ключевых показателей деятельности пассажирского автотранспортного предприятия, функционирующего под влиянием совокупности макроэкономических и внутрипроизводственных факторов, в условиях нестабильной экономической среды целесообразно применение методов самоорганизации моделей. В частности, метод группового учета аргументов позволяет строить прогностические модели дифференциального типа, описываемые следующим уравнением:

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = \sum_{i=1}^n a_i d_i + \sum_{j=n+1}^{2n} a_j d_j^2 - n + \sum_{k=2n+1}^{2n + \frac{n!}{2!(n-2)!}} a_k \sum_{m=1}^{n-1} \sum_{p=m+1}^n d_m d_p + a_0,$$

где Y – исследуемый параметр системы ПАТП (например, Y – выручка от реализации услуг, руб.), ед. изм. исследуемого параметра; n – число независимых переменных, взятых для проведения эксперимента по идентификации социально-экономических процессов; $d = \frac{\partial x_i^{t-z}}{\partial t} / (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – параметры системы ПАТП; t – время, квартал; z – период запаздывания ($z = 0, 1, 2$); $a_i, a_j, a_k, \dots, a_n$ – коэффициенты при параметрах системы ПАТП; a_0 – свободный член, учитывающий неучтенные параметры.

Специфика функционирования конкретного транспортного предприятия во многом определяется его индивидуальными особенностями. В силу этого для построения математических моделей, описывающих его внутренние процессы, обоснованным является применение полиномиальных зависимостей следующего вида:

$$w_e = \sum_{i=1}^n a_i w_i + \sum_{j=n+1}^{2n} a_j w_j^2 - n + \sum_{k=2n+1}^{2n + \frac{n!}{2!(n-2)!}} a_k \sum_{m=1}^{n-1} \sum_{p=m+1}^n w_m w_p + a_0,$$

где w_e – выходные параметры (например, себестоимость перевозок, руб.), ед. изм. выходных параметров; n – число независимых внутренних параметров изучаемой системы.

Для учета субъективных факторов удовлетворенности пассажиров предлагается когнитивная модель, представленная системой уравнений:

$$\begin{cases} S = f(P, C, T) \\ P = g(X_1, X_2, \dots, X_n) \\ C = h(Y_1, Y_2, \dots, Y_n) \\ T = q(Z_1, Z_2, \dots, Z_k) \end{cases},$$

где S – интегральная удовлетворенность (безразмерная величина); P – вектор объективных факторов (временные, пространственные, технические, экономические характеристики, которые могут иметь разные единицы: квартал, руб., км и др.); C – вектор когнитивных факторов (воспринимаемое качество, ожидания, аффективные реакции, социальные нормы, которые могут иметь разные единицы, условные баллы, например, по шкале Лайкерта и др.); T – вектор ситуационных факторов (цель поездки, время суток, погодные условия, которые могут иметь разные единицы, условные баллы, час и др.); f, g, h, q – нелинейные функции, идентифицируемые по экспериментальным данным.

Для оценки эффективности управления используется комплексный критерий:

$$E = \omega_1 \cdot \frac{Q}{Q_{\text{норм}}} + \omega_2 \cdot \frac{R}{R_{\text{норм}}} + \omega_3 \cdot \frac{C_{\text{норм}}}{C},$$

где Q – фактический уровень качества обслуживания (безразмерная единица измерения (доля от 1 или %)); $Q_{\text{норм}}$ – нормативный уровень качества (безразмерная единица измерения (доля от 1 или %)); R – регулярность движения (безразмерная единица измерения (доля от 1 или %)); $R_{\text{норм}}$ – нормативная регулярность (безразмерная единица измерения (доля от 1 или %)); C – удельные эксплуатационные затраты, руб./((пасс.-км) или руб./час работы; $C_{\text{норм}}$ – нормативные затраты, руб./((пасс.-км) или руб./час работы; $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ – весовые коэффициенты, отражающие приоритеты транспортной политики, безразмерная единица измерения.

Стоит отметить, что показатели Q, R, C и их нормативные значения не являются выходными параметрами переменных из прогностических моделей МГУА. Комплексный критерий служит для интегральной оценки эффективности управления и объединяет три самостоятельные группы показателей, каждая из которых имеет собственную методику расчёта. Это позволяет гибко настраивать весовые коэффициенты в зависимости от приоритетов транспортной политики муниципалитета.

