



2.9.5 – эксплуатация автомобильного транспорта

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ  
В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ  
ТРАНСПОРТА ОБЩЕГО  
ПОЛЬЗОВАНИЯ**

**THEORETICAL BASIS OF  
DECISION-MAKING IN INTELLIGENT  
PUBLIC TRANSPORT SYSTEMS**

✉<sup>1</sup> **Гринченко Александр Викторович**,  
к.т.н., доцент кафедры управления авто-  
транспортом, Липецкий государственный  
технический университет, г. Липецк,  
e-mail: [grinchav@mail.ru](mailto:grinchav@mail.ru)

✉<sup>1</sup> **Grinchenko Alexander Viktorovich**,  
candidate of technical sciences, associate profes-  
sor, department of motor transport management,  
Lipetsk state technical university, Lipetsk,  
e-mail: [grinchav@mail.ru](mailto:grinchav@mail.ru)

**Клявин Владимир Эрнстович**,  
д.т.н., главный научный сотрудник отдела  
научно-исследовательских разработок, АО  
«СтройИнвестПроект», г. Москва,  
e-mail: [vllk@list.ru](mailto:vllk@list.ru)

**Klyavin Vladimir Ernstovich**,  
doctor of technical sciences, chief researcher, re-  
search and development department, JSC «StroyIn-  
vestProekt», Moscow, e-mail: [vllk@list.ru](mailto:vllk@list.ru)

**Ризаева Юлия Николаевна**,  
д.т.н., профессор кафедры информационных  
технологий, Финансовый университет при  
Правительстве Российской Федерации,  
г. Москва, e-mail: [rizaeva@mirea.ru](mailto:rizaeva@mirea.ru)

**Rizaeva Yulia Nikolaevna**,  
doctor of technical sciences, professor of the de-  
partment of industrial programming, MIREA -  
Russian technological university, Moscow,  
e-mail: [rizaeva@mirea.ru](mailto:rizaeva@mirea.ru)

**Аннотация.** Статья посвящена разработке тео-  
ретических основ и концептуальной модели  
принятия решений в интеллектуальной системе  
транспорта общего пользования. Рассмотрены  
актуальные проблемы управления городским  
пассажирским транспортом в условиях дина-  
мичной и неопределённой среды. Предложена  
целостная модель, интегрирующая сбор и ана-  
лиз больших данных, генерацию оперативных и  
стратегических управленческих решений с учё-  
том интересов пассажиров, перевозчиков и го-  
рода в целом. Формализована целевая функция,  
позволяющая оценивать эффективность прини-  
маемых управленческих решений в интеллекту-  
альной системе транспорта общего пользова-  
ния. Особое внимание уделено детализации  
роли интеллектуального центра поддержки  
принятия решений (ИЦППР), машинного обу-

**Annotation.** This article explores the development  
of a theoretical framework and conceptual model  
for decision-making in an intelligent public trans-  
portation system. It examines current challenges in  
managing urban passenger transport in a dynamic  
and uncertain environment. A comprehensive  
model is proposed that integrates the collection and  
analysis of big data and the generation of opera-  
tional and strategic management decisions, taking  
into account the interests of passengers, carriers,  
and the city as a whole. A formalized objective  
function allows for assessing the effectiveness of  
management decisions in an intelligent public  
transportation system. Particular attention is paid to  
detailing the role of the intelligent decision support  
center (IDSC), machine learning, and the division  
into operational and strategic management loops.  
The technological, methodological, organizational,

чения и разделению на оперативный и стратегический контуры управления. Обозначены технологические, методологические, организационные и нормативно-правовые вызовы, связанные с практической реализацией модели.

and regulatory challenges associated with the practical implementation of the model are outlined.

**Ключевые слова:** ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА, ТРАНСПОРТ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ, ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ, КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ.

**Keywords:** INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEM, PUBLIC TRANSPORT, DECISION MAKING, CONCEPTUAL MODEL.

<sup>1</sup> Автор для ведения переписки

## 1 Состояние вопроса исследования и актуальность работы

Современные мегаполисы и крупные городские агломерации сталкиваются с комплексом взаимосвязанных проблем, такими как транспортные заторы, рост экологической нагрузки, неэффективное использование городского пространства и снижение эффективности функционирования городского транспорта общего пользования (ГТОП). В этих условиях традиционные подходы к управлению транспортом в целом и ГТОП в частности, основанные на жестких, заранее запрограммированных алгоритмах и разрозненных данных, достигли предела своей эффективности. Решение данной проблемы возможно в результате внедрения в городах интеллектуальных транспортных систем (ИТС) [1, 2], одной из подсистем которых является интеллектуальная система транспорта общего пользования (ИСТОП) [3, 4]. В работе [5] отмечается, что ИТС без сомнений «обладают большим потенциалом, так как опираются на бурно развивающиеся информационные, телекоммуникационные, авиационные, космические и другие высокие технологии». Ключевая задача внедрения ИТС – переход от разрозненного, реактивного управления транспортными потоками, ГТОП и инфраструктурой к созданию интегрированной, проактивной и пользователь-ориентированной экосистемы, которая в реальном времени синхронизирует спрос (потребности пассажиров и грузоотправителей) с предложением (возможности ГТОП и инфраструктуры) [6]. При этом, как указывается в работе [7], главными задачами разработки и внедрения ИСТОП являются:

- «– рост качества принятия управленческих решений...;
- рост уровня ... транспортной безопасности в области транспортного комплекса;
- информирование субъектов транспортного рынка о состоянии транспортной отрасли, необходимого для решения стратегических и оперативных управленческих решений».

