

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА  
КАФЕДРА ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

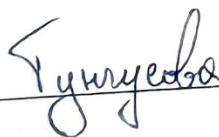
# ОТЧЕТ ПО УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ ПО ПОЛУЧЕНИЮ НАВЫКОВ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Студент  
гр. БТТ-25-ЭУ1



М.Д. Фаттахова

Руководитель  
к.э.н., доцент



Е.В. Тунгусова

Владивосток 2026

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА  
КАФЕДРА ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

**ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ**

на учебную практику по получению навыков исследовательской работы

*Студент:* Фаттахова Милена Дмитриевна, группа БТТ-25-ЭУ1.

*Наименования направления подготовки:* 23.03.03 Технология транспортных процессов.

*Профиль:* Экономика и управление на транспорте.

*Место прохождения практики:* ФГБОУ ВО «ВВГУ», инженерная школа, кафедра транспортных процессов и технологий, г. Владивосток.

*Срок прохождения практики:* с 09.02.2026 г. по 27.06.2026 г.

*Целью* учебной практики по получению навыков исследовательской работы является формирование и развитие профессиональных навыков и умений в области исследовательской работы, формирование компетенций поиска, критического анализа и синтеза информации с применением системного подхода для решения поставленных задач.

**Задание:**

№	Содержание
1	Провести анализ основных направлений профессиональной деятельности специалиста в области экономики и управления на транспорте. Составить перечень ключевых функций и задач, решаемых в рамках профессии
2	На основе изучения научных статей, отраслевых отчётов и новостных источников выявить не менее 5 актуальных проблем в сфере экономики и управления на транспорте (оптимизация маршрутов, управление затратами, цифровизация и др.)
3	Выбрать одну наиболее значимую, с вашей точки зрения, проблему и провести её детальный анализ: описать причины возникновения, последствия для отрасли, заинтересованные стороны
4	Провести обзор традиционных методов и инструментов решения выбранной проблемы. Систематизировать информацию в виде сравнительной таблицы с указанием преимуществ и ограничений каждого метода
5	Изучить возможности применения технологий искусственного интеллекта для решения выбранной проблемы. Рассмотреть примеры использования ИИ в транспортной отрасли (прогнозирование спроса, оптимизация логистики, анализ данных и др.)
6	Практически применить инструменты ИИ (например, ChatGPT, Claude, нейросети для анализа данных) для формулирования гипотез, поиска информации или генерации идей по решению выбранной проблемы. Описать процесс работы и полученные результаты
7	Провести сравнительный анализ традиционных методов и подходов с применением ИИ. Оценить эффективность, доступность, ограничения и перспективы каждого подхода

№	Содержание
8	Сформулировать рекомендации по решению выбранной проблемы с обоснованием выбора инструментов
9	Оформить результаты исследования в виде отчёта по практике в соответствии с требованиями СТО 1.005 Оформление письменных работ с изменениями
10	Подготовить презентацию результатов работы

**Вид отчетности:** отчет с использованием информационных технологий и средств аналитической работы (при подготовке отчета использовать методы табличного и графического анализа).

Руководитель от кафедры \_\_\_\_\_

*Тунгусова*  
(подпись)

Тунгусова Е.В.

Дата выдачи задания

09.02.2026

## Содержание

Введение .....	5
1 Анализ профессиональной деятельности и выявление актуальных проблем .....	6
1.1 Профессиональная деятельность. Технология транспортных процессов. Экономика и управление на транспорте.....	6
1.2 Выявление актуальных проблем в сфере управления транспортными процессами .....	7
1.3 Актуальность темы, выбранной для детального исследования.....	8
1.4 Детальный анализ проблемы.....	9
2 Инструменты решения проблемы .....	11
2.1 Традиционные методы .....	11
2.2 Примеры применения методов оптимизации ГПТ в РФ и за рубежом .....	17
2.3 Применение искусственного интеллекта в решении проблемы .....	18
3 Практическое применение ИИ инструментов и разработка рекомендаций.....	20
3.1 Опыт практического применения ИИ для решения проблемы и оценка результатов .	20
3.2 Сравнительный анализ традиционных подходов и методов с применением ИИ .....	22
3.3 Рекомендации по решению проблемы и обоснование выбранных инструментов.....	24
Заключение.....	26
Список использованных источников .....	27
Приложение А – Практический опыт применения ИИ в оптимизации маршрутов .....	29

## Введение

В современных условиях развития транспортной отрасли особую актуальность приобретает подготовка высококвалифицированных специалистов в области технологии транспортных процессов. Транспортная система является ключевым элементом экономики любого государства, обеспечивая перемещение грузов и пассажиров, развитие торговли и промышленности.

Учебная практика является важнейшим этапом профессиональной подготовки будущих специалистов. Она позволяет студентам применить теоретические знания, полученные в процессе обучения, в реальных производственных условиях, а также приобрести практические навыки работы в выбранной специальности.

Целью учебной практики по получению навыков исследовательской работы является формирование и развитие профессиональных навыков и умений в области исследовательской работы, формирование компетенций поиска, критического анализа и синтеза информации с применением системного подхода для решения поставленных задач.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ основных направлений профессиональной деятельности специалиста в области экономики и управления на транспорте, составить перечень ключевых функций и задач, решаемых в рамках профессии;
- выявить актуальные проблемы в сфере экономики и управления на транспорте;
- провести детальный анализ одной из наиболее значимых проблем;
- ознакомиться с традиционными методами и инструментами и изучить возможности применения искусственного интеллекта для решения выбранной проблемы, рассмотреть примеры использования искусственного интеллекта в транспортной отрасли;
- применить инструменты ИИ для формулирования гипотез, поиска информации или генерации идей по решению выбранной проблемы и описать процесс работы и полученные результаты;
- провести сравнительный анализ традиционных методов и подходов с применением ИИ и оценить эффективность, доступность, ограничения и перспективы каждого подхода;
- сформулировать рекомендации по решению выбранной проблемы с обоснованием выбора инструментов.