2.2 Алгоритмы и программные продукты

Для реализации предложенного подхода используется комбинаторный алгоритм метода группового учета аргументов, реализованный в прототипированном программном комплексе *EKONOM_IDEN 4.0* [2]. Алгоритм включает:

- нормализацию и центрирование данных по формуле:

$$X_{i,j} = \frac{X_{i,j} - X_{c_i}}{D_{c_i}},$$

где $X_{i,j}$ – значение переменной; $i = 1, \dots, n$; $j = 1, \dots, p$; X_{c_i} – среднее значение переменной; D_{c_i} – среднеквадратическое отклонение.

- ранжирование переменных с использованием модифицированного алгоритма Шишовой для сокращения размерности пространства признаков [2];
- генерацию множества моделей различной сложности и их оценку по внешним критериям (несмещенность, сходимость, точность эпигнозного прогноза);
- выбор оптимальной модели.

Имитационное моделирование маршрутных сетей выполняется с использованием специализированных программных средств, позволяющих учитывать динамику пассажиропотоков, интервалы движения, вместимость подвижного состава и другие параметры [10].

3 Результаты исследований

В результате проведенного анализа существующих методов и разработанной концепции получены следующие основные результаты.

На основе данных социологического обследования населения выявлены наиболее значимые требования пассажиров к качеству перевозок: повышение комфортности поездки (20 %), повышение культуры обслуживания (16 %), повышение безопасности (15 %), сокращение времени поездки (12 %), уменьшение интервала движения (9 %).

Ранжирование параметров транспортного процесса с использованием матрицы корреляции позволило определить приоритетные направления улучшений: интервал движения, регулярность, наполнение подвижного состава [7].

Эксперименты по идентификации прогностических моделей для ключевых показателей деятельности ПАТП на примере МКП МТК «Воронежпассажиртранс» с использованием 51 параметра (включая макроэкономические и внутрипроизводственные данные) показали высокую точность прогнозов. Минимальное значение критерия эпигнозного прогноза для целевой функции «Выручка» составило 0,00322 при 13 параметрах и запаздывании -1 квартал (табл. 1). Для целевой функции «Себестоимость» минимальное значение критерия составило 0,0386 при 14 параметрах и запаздывании -2 квартала (табл. 2).

Таблица 1 – Лучшие модели процесса «Выручка»

Коэффициенты при 13 параметрах макроэкономических и внутрипроизводственных данных	Своб. член	Критерий Δ
0,0236; 2659270,7; -9,2878; -2,8503; 192,84; 0,1883	361,95	0,0070
0,0213; 2560927,3; -7,7426; -2,6692; 0,1863	424,75	0,0095
0,0232; 2653998,7; -9,3590; -2,8192; 176,88; 0,1885; 0,0208	344,14	0,0032

С учетом базисного класса дифференциального типа модель «Выручка» представлена в виде:

$$y^{t+1} = y^t + 0,0232 \cdot (x_1^t - x_1^{t-1}) + 2653998,7 \cdot (x_4^{t-1} - x_4^{t-2}) - \\ - 9,359 \cdot (x_{14}^t - x_{14}^{t-1}) - 2,8192 \cdot (x_{27}^t - x_{27}^{t-1}) + \\ + 176,88 \cdot (x_9^t - x_9^{t-1}) \cdot (x_{20}^t - x_{20}^{t-1}) - 0,1885 \cdot (x_{27}^t - x_{27}^{t-1}) \cdot \\ \cdot (x_{36}^{t-1} - x_{36}^{t-2}) + 0,0208 \cdot (x_{27}^t - x_{27}^{t-1}) \cdot (x_{38}^t - x_{38}^{t-1}) + 344,14,$$

где y – целевая функция «Выручка»; $x_1, x_4, x_9, x_{14}, x_{20}, x_{27}, x_{36}, x_{38}$ – независимые переменные (себестоимость продаж, цена на газомоторное топливо, тариф на пассажирские перевозки, влажность воздуха, пассажирские перевозки организациями автомобильного пассажирского транспорта, нераспределенная прибыль предприятия, текущий налог на прибыль предприятия, количество сотрудников предприятия).