Решение этих задач, как указывается в работе [8], предполагает создание «интеллектуальных платформ, объединяющих весь городской транспорт в единую систему – общественный и личный, школьные автобусы, каршеринг, такси, эвакуаторы, технику коммунальных и дорожных служб, систему управления светофорами, парковочное пространство и т. д.». Следует отметить, что часть интересов взаимодействующих участников транспортного процесса может совпадать, а другая часть – вступать в противоречие [9].

Однако действующие стандарты в области ИТС в минимальной степени затрагивают проблемы ГТОП. Так в п. 6.5.1 стандарта [10, с.12], который определяет первичные сервисы и области применения и которые могут быть предложены пользователям ИТС, предполагается «применение функциональных возможностей ИТС в эксплуатации, планировании и управлении общественным транспортом. ... Сервисы включают в себя:

- мониторинг бортовых систем транспортного средства общественного транспорта;
- отслеживание перемещений парка общественного транспорта;
- службу расписания общественного транспорта;
- диспетчерскую службу общественного транспорта;
- службу планирования общественного транспорта».

В стандарте же [11, с.4] (п. 4.3.3), устанавливающим требования к физической и функциональной архитектурам ИТС, указано, что автоматизированная система управления маршрутизированным транспортом ГТОП «...должна реализовывать функции:

- обеспечение безопасности пассажиров наземного пассажирского транспорта;
- оптимизация расписания для общественного городского транспорта с целью гармонизации пассажиропотока».

В настоящее время в ряде городов России используется программный комплекс автоматизации основных функций управления системой городского пассажирского транспорта «Pikas» (разработчик программного обеспечения – литовская компания Merakas). Опыт внедрения в г. Ростов-на-Дону показывает, что компьютерная программная система «Pikas» позволяет эффективно решать следующие задачи [12]:

- формирование и оптимизация единой маршрутной сети общественного транспорта;
- моделирование различных ситуаций на транспортной сети;
- планирование вариантов работы пассажирского подвижного состава с расчетом основных показателей работы различных видов городского транспорта с выбором оптимального варианта;
- составление и анализ вариантов транспортного обслуживания потребителей при планировании изменения маршрутной сети;
- составление и оперативное корректирование расписания движения транспортных средств в режиме онлайн;
- онлайн мониторинг работы городского пассажирского транспорта;
- осуществление диспетчерского управления городским общественным транспортом;
- учет и анализ работы всего подвижного состава по каждому маршруту, и др.

Полностью отечественная ИТС под названием «ЕПУТС» (Единая платформа управления транспортной системой), построенная по принципам модульной архитектуры, в модуле управления движением общественного транспорта предусматривает расчёт стоимости выполненной транспортной работы и размера штрафных санкций за нарушение условий контрактов, обеспечивает отображение на ГИС-подложке маршрутов ГТОП и текущего местоположения транспортных средств ГТОП, предоставление новых сервисов жителям, повышение уровня их информированности о работе ГТОП: расписание, прогноз прибытия, построение оптимальных маршрутов передвижения и т.д. [13].

Функционирование ИСТОП сопряжено с необходимостью непрерывного анализа огромных массивов неструктурированных данных (пассажиропотоков, GPS-координат подвижного состава, дорожной ситуации) в условиях неопределенности и динамически меняющейся среды. Центральным звеном, определяющим эффективность функционирования всей системы, является механизм принятия управленческих решений. Именно он трансформирует полученные данные в оперативные и стратегические управляющие воздействия: корректировку расписаний, перенаправление транспортных средств с маршрута на маршрут, формирование рекомендаций пассажирам, изменение трассы маршрута и др.

Целью данной статьи является рассмотрение теоретических основ и разработка концептуальной модели принятия решений в ИСТОП. В вопросах управления ГТОП необходимо учитывать интересы трех сторон: пассажиров, перевозчиков и населения города в целом в лице департамента городского транспорта.

## 2 Материалы и методы

Вопросам информационного обеспечения в механизме принятия управленческих решений отводится первостепенное значение, так как именно полнота и своевременность информации делает их обоснованными и эффективными.