Учебная практика позволяет углубленно изучить теорию, научиться самостоятельной аналитической работе и применить полученные теоретические знания на практике для решения управленческих задач в сфере технологии транспортных процессов.

# 1 Анализ профессиональной деятельности и выявление актуальных проблем

## 1.1 Профессиональная деятельность. Технология транспортных процессов. Экономика и управление на транспорте.

Транспортно-логистическая инфраструктура Дальнего Востока является ключевым направлением развития транспортной системы России и международных транспортных коридоров. Для успешной реализации планов по ее совершенствованию необходимы специалисты, которые обладают комплексными знаниями: как технического, так и экономического и управленческого характера. Такие специалисты востребованы и бизнес-структурами, и органами государственной власти и управления. Они способны внести существенный вклад в экономику Дальневосточного региона, реализоваться в профессиональной сфере.

Специалист по технологии транспортных процессов занимается организацией процесса перевозок и управлением на транспорте. Он контролирует работу транспортных комплексов, распределяет материальные и человеческие ресурсы, а также обеспечивает функционирование систем безопасности. [1]

Главная задача сотрудника – обеспечить четкое взаимодействие всех видов транспорта, входящих в единую транспортную систему.

Для работы по специальности необходимо разбираться в принципах управления на транспорте, знать основы транспортной инфраструктуры и логистики, а также понимать принципы организации перевозок. [2]

Специалист по технологии транспортных процессов обеспечивает безопасность дорожного движения и занимается транспортно-экспедиционной деятельностью.

Он решает следующие задачи:

- управление перевозками;
- обеспечение надлежащих условий транспортировки;
- организация дорожного движения (грузовые, пассажирские, международные перевозки);
- разработка схем доставки грузов и пассажиров;
- формирование мер по повышению безопасности транспортных мероприятий и снижению их себестоимости;
- экспертиза дорожно-транспортных происшествий;
- организация своевременных и бесперебойных работ на складах и терминалах.

Профиль «Экономика и управление на транспорте» сочетает экономические, управленческие и технические знания, необходимые для организации перевозок,

логистических процессов, анализа деятельности транспортных предприятий и принятия управленческих решений.

Специалисты по экономике и управлению на транспорте оценивают эффективность транспортных систем, анализируют потоки грузов и пассажиров, используют методы управления и маркетинга в сфере транспорта, работают с современными информационными технологиями и программными системами.

## 1.2 Выявление актуальных проблем в сфере управления транспортными процессами

Транспортная отрасль, как и любая другая, постоянно существует в потоке определенных проблем и ограничений. Решение одних проблем неминуемо приводит к возникновению других, ряд проблем в целом остаются постоянными для отдельных регионов или транспортной отрасли в РФ в целом. Все актуальные проблемы можно разделить на несколько больших категорий.

Проблемы безопасности на транспорте. Трудности возникают в основном по ряду причин, например: человеческий фактор (нарушение ПДД, усталость, ошибки, несвоевременная реакция); качество дорожной инфраструктуры (отсутствие освещения, сложные участки дороги, отсутствие безопасных зон для остановки, качество дорожного полотна, а местами даже полное его отсутствие); плохое техническое состояние автомобилей (несвоевременное выявление поломок, халатность, низкое качество контроля, некачественное ТО и т.д.)

Дефицит кадров. Транспортно-логистическая отрасль столкнулась с острой нехваткой кадров. По некоторым данным, рынку недостает 500 000 водителей грузовиков, в дефиците экспедиторы, механики, электрики, работники складов и IT-специалисты. Нехватка рабочих рук разгоняет рост зарплат и приводит к простоям техники — и то и другое сказывается на себестоимости перевозок.

Цифровая трансформация и связанные с ней проблемы. Среди них: недостаточные компетенции руководителей в области цифровой экономики и информационных технологий; риски, связанные с использованием зарубежного программного обеспечения и технологий, которые могут быть подвержены дистанционному изменению параметров; проблемы с обработкой персональных данных; отсутствие эффективных систем защиты каналов передачи данных; большое количество транспорта зарубежного производства, вследствие чего сложности с поставками запасных частей и ремонтных мануалов.

В сфере грузовых перевозок преобладают такие проблемы, как: жесткие ограничения на маршрутах, в том числе весогабаритные контроли, скоростные ограничения, сезонные

условия; недостаток ресурсов (машин, водителей, грузчиков, средств на ТО и ремонт); риски связанные с документооборотом (неготовность электронных систем, утечки данных, нюансы в оформлении маршрутных документов). [3]

Более подробно были рассмотрены проблемы в сфере пассажирских перевозок.

Одной из основных проблем городского общественного транспорта является сильная изношенность и недостаточные темпы обновления подвижного состава. Как следствие износа подвижного состава – снижается уровень технической надежности и безопасности пассажирского транспорта, возрастает поток сходов с линии по техническим неисправностям. Кроме того, в значительной степени растут затраты на эксплуатацию подвижного состава и себестоимость перевозок пассажиров. Увеличение транспортной подвижности населения, в условиях сокращения провозных возможностей приводит к росту наполняемости салонов. В часы «пик» она почти втрое превышает значения, рекомендованные Международным союзом общественного транспорта, и достигает физического предела. Не обеспечивается не только минимальный уровень комфортности поездок пассажиров, но и необходимые условия соблюдения безопасности при их перевозках.

Отсутствие оборудованных для маршрутных такси остановок и наличия остановок вне плана часто приводит к повышению аварийной обстановки на дороге вследствие резкого торможения после разгона и нарушения рядности движения. Установка незаконных дополнительных мест и перевозка стоячих пассажиров является нарушением законодательства и приводит к снижению комфортабельности и безопасности поездки. Отсутствие кондуктора в салоне возлагает на водителя дополнительные обязанности, выполнение которых отвлекает его. Водители работают по 10-12 часов без какого-либо перерыва на обед, тем самым нарушая все существующие нормы труда. Это ведёт к утомляемости и как следствие повышается вероятность возникновения ДТП.