Таблица 2 – Лучшие модели процесса «Себестоимость»

Коэффициенты при 14 параметрах макроэкономических и внутрипроизводственных данных	Своб. член	Критерий Δ
33,90; 241962802,2; 8,3809; -4,0670	-103031	0,0766
34,40; 243885946,6; 9,1405; 8,8941	-207663	0,0386
30,48; 250130342; 9,1595	-153932	0,0502

С учетом применения полиномиальных зависимостей модель «Себестоимость» представлена в виде:

$$y^t = 34,4 \cdot x_{26}^t + 243885946,6 \cdot x_4^t \cdot x_4^t + \\ + 9,1405 \cdot x_{15}^t \cdot x_{17}^{t-1} + 8,8941 \cdot x_{17}^{t-1} \cdot x_{18}^{t-2} - 207663,$$

где y – целевая функция «Себестоимость»; $x_4, x_{15}, x_{17}, x_{18}, x_{26}$ – независимые переменные (цена на газомоторное топливо, количество рабочих дней, индексы потребительских цен на товары и услуги, индекс потребительских цен на услуги пассажирского транспорта, протяженность маршрутной сети, обслуживаемом предприятием).

Полученные модели позволили выполнить сценарное прогнозирование влияния управляемых параметров на выручку предприятия.

В табл. 3 представлены результаты прогноза при изменении цены на газомоторное топливо, тарифа на перевозки и объема пассажирских перевозок.

Таблица 3 – Результаты прогноза изменения выручки при варьировании ключевых параметров

Параметр	Изменение параметра, %	Изменение выручки, %
Цена на газомоторное топливо	+5	+0,5
	+10	+1,0
Тариф на перевозки	+5	+2,0
	+10	+4,0
Объем перевозок	+5	+3,0
	+10	+6,0

Сравнение прогнозных и фактических значений за отчетный период показало, что при реализации предлагаемых управленческих решений (оптимизация тарифной политики, регулирование объемов перевозок) возможно достижение роста выручки на 17,9 % при контролируемом росте себестоимости на 10 %, что создает предпосылки для снижения убыточности основной деятельности (табл. 4).

Таблица 4 – Фактические и прогнозные данные, тыс. руб.

Квартал	Факт: выручка	Прогноз: выручка	Факт: себестоимость	Прогноз: себестоимость
I	279 328	329 268	409 239	450 163
II	465 547	548 798	682 065	750 272
III	605 210	713 426	886 684	975 352
IV	931 093	1 097 467	1 364 129	1 500 542

Разработанная архитектура когнитивной системы управления включает структурно-функциональную схему, представленную на рис. 1 [2].

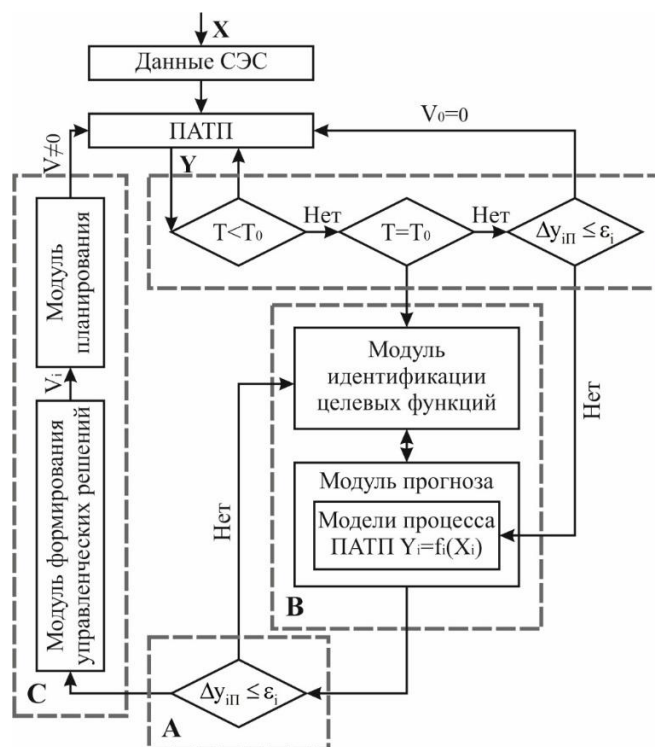


Рисунок 1 – Структурно-функциональная схема управления процессами ПАТП

Реализация управленческого цикла предусматривает последовательное прохождение трех ключевых стадий. Начальная стадия (диагностическая) посвящена определению контролируемых переменных, накоплению статистически значимого объема данных и построению на их основе прогностической модели изучаемого процесса.

На второй стадии (оценочной) осуществляется проверка адекватности синтезированной модели путем расчета эпигнозного прогноза. Допустимая погрешность прогнозирования выступает здесь в роли фильтра: если погрешность не превышает установленного лимита, модель считается пригодной для дальнейшего использования. В противном случае производится возврат к этапу корректировки модели.