Наиболее важной информацией являются данные по пассажиропотокам. Требования к их сбору, оборудованию для сбора и анализу установлены в ГОСТ Р 54723—2019, определя-

ющим назначением, состав и характеристики решаемых задач подсистемы анализа пассажиропотоков [14]. Из задач по анализу статистики маршрутных данных пассажиропотоков можно выделить необходимые для принятия управляющих решений [14]:

- расчет требуемого количества подвижного состава на маршруте по периодам суток для обеспечения заданного качества перевозки пассажиров с заданным максимальным процентом наполнения салона;

- расчет перераспределения подвижного состава между маршрутами для обеспечения перевозки наивысшего качества при неизменном количестве подвижного состава в предприятиях-перевозчиках, в том числе в оперативном режиме;

- анализ качества пассажирских перевозок на маршруте на основе соответствующих показателей транспортной работы;

- расчет наполнения салона в режиме реального времени для обеспечения информационных сервисов для пассажиров, а также использование оперативной информации о наполнении салона в задачах оперативного управления.

Данные по пассажиропотокам не только влияют на определение режимов работы ГТОП, но и позволяют формировать структуру парка общественного транспорта. В работе [15] представлена методика определения оптимальной структуры парка подвижного состава городского пассажирского транспорта, при которой достигаются максимально возможные параметры качества транспортного обслуживания, а в работе [16] эта методика дополнена учётом взаимного влияния маршрутов. В работе [17] решена задача автоматизации модели выбора оптимального подвижного состава в условиях обслуживания конкретного маршрута.

Одним из наиболее актуальных вопросов обеспечения информационных сервисов для пассажиров является информирование о времени прибытия пассажирского транспортного средства на остановку. Этой проблеме уделяется повышенное внимание. Предлагаются различные методы расчёта параметров движения общественного транспорта (в первую очередь прогноза прибытия на остановку) на маршруте, такие как:

- модель адаптивной композиции элементарных алгоритмов прогнозирования [18];

- алгоритм прогнозирования, основанный на использовании метода цепей Маркова [19];

- алгоритм прогнозирования времени прибытия транспортных средств на остановочные пункты, использующий плановую скорость движения на участках маршрутной сети по данным спутникового мониторинга [20];

- моделирование и предиктивный анализ процесса движения общественного транспорта по городским автомагистралям с учетом транспортной загруженности участков дорог в различные периоды времени [21] и др.

Учитывая разнообразие средств прогнозирования параметров движения общественного транспорта, имеющих свои преимущества и недостатки, интерес представляет предложенное в работе [22] решение задачи выбора алгоритма машинного обучения и его применения для прогнозирования времени в пути и времени прибытия на остановку транспортного средства, позволяющего проводить сравнительную оценку различных методов и алгоритмов прогнозирования, определяя их применимость в зависимости от загруженности улично-дорожной сети, погодных условий, наличия дорожных инцидентов и т.п.

Принятые управляющие решения требуют качественной оценки для понимания уровня их эффективности для учёта в дальнейшей работе. Для общей оценки эффективности отдельного маршрута ГТОП в работе [23] предложена методика, реализуемая через маршрутный индекс эффективности (МИЭ). Подход основан на трёх фундаментальных измерениях: транспортно-операционном, социально-территориальном и конкурентном, которые отвечают на ключевые вопросы: «Как работает маршрут?», «Кому и где он нужен?», «Почему пассажир выбирает именно этот маршрут, а не личный транспорт?». Методика расчета комплексного показателя качества пассажирских перевозок, основанная на методах экспертных оценок и математическом аппарате тео-

рии нечётких множеств, позволяет учесть мнение всех сторон, группы сторон или отдельной стороны по любому необходимому перечню вопросов [24]. Это даёт возможность определять наиболее эффективные мероприятия по повышению качества пассажирских перевозок.

Несмотря на значительный интерес к теме ИТС в научных источниках недостаточно систематизированных исследований, посвященных именно теоретическим основам принятия решений в ИТС. Существующие работы часто фокусируются на частных алгоритмах (оптимизации, прогнозировании) или технологических аспектах (сенсоры, связь), оставляя без должного внимания фундаментальные основы и принципы принятия управленческих решений.

### 3 Результаты исследований

Цели функционирования ГТОП устанавливаются и корректируются департаментом городского транспорта с учетом интересов пассажиров и перевозчиков. Эти цели можно разделить на несколько ключевых категорий: социальные, экономические, экологические и градостроительные.

Социальные цели являются приоритетными, к ним можно отнести:

– обеспечение доступной мобильности для всех групп населения, т.е. предоставление возможности перемещаться по городу независимо от возраста, дохода, состояния здоровья или наличия личного автомобиля;

– предотвращение социальной изоляции, обеспечение связи периферийных районов с центральными, доступ к местам работы, образования, здравоохранения, культуры;

– снижение количества дорожно-транспортных происшествий на транспорте общего пользования;

– повышение комфорта и качества обслуживания пассажиров и др.

К экономическим целям относятся:

– снижение транспортных издержек для населения, перевозчиков и города в целом;

– повышение эффективности городской экономики: снижение потерь времени в пробках, что снижает транспортную усталость и повышает производительность труда населения города.

К экологическим целям относятся:

– снижение негативного воздействия транспорта на окружающую среду: сокращение выбросов вредных веществ в атмосферу в расчете на одного перевезенного пассажира;

– уменьшение шумового и других видов вредных воздействий.