Также на загруженность маршрутной сети влияет строительство новых районов или торговых центров. Такие события требуют обязательного пересмотра маршрутов, размера автобусов, количества транспортных средств и времени простоя на остановках.

### **1.3 Актуальность темы, выбранной для детального исследования**

В качестве темы исследовательской работы была выбрана проблема оптимизации маршрутов городского пассажирского транспорта. Это актуальная задача, которая связана с повышением качества транспортного обслуживания населения, экономической эффективности работы транспортных организаций и снижением нагрузки на городскую инфраструктуру. [4]

Актуальность выбранной темы обусловлена несколькими глобальными тенденциями.

Во-первых, загруженность дорог личными авто приводит к необходимости все больше привлекать людей к пользованию общественным транспортом, для загрузки и снижению трафика на дорогах. Кроме того «пересадка» на общественный транспорт не только позволяет разгрузить дороги, но и снизить траты населения на топливо, так как простой в пробках на личном транспорте однозначно выходит дороже нежели чем на общественном.

Во-вторых, повышаются стандарты к качеству жизни. В частности, в крупных городах темп жизни слишком быстрый, временные рамки очень ограничены, гражданам требуется четкое и предсказуемое время поездки (движение строго по расписанию, четко определенное время отправления, время нахождения на остановках).

В-третьих, сохраняются провалы в управлении маршрутами. Старые маршруты по принципу «движение в центр» перестали отвечать реальным требованиям. Все большую актуальность приобретают маршруты внутри районов и между районами города. Паттерны передвижения изменились вследствие роста удаленной работы, популяризация сервисов доставки, каршеринга, увеличение числа рабочих мест в районах (например, новые торгово-развлекательные центры).

В-четвертых, недостаточное бюджетирование во многих городах. Часть средств уходит на неоптимальные маршруты с низким пассажиропотоком, вместо развития эффективных и более загруженных направлений.

Значимость оптимизации маршрутов городского пассажирского транспорта заключается в положительном эффекте для различных сфер, например:

- с точки зрения экономики – снижение затрат на горюче смазочные материалы и фонд оплаты труда за счет уменьшения пробегов, рост выручки за счет более рационального наполнения салона;

- в социальной сфере – сокращение времени ожидания на остановках, повышение доступности отдаленных районов, снижение аварийности за счет улучшения условий труда водителей;

- в транспортной сфере – освобождение улично-дорожной сети за счет сокращения дублирующих автобусов и ускорение оборачиваемости подвижного состава;

- для экологии – снижение загазованности, за счет косвенного уменьшения пробок путем отказа от личных автомобилей.

Для транспортной отрасли в целом оптимизация позволит перейти от экстенсивной модели (упор на количество) к интенсивной (в приоритете качество).

#### 1.4 Детальный анализ проблемы

Основные проблемы существующих маршрутных сетей заключаются в;

- чрезмерном дублировании (по основной улице проходит большое количество маршрутов, в то время как густонаселенные спальные районы обслуживает 1-2 маршрута)
- разрыв между спросом и предложением (в час пик маршрут переполнен, в межпик автобусы ходят пустые), гибридного расписания нет;
- борьба перевозчиков за прибыльные маршруты и игнорирование менее прибыльных, но социально важных;
- отсутствие стыковки (расписание не состыковано с расписанием других маршрутов, к примеру, электричек, трамваев);
- устаревшие маршруты, по которым автобусы ходят десятилетиями давно потеряли актуальность, но люди продолжают ими пользоваться за неимением удобных альтернатив.

Последствиями данных проблем становятся транспортное неравенство для пассажиров, лишние выбросы газа для экологии и убыточный транспорт для бюджета, который в свою очередь приводит к повышению тарифов и снижению популярности общественного транспорта (петля смерти общественного транспорта).

Оптимизация маршрутов городского пассажирского транспорта должна учитывать интересы различных сторон. В таблице 1 представлен перечень стейкхолдеров и их интересы в оптимизации.

Таблица 1 – Стейкхолдеры и интересы

Стейкхолдер	Интерес в оптимизации
Пассажиры	Комфортная поездка, сокращение времени в пути и предсказуемость
Перевозчики	Максимум выручки при минимуме пробега
Администрация	Снижение нагрузки на бюджет, выполнение KPI по скорости движения
Водители	Условия труда и зарплата
Жители районов	Меньше транспорта под окнами или наоборот доступность для жителей живущих далеко от главной дороги.

Важно находить такие компромиссы, чтобы оптимизация в той или иной мере удовлетворяла интересы всех стейкхолдеров, а не ставить в приоритет определенную группу лиц.

## 2 Инструменты решения проблемы

### 2.1 Традиционные методы

Традиционные методы оптимизации маршрутов городского пассажирского транспорта (ГПТ) относятся к эвристическим, которые получили активное развитие в начале 1960-х годов. Со временем их стали называть классическими.

Среди эвристических методов чаще всего применяется Алгоритм Кларка-Райта. Это метод для решения задач маршрутизации транспорта, который позволяет формировать маршруты и определять последовательность посещения пунктов с учётом различных ограничений (например, грузоподъёмности транспорта, количества единиц транспорта). Метод был разработан в 1963 году британскими учёными Г. Кларком и Дж. Райтом. [5]

Основная идея алгоритма заключается в последовательном объединении мелких маршрутов (маятниковых — когда транспортное средство посещает одну точку и возвращается обратно в месторасположение базы) в более крупные (кольцевые). При этом вычисляется «километровый выигрыш» (или «сбережение») — снижение общей стоимости решения при объединении двух маршрутов. проводимого до тех пор, пока есть возможность уменьшить суммарную стоимость.

Предположим, есть два маршрута: один содержит путь от депо (0) до пункта  $i$  ( $0, \dots, i, 0$ ), а второй — от депо до пункта  $j$  ( $0, j, \dots, 0$ ). Если эти маршруты объединить в один кольцевой ( $0, \dots, i, j, \dots, 0$ ), то сбережением будет изменение расстояния:

$$s_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij},$$

где  $c_{ij}$  — расстояние между соответствующими вершинами. Если это значение больше нуля, объединение выгодно. Схема алгоритма представлена на рисунке 1.