Третья стадия (регулирующая) включает в себя оптимизацию параметров процесса на базе принятой модели и формирование соответствующих управленческих воздействий, направленных на поддержание устойчивого развития.

Процесс является замкнутым и адаптивным. После реализации решений система возвращается к мониторингу. Если в результате изменений погрешность модели выходит за допустимые рамки ($\Delta y_{ip} > \varepsilon_i$), цикл повторяется с этапа уточнения модели (подсистема «В»).

Система обеспечивает непрерывный цикл «мониторинг – моделирование – принятие решений – контроль», основанный на математических методах и анализе данных.

4 Обсуждение и заключение

Результаты согласуются с известными исследованиями в области применения метода группового учета аргументов для моделирования экономических процессов [2, 5] и использования метода *QFD* для управления качеством на транспорте [7]. В отличие от существующих подходов предложенная интеграция когнитивных цифровых двойников позволяет учитывать не только количественные показатели, но и качественные характеристики восприятия пассажиров, что повышает адекватность моделей реальным условиям.

Высокая точность прогнозных моделей (погрешность менее 3 % для выручки и менее 4 % для себестоимости) подтверждает эффективность выбранного метода группового учета аргументов для задач управления ПАТП. Возможные различия с результатами других исследований могут объясняться спецификой исходных данных (региональные особенности, структура парка, социально-экономические условия). Например, в работе [9] показано, что учет ограниченной рациональности пассажиров существенно влияет на оценку удовлетворенности, что подтверждает необходимость включения когнитивных факторов в модель.

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- интеграция когнитивных цифровых двойников в систему управления ПАТП позволит повысить обоснованность управленческих решений в реальном времени;
- использование самообучающихся моделей на основе метода группового учета аргументов даст возможность адаптироваться к изменяющимся внешним условиям (экономические кризисы, пандемии и др.) с минимальной задержкой;
- внедрение системы поддержки принятия решений на основе когнитивных цифровых двойников сократит время реакции диспетчерских служб на нештатные ситуации и повысит регулярность движения.

Таким образом, предложенная концепция интеграции когнитивных цифровых двойников в систему управления качеством пассажирских перевозок открывает новые возможности для повышения эффективности работы городского пассажирского транспорта и удовлетворенности потребностей населения. Полученные результаты могут быть использованы при разработке стратегий развития транспортных систем крупных городов.

Список литературы

- 1 Еналеев, А. К. Стимулирование внедрения когнитивных и интеллектуальных систем управления на транспорте / А. К. Еналеев // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2021: Материалы Международной-научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 09-10 ноября 2021 года. Том 1. – Санкт-Петербург: Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН, 2021. – С. 61-64.
- 2 Штепа, А. А. Управление процессами принятия решений в организационных системах автотранспортных предприятий на основе аппарата стохастического моделирования: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Штепа Алексей Анатольевич, 2024. – 149 с.
- 3 Горелова, Г. В. Припортовые транспортно-технологические системы, когнитивное моделирование / Г. В. Горелова, Е. А. Чеботарева // Системный анализ в проектировании и управлении : сборник научных трудов XXVIII Международной научно-практической конференции : в 2 ч., Санкт-Петербург, 27-29 июня 2024 года. – Санкт-Петербург: Политех-Пресс, 2024. – С. 353-362. – DOI 10.18720/SPBPU/2/id24-470.
- 4 Кригер, Л. С. Управление движением городского пассажирского транспорта на основе нечеткого ситуационного подхода : специальность 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кригер Лилия Сергеевна, 2014. – 157 с. – EDN ECLLUR.
- 5 Мартынов, Б. В. Когнитивные цифровые двойники участников движения как драйвер адаптивного управления международными транспортными коридорами / Б. В. Мартынов, Е. С. Прокопенко // Журнал мониторинга экономики и менеджмента. – 2025. – № 9. – С. 30-37. – DOI 10.26118/2782-4586.2025.93.45.016.
- 6 Селиверстов, С. А. О разработке когнитивной архитектуры интеллектуальной транспортной системы / С. А. Селиверстов, Я. А. Селиверстов, А. В. Кураков // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2021 : Материалы Международной-научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 09-10 ноября 2021 года. Том 1. – Санкт-Петербург: Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН, 2021. – С. 303-306.

7 Епифанов, В. В. Повышение качества перевозок в системе городского пассажирского автомобильного транспорта на основе оценки удовлетворенности потребителей / В.В. Епифанов, А.С. Тюрин; под науч. ред. М. Ю. Обшивалкина. – Ульяновск : УЛГТУ, 2017. – 195 с.