К градостроительным целям относятся:

– освобождение городского пространства в результате сокращения потребности в парковках и многополосных магистралях, возможность развития пешеходных зон и общественных пространств;

– повышение связанности городских районов и создание полицентричной структуры города.

Целью функционирования ГТОП является достижение максимального суммарного экономического эффекта для всех участников транспортного процесса в результате принимаемых управленческих решений, что можно выразить в виде целевой функции:

$$F = \Delta_{\text{пас}} + \Delta_{\text{пер}} + \Delta_{\text{нас}} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где  $\Delta_{\text{пас}}$ ,  $\Delta_{\text{пер}}$ ,  $\Delta_{\text{нас}}$  – экономический эффект от функционирования ГТОП соответственно для пассажиров, перевозчиков и населения города в целом, руб.

Экономический эффект для пассажиров можно выразить следующим образом:

$$\Delta_{\text{пас}} = \Delta T \cdot C_{\text{п-ч}} \cdot Q_1 + \Delta П \cdot Q_2 + \Delta Z_{\text{пр}} \cdot Q_3, \quad (2)$$

где  $\Delta T$  – сокращение времени поездки на ГТОП, ч;  $C_{п-ч}$  – стоимостная оценка пассажиро-часа, руб.;  $\Delta П$  – повышение производительности труда пассажира вследствие повышения комфортабельности поездки на ГТОП, руб.;  $\Delta Z_{пр}$  – сокращение затрат на проезд на ГТОП, руб.;  $Q_1, Q_2, Q_3$  – количество перевезенных пассажиров за определенный период, для которых соответственно сократилось время, повысилась комфортабельность и снизилась стоимость поездки, пас.

Экономический эффект для перевозчиков:

$$\Delta_{пер} = \Delta Z_{экс} - E_n \cdot K_B + \Delta D_{пер}, \quad (3)$$

где  $\Delta Z_{экс}$  – сокращение затрат на оказание пассажирских услуг, руб.;  $E_n$  – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности капитальных вложений;  $K_B$  – стоимость капитальных вложений в повышение качества и эффективности оказания пассажирских услуг, руб.;  $\Delta D_{пер}$  – повышение дохода в результате проведенных мероприятий, руб.

Экономический эффект в результате принимаемых управленческих решений для населения города в целом:

$$\Delta_{нас} = \Delta U_э + \Delta U_{дтп} + \Delta D_б, \quad (4)$$

где  $\Delta U_э$  – сокращение эколого-экономического ущерба, руб.;  $\Delta U_{дтп}$  – сокращение экономического ущерба от последствий дорожно-транспортных происшествий, руб.;  $\Delta D_б$  – сокращение дотаций и субсидий из муниципального бюджета, руб.

Схема концептуальной модели принятия решений в ИСТОП представлена на рис. 1.

Целеполагание предполагает разработку оценочных критериев соответствия работы ГТОП и принимаемых управленческих решений поставленным целям. В процессе функционирования ГТОП происходит постоянный мониторинг его работы. По результатам мониторинга анализируется текущая ситуация на ГТОП. Если фактические показатели работы ГТОП не соответствуют установленным критериям, текущая ситуация идентифицируется как проблемная, требующая решения.

Для решения проблемы ИЦППР собирает необходимые данные в автоматическом режиме с помощью средств телематики, мобильных приложений, датчиков и других технических устройств, установленных в транспортных средствах, остановочных пунктах и других элементах улично-дорожной сети. Например, к таким данным относятся наполняемость подвижного состава ГТОП в разные периоды времени, направления и объемы передвижений различных групп населения города, время движения ГТОП между конечными станциями маршрута, степень использования платных парковок для личных автомобилей и др.

Полученные актуальные данные анализируются и пополняют базу данных ИЦППР. Для генерации управленческих решений также используется необходимая информация за прошлые периоды времени, извлекаемая из базы данных. Далее ИЦППР разрабатывает как оперативные, так и стратегические предложения для решения возникшей проблемы.

Целью оперативных решений является реагирование на текущую ситуацию для поддержания эффективности и надежности пассажирских перевозок. Результатом будет корректировка работы существующей системы ГТОП в режиме реального времени в рамках установленных стратегических целей. Например, корректировка интервалов движения, перенаправление подвижного состава с маршрута на маршрут, изменение трассы маршрута, динамическое предоставление приоритета для подвижного состава ГТОП на перекрестках, актуальная информация на табло остановок и в приложениях пользователей и др.