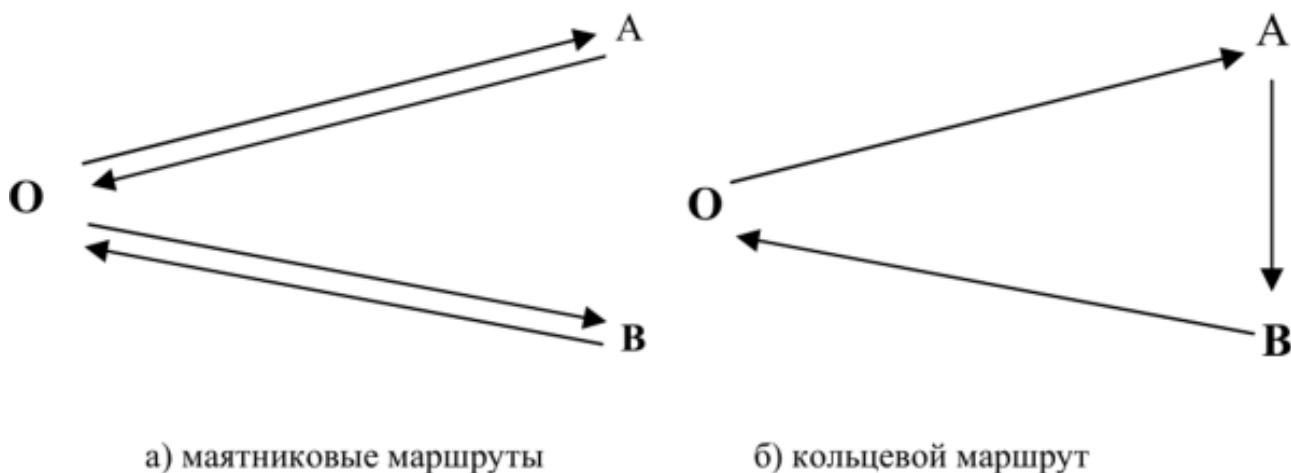


Рисунок 1 – Алгоритм Кларка-Райта

Алгоритм может реализовываться на двух сценариях:

– параллельный (с начала просматривается список сбережений, для текущего элемента  $s_{ij}$  определяется, существуют ли два маршрута, один из которых содержит дугу  $(0, j)$ , а второй — дугу  $(i, 0)$ , и которые можно соединить в один общий маршрут, если такие маршруты найдены, выполняется их объединение: удаляются дуги  $(0, j)$  и  $(i, 0)$ , а затем добавляется дуга  $(i, j)$ );

– последовательный вариант предполагает последовательную обработку каждого маршрута и поиск возможностей для его объединения с другими.

Один из недостатков алгоритма — снижение эффективности по мере приближения к концу вычислений, при этом в начале работы решения получаются относительно удачными.

Преимущества алгоритма:

– простота и надёжность – метод относительно легко реализуется, что делает его удобным для практического применения;

– гибкость – позволяет учитывать различные ограничения, например грузоподъёмность транспорта, количество единиц техники, особенности маршрутов;

– относительно невысокая погрешность решения — в среднем не превышает 5–10%;

– возможность использования как для симметричных, так и для несимметричных задач;

– подходит для ситуаций, когда количество экипажей не определено заранее — его можно вычислять в ходе работы.

Недостатки алгоритма:

– снижение эффективности по мере приближения к концу вычислений, в начале работы решения получаются относительно точными, но по мере приближения к финальным итерациям качество оптимизации может ухудшаться;

– возможная неэффективность с точки зрения времени исполнения – для всех вариантов алгоритма требуется вычисление, сохранение и сортировка всех сбережений, что может быть ресурсоёмким;

– «жадный характер» метода – это иногда приводит к недостаточно качественным решениям по сравнению с более сложными подходами;

В связи с появлением более эффективных методов, в настоящее время алгоритм Кларка-Райта часто используется не как самостоятельный подход, а как способ нахождения начального решения для последующего улучшения более сложными методами, выступает в роли базы, от которой уже находится более четкое решение.

Алгоритм Моля — Джеймсона применяется для задач, где количество транспортных средств (маршрутов) не определено заранее, а вычисляется в ходе работы. При расширении маршрута используются два параметра —  $\lambda$  и  $\mu$ . Создаётся новый маршрут  $(0, k, 0)$ , где  $k$  — любая не использованная вершина. Для каждой неиспользованной вершины  $k$

вычисляется стоимость возможной вставки в новый маршрут  $\alpha^*(ik, k, jk) = \min \{\alpha(r, k, s)\}$ , где  $r$  и  $s$  — любые две соседние вершины последнего созданного маршрута. Если возможных вариантов вставки не существует, алгоритм возвращается на шаг 1. В противном случае выбирается вершина для вставки  $k^*$ , которая даёт максимальное значение определённой величины  $\beta(ik, k, jk)$ . Её добавляют в маршрут между вершинами  $ik$  и  $jk$ . [6]

Преимущества:

– гибкость настройки, параметры  $\lambda$  и  $\mu$  позволяют адаптировать алгоритм под разные задачи.

Недостатки:

– в некоторых реализациях требуется генерация множеств «лепестков» для покрытия всех вершин исходного набора данных;

– вычислительные результаты могут уступать параллельному варианту другого алгоритма (например, алгоритма Кларка-Райта).

Последовательный алгоритм Кристофидеса — Мингоззи — Тосса. Это более сложный метод, также применяемый для случаев с неопределённым заранее числом транспортных средств. Он представляет собой двухфазовый эвристический подход, которым также можно управлять при помощи параметров  $\lambda$  и  $\mu$ . [7]

Простыми словами, алгоритм строит маршруты поэтапно, постепенно добавляя к ним новые точки и оптимизируя их расположение, чтобы в итоге получить наиболее эффективный путь.