8 Burkhardt J.M., Cahour B., Allinc A. Exploring user experience of transport modes through the multiple dimensions of psychological comfort // Proceedings of European Conference on Cognitive Ergonomics, ECCE 2024. – ACM, 2024. – Article 42.

9 Zhang B., Xing Y., Hu Q., Xue Y. Bus Service Satisfaction Evaluation Based on Bounded Rationality // Journal of Chongqing Jiaotong University (Natural Science). – 2025. – Vol. 44, № 3. – P. 96-104.

10 Смирнова, А. А. Повышение качества пассажирских перевозок с применением моделирования процессов планирования на транспорте / А. А. Смирнова, Э. Е. Смирнова, И. С. Кравчук // Аспирантские чтения : Сборник научных статей аспирантов РУТ (МИИТ) / Под общей редакцией Т.В. Шепитко. Том Выпуск 4. – Москва: Издательство «Перо», 2021. – С. 263-267.

References

1 Enaleev, A.K. Stimulating the Implementation of Cognitive and Intelligent Management Systems in Transport / A.K. Enaleev // Transport of Russia: Problems and Prospects – 2021: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference, St. Petersburg, November 9-10, 2021. Volume 1. – St. Petersburg: N.S. Solomenko Institute of Transport Problems, Russian Academy of Sciences, 2021. – pp. 61-64.

2 Shtepa, A.A. Managing Decision-Making Processes in Organizational Systems of Motor Transport Enterprises Based on Stochastic Modeling: Dissertation for the Degree of Candidate of Technical Sciences / Shtepa, Aleksey Anatolyevich, 2024. – 149 p.

3 Gorelova, G. V. Port transport and technological systems, cognitive modeling / G. V. Gorelova, E. A. Chebotareva // Systems analysis in design and management: collection of scientific papers of the XXVIII International scientific and practical conference: in 2 parts, St. Petersburg, June 27-29, 2024. – St. Petersburg: Polytech-Press, 2024. – P. 353-362. – DOI 10.18720/SPBPU/2/id24-470.

4 Kriger, L. S. Urban passenger transport traffic management based on a fuzzy situational approach: specialty 05.13.01 "System analysis, management and information processing (by industry)": dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Kriger, Liliya Sergeevna, 2014. – 157 p. – EDN ECLLUR.

5 Martynov, B. V. Cognitive digital twins of traffic participants as a driver of adaptive management of international transport corridors / B. V. Martynov, E. S. Prokopenko // Journal of Monetary Economics and Management. – 2025. – № 9. – pp. 30-37. – DOI 10.26118/2782-4586.2025.93.45.016.

6 Seliverstov, S. A. On the Development of a Cognitive Architecture for an Intelligent Transport System / S. A. Seliverstov, Ya. A. Seliverstov, A. V. Kurakov // Transport of Russia: Problems and Prospects – 2021: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, St. Petersburg, November 9-10, 2021. Volume 1. – St. Petersburg: N.S. Solomenko Institute of Transport Problems, Russian Academy of Sciences, 2021. – Pp. 303-306.

7 Epifanov, V. V. Improving the Quality of Transportation in the Urban Passenger Automobile Transport System Based on Assessing Customer Satisfaction / V.V. Epifanov, A.S. Tyurin; edited by M. Yu. Obshivalkin. – Ulyanovsk: Ulyanovsk State Technical University, 2017. – 195 p.

8 Burkhardt J.M., Cahour B., Allinc A. Exploring user experience of transport modes through the multiple dimensions of psychological comfort // Proceedings of European Conference on Cognitive Ergonomics, ECCE 2024. – ACM, 2024. – Article 42.

9 Zhang B., Xing Y., Hu Q., Xue Y. Bus Service Satisfaction Evaluation Based on Bounded Rationality // Journal of Chongqing Jiaotong University (Natural Science). – 2025. – Vol. 44, No. 3. – P. 96-104.

10 Smirnova, A. A. Improving the quality of passenger transportation using modeling of transport planning processes / A. A. Smirnova, E. E. Smirnova, I. S. Kravchuk // Postgraduate readings: Collection of scientific articles by postgraduate students of RUT (MIIT) / General editor T.V. Shepitko. Volume Issue 4. – Moscow: Pero Publishing House, 2021. – P. 263-267.

© Штепа А. А., Снятков Е. В., 2026