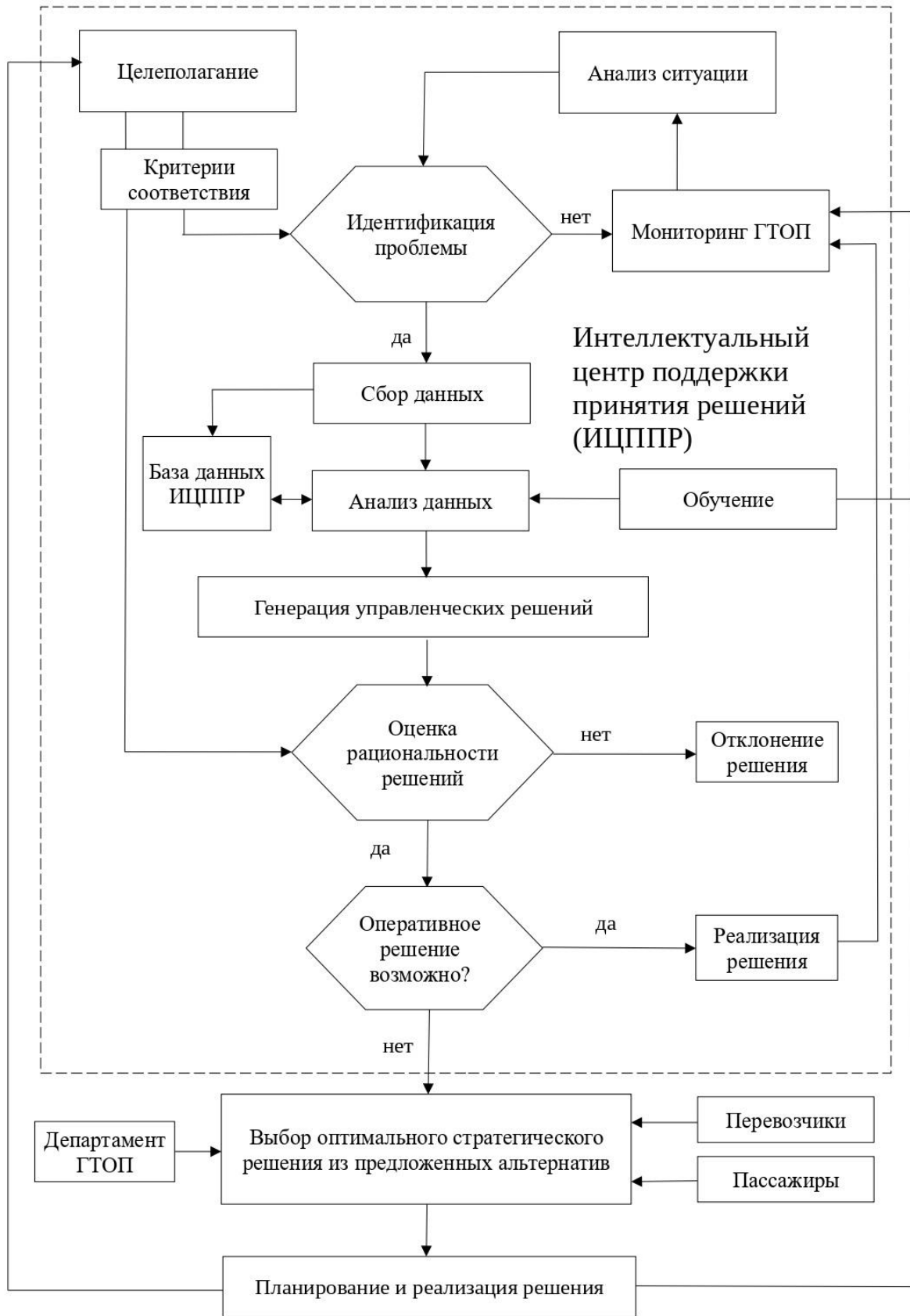


Рисунок 1 – Схема концептуальной модели принятия решений в ИСТОП

Целью стратегических решений является эффективное развитие ГТОП и повышение качества пассажирских услуг в перспективе. Результатом может быть изменение архитектуры системы ГТОП, тарифной политики, конфигурации улично-дорожной и маршрутной сети. Например, внедрение выделенных полос для ГТОП, строительство новых транспортно-пересадочных узлов, закупка транспортных средств определенного типа (электробусы, автобусы большой/средней вместимости), решение о субсидировании определенных категорий пассажиров или маршрутов и др.

Реализация рациональных оперативных решений возможна автоматически, без участия диспетчера. Совокупность рациональных стратегических решений поступает на рассмотрение департамента городского транспорта. Окончательное решение из предложенных ИЦППР альтернатив принимается с учетом интересов перевозчиков и пассажиров.

Принятые к реализации управленческие решения анализируются ИЦППР и пополняют его базу данных. Таким образом происходит машинное обучение интеллектуального центра. Также ИЦППР выполняет мониторинг реализации управленческих решений на ГТОП и при необходимости корректируются цели и задачи функционирования ГТОП.

#### 4 Обсуждение и заключение

Предложенная концептуальная модель принятия решений в ИСТОП представляет собой целостный подход к управлению городским пассажирским транспортом в условиях динамичной и неопределённой среды. Модель интегрирует ключевые аспекты функционирования ГТОП: от сбора и анализа больших данных до генерации оперативных и стратегических управляющих воздействий, учитывающих интересы всех участников транспортного процесса – пассажиров, перевозчиков и города в целом.