Преимущества:

- более «глубокая» реализация по сравнению с алгоритмом Моля — Джеймсона;
- двухфазовый характер, что может обеспечивать более гибкую структуру решения;
- возможность учёта дополнительных факторов при выборе вершин для добавления.

Недостатки:

- требует более сложной реализации по сравнению с некоторыми другими методами.

Метод направленного перебора вариантов, предложенный В. А. Паршиковым, — это эвристический подход к решению оптимизационных задач, в частности, связанных с построением маршрутных сетей городского пассажирского транспорта. Его цель — сократить объём перебора за счёт целенаправленного выбора вариантов с учётом заданных критериев. [8]

Последовательность данного алгоритма заключается в:

– построении начального множества маршрутов  $R$ , в него включают априорно заданные маршруты и те, включение которых в оптимальную совокупность удовлетворяет условиям задачи;

– формировании множества допустимых маршрутов  $D$  – это множество включает маршруты, которые удовлетворяют всем ограничениям оптимизационной задачи;

– поиске оптимального маршрута для включения в  $R$ , в множестве  $D$  отыскивают такой маршрут, включение которого в  $R$  обеспечивает максимальное уменьшение критерия (например, временных затрат пассажиров);

– повторении процедуры – процесс повторяют до тех пор, пока добавление маршрута из  $D$  в  $R$  не начнёт способствовать уменьшению критерия.

– альтернативном переборе (рекомендуется повторить процедуру, но в другой последовательности: сначала ввести в  $R$  все маршруты из  $D$ , а затем найти маршрут, исключение которого из  $R$  обеспечит наибольшее уменьшение критерия).

Преимущества метода:

– сокращение временных затрат и трудоёмкости процесса оптимизации за счёт формирования избыточной совокупности маршрутов;

– учёт ограниченного количества подвижного состава при оптимизации маршрутных сетей;

– включение в критерий оптимальности такого важного показателя эффективности, как временные затраты пассажиров.

Недостатки метода:

– объединение микрорайонов на первом этапе проектирования по критерию средней интенсивности пассажиропотока между ними не всегда учитывает технологические особенности прокладываемых маршрутов и взаимное расположение микрорайонов на территории города. В результате могут получиться маршруты с большим коэффициентом непрямолинейности.

Метод ориентирован на решение задач, где важно оптимизировать временные или другие критерии. Он позволяет постепенно формировать оптимальное решение, сокращая количество проверяемых вариантов за счёт целенаправленного выбора на каждом шаге.

Со временем появились и стали более перспективными метаэвристические методы (например, алгоритмы на основе муравьиных колоний, генетические алгоритмы), которые позволяют преодолевать локальный оптимум и искать более глобальное решение. Однако эвристические методы остаются основой для решения многих практических задач оптимизации ГПТ.

Метаэвристические методы считаются перспективным направлением в оптимизации маршрутных сетей городского пассажирского транспорта, так как они позволяют учитывать множество параметров и ограничений, а также учитывать интересы разных участников процесса перевозок. Однако у некоторых алгоритмов могут быть ограничения, например,

рассмотрение только автобусных маршрутов как потенциально возможных, что не позволяет учитывать привлекательность различных видов городского транспорта.

Алгоритм оптимизации маршрутов на основе муравьиных колоний (Ant Colony Optimization, ACO) — это метод решения задач поиска оптимальных путей на графах, вдохновлённый поведением муравьёв, которые ищут путь от колонии к источнику пищи. В контексте городского пассажирского транспорта (ГПТ) он помогает оптимизировать маршрутные сети, например, найти наиболее эффективные пути для автобусов, чтобы сократить время в пути, количество пересадок и затраты на топливо. [9]

Принцип работы метода заключается в том, что автобусы — это муравьи, начальные остановки — их гнездо, а конечные остановки — источник пищи. Задача алгоритма — найти оптимальный путь от начальной остановки до конечной, учитывая при этом плотность пассажиропотока (сколько людей едет между остановками).

Муравьи, двигаясь, оставляют на своём пути феромоны — специальные вещества, которые служат ориентиром для других муравьёв. Чем больше муравьёв пройдёт по определённому пути, тем больше феромонов на нём накопится, и тем привлекательнее он станет для других. В контексте ГПТ — это пассажиропоток.

Со временем более короткие маршруты будут проходить чаще, и на них со временем накопится больше пассажиров. В результате автобусы будут двигаться по кратчайшему пути, на котором накопилось наибольший пассажиропоток. При этом часть феромонов со временем испаряется, что позволяет алгоритму «забывать» неоптимальные пути и исследовать новые варианты.

Преимущества:

- высокая эффективность по сравнению с другими методами глобальной оптимизации.
- адаптируемость и масштабируемость — алгоритм можно адаптировать к меняющимся условиям и масштабировать под задачи разной размерности.
- гарантированная сходимости — теоретически возможно получить оптимальное решение независимо от размерности графа.
- способность адаптироваться к динамическим изменениям — например, перенаправлять потоки при поломке узла или при изменении параметров маршрута.
- возможность учитывать различные критерии оптимизации — например, плотность пассажиров прямого сообщения (количество пассажиров, едущих без пересадки).

Недостатки:

- склонность к попаданию в локальное оптимальное решение — алгоритм может застревать на неоптимальном маршруте, если не использует дополнительные методы для выхода из такой ситуации;

– неопределённость времени сходимости — хотя сходимость гарантирована, невозможно точно сказать, сколько времени потребуется на её достижение;

– зависимость от настроечных параметров — их подбор часто осуществляется экспериментально, а не на основе строгого теоретического анализа;

– приближённый характер результатов — алгоритм даёт приближённые решения, и нет гарантии, что при первом запуске будет получен самый оптимальный маршрут.

Генетический алгоритм (ГА) — это метод оптимизации, вдохновлённый процессами эволюции в природе. Он используется для поиска оптимальных маршрутов в сложных задачах, например при планировании перевозок, маршрутизации в сетях или планировании туристических маршрутов. [10]

Генетический алгоритм работает с множеством возможных решений (популяцией) и постепенно улучшает их, как в природе происходит отбор наиболее приспособленных вариантов.

Этапы алгоритма:

– случайным образом генерируются маршруты;

– для каждого маршрута оценивается его качество по каким-то критериям (например, это может быть длина пути, время в пути, количество промежуточных узлов или другие критерии);

– отбираются лучшие маршруты;

– лучшие маршруты могут скрещиваться, чтоб получить новый маршрут;

– в изменяющихся условиях маршруты могут адаптироваться;

– новые маршруты постоянно модернизируются для нахождения необходимого количества маршрутов или получения лучших вариантов.

Преимущества:

– универсальность, можно применять к данным разного вида (к самим маршрутам или к расписанию следования);

– способность работать с большими объёмами данных и учитывать множество ограничений;

– возможность находить не одно, а несколько хороших решений.

Недостатком такого метода является отсутствие гарантии сходимости к глобальному оптимуму. Алгоритм может застрять в локальном минимуме, то есть найти решение, которое оптимально в пределах некоторой окрестности, но не является наилучшим в глобальном смысле. Это особенно вероятно при плохой настройке параметров или при большом размере пространства поиска.

## 2.2 Примеры применения методов оптимизации ГПТ в РФ и за рубежом

В России применяются различные методы оптимизации. Исключается непроизводительное дублирование маршрутов, применяется объединение или разделение существующих линий с учётом пассажиропотока, изменение их конфигурации с целью повышения связности и удобства для пассажиров.

В рамках оптимизации могут отменяться малозагруженные или дублирующие маршруты, а также корректироваться их расписание и интенсивность движения.

Во внепиковый период пассажиропоток характеризуется уменьшением или резким спадом спроса, что, в свою очередь, требует принятия специальных мер. В настоящей практике свою эффективность показывает введение гибких совмещенных, дежурных и смешанных маршрутов.

Гибкие совмещенные маршруты организуются в позднее время, как правило, не ранее 20:00, за счет изменения пути следования автобусов одного маршрута, затрагивая другой маршрут, в то время как последний прекращает свою работу. Метод дежурных маршрутов характеризуется тем, что после вечернего часа пик некоторая часть маршрутов закрывается, а к оставшиеся передвигаются с высокой частотой. Метод смешанных маршрутов подразумевает совместную работу в период спада спроса рациональное число больших, средних и малых автобусов.

В некоторых административных округах может применяться система беспересадочных тарифов, когда пассажир может бесплатно пересаживаться между разными видами транспорта в течение определённого времени. Активно используется генетический метод – запускаются маршруты на некоторый срок в тестовом режиме, затем выбирается наиболее эффективный, или создается один гибридный маршрут, а остальные приостанавливают свою работу.

В некоторых странах мира методы оптимизации маршрутов городского пассажирского транспорта уже давно перешли на более высокий уровень.

В США используются полугибкие маршруты, автобусы меняют траекторию на основе предварительных заявок, но сохраняют путь (останавливаются на тех остановках, где есть запросы). [12]

В Греции состыкуются и корректируются при возникновении форс-мажоров расписания автобусов, шаттлов и поездов. Сокращается время ожидания, а стыковки видов транспорта происходят максимально комфортно и безшовно.

В Китае огромную популярность имеет сервис заказных автобусов. Система динамически объединяет похожие заявки в один заказной маршрут без пересадок. Сохраняется пунктуальность за счет группировки и растёт прибыль. [13]

Еще один путь, по которому пошла оптимизация в Китае – это модульный транспорт. Особенностью такого метода заключается использовании гибрида поезда и автобуса, который движется по виртуальным рельсам, нанесенным на асфальт. В зависимости от пассажиропотока оператор может добавлять или исключать модули-вагоны. В час пик такой «поезд» в объединенном состоянии может перевозить до 500 пассажиров одновременно.

В разных странах Европы применяют разделение маршрутов на скоростные и обычные. Скоростные рассчитаны на пересадки на другие виды транспорта и имеют приоритет, так как они должны прийти на остановку без отклонений в расписании. Обычные же автобусы – это те, которые не взаимодействуют с крупными транспортными узлами и для которых допустимы небольшие отклонения в расписании.

Несмотря на применение методов оптимизации, сохраняется напряженная транспортная обстановка (особенно в крупных городах). Сохраняется недовольство как пассажиров, так и перевозчиков. Основные сложности объясняются недостаточным соблюдением расписания, нехваткой кадров, подорожанием ГСМ и самих транспортных средств.

### 2.3 Применение искусственного интеллекта в решении проблемы

Искусственный интеллект (ИИ) активно применяется для оптимизации маршрутов городского пассажирского транспорта, что позволяет повысить эффективность перевозок, сократить время в пути, снизить издержки и улучшить комфорт для пассажиров. Существует несколько методов и подходов, основанных на использовании алгоритмов машинного обучения, генетических алгоритмов, графовых нейросетей и других технологий.

Рассмотрим различные направления, в которых развивается ИИ, нацеленный на решение вопроса оптимизации транспортных маршрутов:

- алгоритмы глубокого обучения – методы машинного обучения, которые позволяют анализировать и обрабатывать большие объемы данных и прогнозировать оптимальные маршруты для транспортных средств;

- генетические алгоритмы – методы оптимизации, которые имитируют процесс естественного отбора, чтобы найти наилучшие решения для определенной проблемы;

- методы кластеризации – методы, которые группируют данные в разные кластеры, чтобы найти наиболее эффективный маршрут для каждого транспортного средства в каждом кластере;

- эволюционные алгоритмы – используют принципы естественного отбора и мутации, чтобы найти наилучшее решение для определенной проблемы;

- методы динамического программирования – рассматривают все возможные комбинации маршрутов и выбирают оптимальный маршрут для каждого транспортного средства;

– методы мультиагентного моделирования – методы моделирования, которые используют агентов, представляющих различные транспортные средства, для нахождения оптимальных маршрутов в режиме реального времени.