Формализация целевой функции (1), определяющей цель функционирования ГТОП, позволяет перейти от локальной оптимизации отдельных параметров (например, интервалов движения, наполняемости подвижного состава) к системной оценке эффективности управленческих решений на основе стоимостного подхода в денежном выражении. Разделение общего экономического эффекта на составляющие для пассажиров (2), перевозчиков (3) и населения (4) даёт возможность находить баланс между возможно противоречивыми интересами участников транспортного процесса.

Представленная схема работы ИЦППР отражает циклический и адаптивный характер управления. Важным элементом модели является интеграция машинного обучения, позволяющая системе накапливать опыт, повышать точность прогнозов и качество генерируемых решений. Разделение на оперативный и стратегический контур управления обеспечивает как оперативную реакцию на текущие изменения (пробки, пассажиропоток), так и планомерное развитие ГТОП в долгосрочной перспективе.

В то время как существующие системы, такие как «Pikas» или отечественная «ЕПУТС», фокусируются в основном на автоматизации конкретных функций (мониторинг, диспетчеризация, составление расписаний), разработанная модель задаёт архитектурный каркас для создания действительно интеллектуальной системы, способной к самообучению и комплексной оптимизации.

Однако успешная реализация подобной модели на практике потребует решения ряда вопросов:

1. Технологических: создания надёжной и масштабируемой ИТ-инфраструктуры для сбора, передачи и обработки огромных массивов гетерогенных данных в реальном времени.
2. Методологических: дальнейшей детализации предлагаемых экономико-математических моделей, применения механизмов взвешивания и оценки оптимальности принимаемых решений.

3. Организационных: формирования чётких регламентов взаимодействия между интеллектуальной системой (ИЦППР) и персоналом (диспетчерами, работниками департамента транспорта), определения границ автоматического принятия решений.

4. Нормативно-правовых: адаптации и развития стандартов в области ИТС с акцентом на функционирование ГТОП.

Представленная модель служит теоретическим фундаментом для проектирования и внедрения интеллектуальных систем управления транспортом общего пользования. Её практическая реализация позволит существенно повысить эффективность, надёжность и качество транспортного обслуживания пассажиров, способствуя решению ключевых проблем современных городов: заторов, экологической нагрузки и доступной мобильности.

### Список литературы

1 Бажина, М.А. Интеллектуальные транспортные системы – основа de lege ferenda транспортной системы Российской Федерации. *Journal of Digital Technologies and Law*. 2023;1(3):630-649. DOI: 10.21202/jdtl.2023.27.

2 Гребенкина С. А., Гребенкина И. А. Интеллектуальные транспортные системы в разрезе национальных интересов РФ: новые вызовы и угрозы // *Вестник Кемеровского государственного университета*. Серия: Политические, социологические и экономические науки. – 2022. – №. 4. – С. 444-450. DOI: 10.21603/2500-3372-2022-7-4-444-450.

3 Гринченко, А.В. Концепция интеллектуальной системы поддержки принятия решений при управлении внутриобластными пассажирскими перевозками // *Мир транспорта и технологических машин*. – 2025. – №1-2(88). – С. 108-113. DOI: 10.33979/2073-7432-2025-1-2(88)-108-113.

4 Гринченко, А.В. Концептуальная модель интеллектуальной системы транспорта общего пользования / А.В. Гринченко, Ю.Н. Ризаева, В.Э. Клявин, А.М. Шмырин // *Мир транспорта и технологических машин*. – 2025. – № 4(91). – С. 97-103. DOI: 10.33979/2073-7432-2025-4(91)-97-103.

5 Грабауров, В.А. Интеллектуальная транспортная система как инновационная концепция развития транспорта / В. А. Грабауров // *Наука и техника*. – 2014. – № 1. – С. 63-69.

6 Гринченко, А.В. Концептуальная модель межрегионального модуля интеллектуальной системы транспорта общего пользования // *Вестник Липецкого государственного технического университета*. – 2025. – №4 (61). – С. 23-30. DOI: 10.53015/30343275\_2025\_4\_23.

7 Поначугин А. В., Соколов В. А. Актуальные проблемы разработки и внедрения автоматизированной системы управления на городском пассажирском транспорте // *Научные ведомости*. – 2018. – №2. – Том 45. – С. 353-362.

8 Кузяшев, А.Н. Концепция умного городского транспорта / А. Н. Кузяшев, А. А. Черных // *Экономика и бизнес: теория и практика*. – 2020. – № 12-2(70). – С. 58-62. DOI 10.24411/2411-0450-2020-11072.

9 Гузенко А.В., Вальчук Е.С. Формирование современных систем управления городским пассажирским транспортом на принципах логистики // *Вестник РГЭУ РИНХ*. – 2015. №3 (51). – С. 30-35.

10 ГОСТ Р ИСО 14813-1-2011 Интеллектуальные транспортные системы. Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем. Часть 1. Сервисные домены в области интеллектуальных транспортных систем, сервисные группы и сервисы. – М: Стандартинформ, 2011. – 32 с.

11 ГОСТ Р 56294-2014 Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем. – М: Стандартинформ, 2015. – 12 с.