Эти методы могут быть применены для оптимизации маршрутов различных видов транспорта, включая автомобили, грузовики, автобусы, поезда и самолеты, а также их комбинаций в условиях мультимодальных логистических схем. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки, поэтому выбор конкретного метода зависит от характеристик транспортной системы, целей оптимизации и доступных данных. Для оптимизации маршрутов ИИ может использовать ряд возможностей, которые уже показали положительные результаты.

Одной из ключевых областей применения ИИ является управление светофорами. Интеллектуальные алгоритмы могут регулировать сигналы в зависимости от загруженности дорог, данных с камер и датчиков. В Шанхае реализована система, которая с помощью ИИ анализирует видео с перекрестков, определяет плотность потока и меняет режим работы светофоров. Это позволило сократить среднее время ожидания на перекрестках на 12%. В Москве проект «Интеллектуальный транспорт» включает светофоры с помощью адаптивных алгоритмов. В результате пилотного внедрения средняя скорость движения по центру города увеличилась на 9%, а количество задержек сократилось на 15%.

ИИ позволяет предсказывать загруженность дорог, учитывая исторические данные, погоду, события (концерты, спортивные матчи). Такие прогнозы помогают водителям выбирать оптимальные маршруты, а транспортным операторам – корректировать работу. В Лондоне система на базе ИИ прогнозирует трафик на 60 минут вперед с точностью 85%, что используется для информирования водителей через электронные табло. В Москве подобные системы тестируются в рамках «Умного города». Кроме того, ИИ применяется в навигационных приложениях (например, Google Maps, Yandex.Navigator), которые используют машинное обучение для улучшения маршрутизации. [14]

ИИ помогает анализировать загрузку маршрутов, оптимизировать расписания, планировать новые маршруты. Сбор данных с турникетов, GPS-трекеров, камер позволяет выявлять узкие места и перераспределять транспортные ресурсы. В Сингапуре с помощью ИИ удалось сократить интервалы между автобусами на 5-7% за счет динамического управления движением. В Барселоне анализ данных пассажиропотока позволил изменить маршруты автобусов так, чтобы повысить среднее заполнение на 8%. В России подобные подходы начали внедрять в Казани и Москве: алгоритмы анализируют, где возникают очереди, и предлагают изменения в расписании.

### 3 Практическое применение ИИ инструментов и разработка рекомендаций

#### 3.1 Опыт практического применения ИИ для решения проблемы и оценка результатов

Для России одним из важнейших толчков к внедрению ИИ в транспортные сети стала разработка Института искусственного интеллекта ИТМО в Санкт-Петербурге. Ученые создали инструмент, который позволяет градостроителям и транспортным инженерам за пару часов оценить существующие маршруты городского пассажирского транспорта (автобусов, трамваев и троллейбусов) с учетом затрат пассажиров, перевозчика и транспортного спроса. По итогам анализа система выдает рекомендации по улучшению маршрутов. [15]

При этом разработка нетребовательна к исходным данным и позволяет строить прогнозы маршрутов на основе информации о застройке и топологии улично-дорожной сети. Такой подход позволит специалистам сократить время и финансирование, необходимое для сбора данных и работы над транспортной системой, а также уберечь город от непродуманных проектов.

На рисунке 2 представлена Генерация маршрутов общественного транспорта на примере Кемерово. Слева: пространственное распределение исходящего транспортного спроса. Посередине: пространственное распределение входящего транспортного спроса. Справа: сгенерированные автобусные маршруты с учетом спроса и связанности.

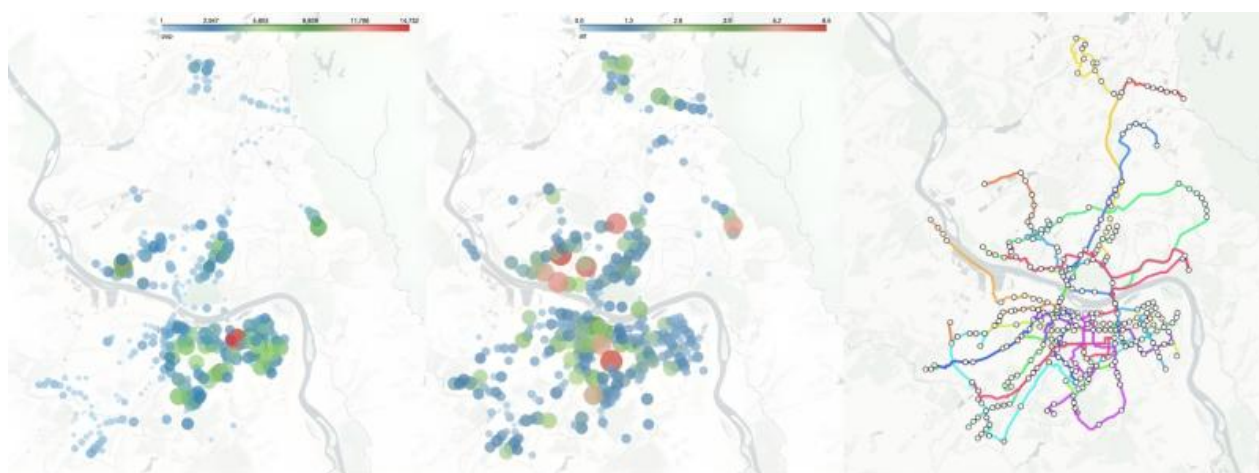


Рисунок 2 – Пример применения ИИ для маршрутной сети г. Кемерово

Сервис получил название ConnectPT. Это открытое ПО, в основе которого лежит эволюционный алгоритм, использующий графовые нейросети в качестве оператора мутаций. Именно оператор используется для внесения случайных изменений в популяцию решений, чтобы эволюционный алгоритм выбрал оптимальные варианты маршрутов. Отличительной

особенностью инструмента стали графовые нейросети, которые адаптировали для улучшения транспортной связанности, взвешенной по спросу. Обычно в генерации оптимальной сети используются две противоборствующие метрики, которые отражают затраты перевозчиков и пассажиров. Введение метрики транспортной связанности помогает повысить некоторые показатели, например, доступность городских территорий и процент поездок без пересадок. Маршруты генерируются по графу, где остановки — это вершины, а пути между ними — ребра. По графу из кварталов анализируется спрос по показателям разнообразия, плотности городских сервисов и населения. Потом этот спрос распределяется по остановкам в радиусе пешеходной доступности, и строится матрица корреспонденций между остановками.