12 Зырянов, В.В. Повышение эффективности управления городским пассажирским транспортом Ростова-на-Дону / В. В. Зырянов, Е. Ю. Семчугова, А. А. Литвина // *Вестник Саратовского государственного технического университета*. – 2013. – Т.2, – № 2(71). – С. 347-351.

13 Мировой и российский опыт применения интеллектуальных транспортных систем / С. В. Егоров, П. В. Шационок, А. И. Ерпылева, Д. И. Жарков // *Транспортное дело России*. –2022. – № 2. – С. 130-136. DOI 10.52375/20728689\_2022\_2\_130.

14 ГОСТ Р 54723-2019 Глобальная навигационная спутниковая система. Система управления городским пассажирским транспортом комплексная. Назначение, состав и характеристики решаемых задач подсистемы анализа пассажиропотоков. – М: Стандартинформ, 2020. –24 с.

15 Фадеев А.И., Фомин Е.В. Методика решения задачи определения оптимальной структуры парка подвижного состава городского пассажирского транспорта общего пользования // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22. – № 1. – С. 218–227. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-1-218-227.

16 Фадеев А.И., Фомин Е.В. Определение оптимальной структуры парка подвижного состава городского пассажирского транспорта общего пользования с учетом взаимного влияния маршрутов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22. – № 8. – С. 189–198. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-8-189-198.

17 Повышение эффективности функционирования транспортной сети городского пассажирского транспорта путем применения автоматизации модели выбора оптимального подвижного состава / В. Е. Гозбенко, М. Н. Крипак, О. А. Лебедева, С. К. Каргапольцев // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2017. – № 2(54). – С. 203–208.

18 Агафонов А. А. Алгоритм оценки времени прибытия общественного транспорта с использованием адаптивной композиции элементарных прогнозов / А. А. Агафонов, В. В. Мясников // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 2. – С. 356–368. DOI 10.18287/0134-2452-2014-38-2-356-368.

19 Тянь Ю., Рахмангулов А.Н., Муравьев Д.С., Ван С. Алгоритм прогнозирования моментов времени прибытия городских пассажирских автобусов на основе Марковских цепей // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2018. Т.8. №2. С. 29–38

20 Agafonov, A. A. Forecasting of the motion parameters of city transport by satellite monitoring data / A. A. Agafonov, A. V. Sergeev, A. V. Chernov // Computer Optics. 2012. Vol. 36, No. 3. P. 453–458.

21 Финогеев, А. А. Предиктивное моделирование и расчет времени движения общественного транспорта / А. А. Финогеев, Р. С. Майоров, М. В. Деев // Современные наукоемкие технологии. – 2024. – № 5-1. – С. 89–95. DOI 10.17513/snt.40010.

22 Климова Д. С. Прогнозирование времени в пути и времени прибытия на остановку транспортного средства // Проблемы науки. – 2019. – № 1(37). – С. 36–38.

23 Котов Р. А., Дорохин С. В. Разработка маршрутного индекса эффективности городского общественного транспорта на основе трёхмерной оценки // Воронежский научно-технический вестник. – 2025. – №. 4. – С. 73–79. DOI: 10.34220/2311-8873-2025-73-79

24 Assessing the Quality of Route Vehicle Passenger Transportation / V. Klyavin, A. Grinchenko, Y. Rizaeva [et al.] // Proceedings - 2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2020 : 2, Virtual, Lipetsk, 10–13 ноября 2020 года. Vol. 2nd International Conference. – Virtual, Lipetsk, 2020. – P. 772–776. – DOI 10.1109/SUMMA50634.2020.9280773.

## References

1 Bazhina, M.A. Intelligent transport systems – the foundation of the transport system of the Russian Federation. Journal of Digital Technologies and Law. 2023;1(3):630–649. DOI: 10.21202/jdtl.2023.27.

2 Grebenkina, S.A., Grebenkina, I.A. Intelligent transport systems in the context of national interests of the Russian Federation: new challenges and threats // Bulletin of Kemerovo State University. Series: Political, sociological and economic sciences. – 2022. – No. 4. – P. 444–450. DOI: 10.21603/2500-3372-2022-7-4-444-450.

3 Grinchenko, A.V. The concept of an intelligent decision support system for managing intraregional passenger transportation // The world of transport and technological machines. - 2025. - No. 1-2 (88). - P. 108–113. DOI: 10.33979/2073-7432-2025-1-2 (88) -108-113.

4 Grinchenko, A.V. Conceptual model of an intelligent public transport system / A.V. Grinchenko, Yu.N. Rizaeva, V.E. Klyavin, A.M. Shmyrin // The world of transport and technological machines. - 2025. - No. 4 (91). - P. 97–103. DOI: 10.33979/2073-7432-2025-4 (91) -97-103.

5 Grabaurov, V.A. Intelligent transport system as an innovative concept for transport development / V.A. Grabaurov // Science and Technology. - 2014. - No. 1. - P. 63–69.

6 Grinchenko, A.V. Conceptual model of the interregional module of the intelligent public transport system // Bulletin of Lipetsk State Technical University. - 2025. - No. 4 (61). - P. 23–30. DOI: 10.53015/30343275\_2025\_4\_23.

7 Ponachugin A.V., Sokolov V.A. Actual problems of development and implementation of an automated control system in urban passenger transport // Scientific Vedomosti. - 2018. - No. 2. – Vol. 45. – P. 353–362.

8 Kuzyashev, A.N. The concept of smart urban transport / A. N. Kuzyashev, A. A. Chernykh // Economy and business: theory and practice. – 2020. – No. 12-2 (70). – P. 58–62. DOI 10.24411/2411-0450-2020-11072.

- 9 Guzenko A.V., Valchuk E.S. Formation of modern urban passenger transport management systems based on logistics principles // Bulletin of the RSUE RINH. – 2015. No. 3 (51). – P. 30-35.
- 10 GOST R ISO 14813-1-2011 Intelligent transport systems. Intelligent transport system architecture framework. Part 1. Intelligent transport system service domains, service groups, and services. Moscow: Standartinform, 2011, 32 p.
- 11 GOST R 56294-2014 Intelligent transport systems. Requirements for the functional and physical architectures of intelligent transport systems. Moscow: Standartinform, 2015, 12 p.
- 12 Zyryanov, V.V. Improving the efficiency of urban passenger transport management in Rostov-on-Don / V. V. Zyryanov, E. Yu. Semchugova, A. A. Litvina // Bulletin of the Saratov State Technical University. 2013, Vol. 2, No. 2(71). – P. 347-351.
- 13 Global and Russian experience in applying intelligent transport systems / S. V. Egorov, P. V. Shatsionok, A. I. Erpyleva, D. I. Zharkov // Transport Business of Russia. –2022. – No. 2. – P. 130-136. DOI 10.52375/20728689\_2022\_2\_130.
- 14 GOST R 54723-2019 Global navigation satellite system. Integrated urban passenger transport management system. Purpose, composition, and characteristics of the tasks to be solved by the passenger flow analysis subsystem. – M: Standartinform, 2020. –24 p.
- 15 Fadeev A.I., Fomin E.V. Methodology for solving the problem of determining the optimal structure of the rolling stock fleet of urban public passenger transport // Bulletin of the Irkutsk State Technical University. - 2018. - Vol. 22. - No. 1. - P. 218-227. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-1-218-227.
- 16 Fadeev A.I., Fomin E.V. Determination of the optimal structure of the rolling stock fleet of urban public passenger transport taking into account the mutual influence of routes // Bulletin of the Irkutsk State Technical University. - 2018. - Vol. 22. - No. 8. - P. 189-198. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-8-189-198.
- 17 Improving the Efficiency of the Urban Passenger Transport Network by Automating the Optimal Rolling Stock Selection Model / V. E. Gozbenko, M. N. Kripak, O. A. Lebedeva, S. K. Kargapol'tsev // Modern Technologies. Systems Analysis. Modeling. - 2017. - No. 2 (54). - P. 203-208.
- 18 A. Agafonov. Algorithm for Estimating the Arrival Time of Public Transport Using an Adaptive Composition of Elementary Forecasts / A. A. Agafonov, V. V. Myasnikov // Computer Optics. - 2014. - Vol. 38, No. 2. - P. 356-368. DOI 10.18287/0134-2452-2014-38-2-356-368.
- 19 Tian Yu., Rakhmangulov A.N., Muravyov D.S., Wang S. Algorithm for forecasting arrival times of urban passenger buses based on Markov chains // Modern problems of the transport complex of Russia. 2018. Vol. 8. No. 2. Pp. 29-38
- 20 Agafonov, A. A. Forecasting of the motion parameters of city transport by satellite monitoring data / A. A. Agafonov, A. V. Sergeev, A. V. Chernov // Computer Optics. 2012. Vol. 36, No. 3. Pp. 453-458.
- 21 Finogeev, A. A. Predictive modeling and calculation of public transport travel time / A. A. Finogeev, R. S. Mayorov, M. V. Deev // Modern science-intensive technologies. – 2024. – No. 5-1. – P. 89-95. DOI 10.17513/snt.40010.
- 22 Klimova D. S. Forecasting travel time and arrival time at a vehicle stop // Problemy nauki. – 2019. – No. 1(37). – P. 36-38.
- 23 Kotov R. A., Dorokhin S. V. Development of a route index of urban public transport efficiency based on a three-dimensional assessment // Voronezh Scientific and Technical Bulletin. – 2025. – No. 4. – P. 73-79. DOI: 10.34220/2311-8873-2025-73-79
- 24 Assessing the Quality of Route Vehicle Passenger Transportation / V. Klyavin, A. Grinchenko, Y. Rizaeva [et al.] // Proceedings - 2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2020: 2, Virtual, Lipetsk, November 10–13, 2020. Vol. 2nd International Conference. – Virtual, Lipetsk, 2020. – P. 772-776. – DOI 10.1109/SUMMA50634.2020.9280773.