Также с помощью ConnectPT можно настроить приоритет по генерации маршрутов для разных категорий и задач. Например, для жителей сократить количество пересадок и время в пути, для перевозчиков — убрать невостребованные маршруты, для города в целом — связать существующие маршруты и сократить количество анклавов без общественного транспорта. Инструмент способен анализировать данные о любом населенном пункте или регионе, поэтому в перспективе использовать его смогут градостроители, транспортные инженеры и органы власти любого города.

В нескольких районах Новой Москвы и на территории инновационного центра «Сколково» уже несколько лет работает сервис «По пути». Он похож на такси, но позволяет снизить стоимость соответствующих услуг практически до уровня общественного транспорта. Автомобили и автобусы сервиса курсируют не по расписанию, а так, чтобы перевозить максимальное число пассажиров за минимальное время. Цифровые технологии и ИИ позволяют распределять транспортные средства по маршрутам таким образом, чтобы за тремя-четырьмя попутчиками приезжал маленький легковой автомобиль. Автобус же получается заполнять всякий раз почти под завязку и не возить «воздух», как это часто случается на городских маршрутах.

Крупные платформы такси, такие как Uber, Яндекс.Такси, используют сегодня искусственный интеллект для определения оптимального маршрута, управления ценообразованием и определения времени прибытия для каждой поездки. Алгоритмы анализируют данные о трафике, погоде, времени суток, пробках, дорожных работах и других условий на дороге, а также данные о заказах и водителях, чтобы предложить оптимальный маршрут для каждого заказа. [16]

Также в целях исследования мною был проведен практический опыт использования ИИ в оптимизации маршрутов. Была задача найти наиболее быстрый и выгодный маршрут в городе Владивостоке от Автовокзала до Приморской сцены Мариинского театра. В качестве промта (запроса) были поставлены следующие условия: «Необходимо спроектировать

наиболее выгодный маршрут поездки на общественном транспорте г. Владивостока. Есть 3 варианта маршрута, задача выбрать наиболее экономичный для пассажира по времени и стоимости либо предложить гибридный вариант маршрута (с пересадкой). Для всех маршрутов начальная точка Автовокзал Владивосток, конечная - Приморская сцена Мариинского театра. Вариант 1: автобус 77 (движется напрямую, но через самую загруженную магистраль города). Вариант 2 : электричка - от остановки Вторая речка до остановки Мыс Чуркин, далее пешком или на маршрутном автобусе до пункта назначения (учитывать что электричка ходит всего несколько раз в день). Вариант 3: на автобусе 23 до центральной площади и на автобусе 55 от площади до пункта назначения.

В результате нейросетью был проведен анализ всех предложенных вариантов и проверка иных возможных вариантов маршрута. ИИ предложил воспользоваться маршрутным автобусом №77 в межпиковое время как самым экономичным вариантом, либо выбрать электричку и пересадку на попутный автобус до пункта Б, при условии, что расписание поездов совпадает с расписанием пассажира, как самый быстрый по времени вариант. Полный анализ и ответ от ИИ представлен на рисунках в Приложении А.

При условии, что ответ выбран действительно правильно, важно отметить, что анализ ИИ был недостаточно достоверен, так как в процессе анализа нейросетью был предложен, как альтернативный вариант поездка от ст. Вторая речка до ст. Луговая, ссылаясь на то, что электрички по данному маршруту проходят регулярнее. Однако, фактически, при проверке расписания электропоездов, было выявлено, что по данному маршруту поезд проходит всего один раз в день исключительно в вечернее время.

### 3.2 Сравнительный анализ традиционных подходов и методов с применением ИИ

На данный момент для решения проблем оптимизации маршрутов ГПТ используются как традиционные подходы, так и методы с применением ИИ. В ходе выполнения анализа, для сравнения данных подходов была составлена сравнительная таблица (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнение традиционных подходов и методов с применением ИИ

Критерии	Традиционные методы	Методы с применением ИИ
Адаптивность	Не способны учитывать изменения в реальном времени. Пересчитываются на основе периодических замеров в часы пика	Способны перестраивать маршруты и расписания в реальном времени, реагируя на трафик, поломки, рост спроса
Способ обработки данных	Работают с агрегированными данными и статическими графами сети. Неэффективны при обработке больших объемов данных	Обучаются на больших массивах исторических данных и подключаются к данным транслирующим в реальном времени

Продолжение таблицы 2

Критерии	Традиционные методы	Методы с применением ИИ
Показатели эффективности	Даются гарантированное оптимальное решение в момент расчётов, но оно устаревает на выходе. Эффективны для маленьких городов.	Находят оптимальное решение для реального времени. Эффективны в крупных транспортных сетях.

Несмотря на то, что методы с применением ИИ имеют заметные преимущества перед традиционными подходами, до настоящего момента они не получили повсеместного применения. Обуславливается это тем, что полноценное внедрение ИИ на данный момент несет большие риски для транспортной сети. Для применения ИИ требуются специалисты умеющие правильно задавать промты, высокотехнологичное программное обеспечение, стабильный доступ к интернету. Также, важный фактор, влияющий на внедрение ИИ, это допускаемые ошибки и неточности. Выдуманные данные, ссылки на несуществующие источники, грубые ошибки в информации (как в практическом примере в разделе 3.1) и неспособность самостоятельно проанализировать и выявить ошибку требуют обязательного вмешательства человека, и несут огромные риски для применения в транспортной отрасли.

На рисунке 3 в качестве наглядной иллюстрации представлен график внедрения использования ИИ предприятиями транспортной отрасли за последние 5 лет.

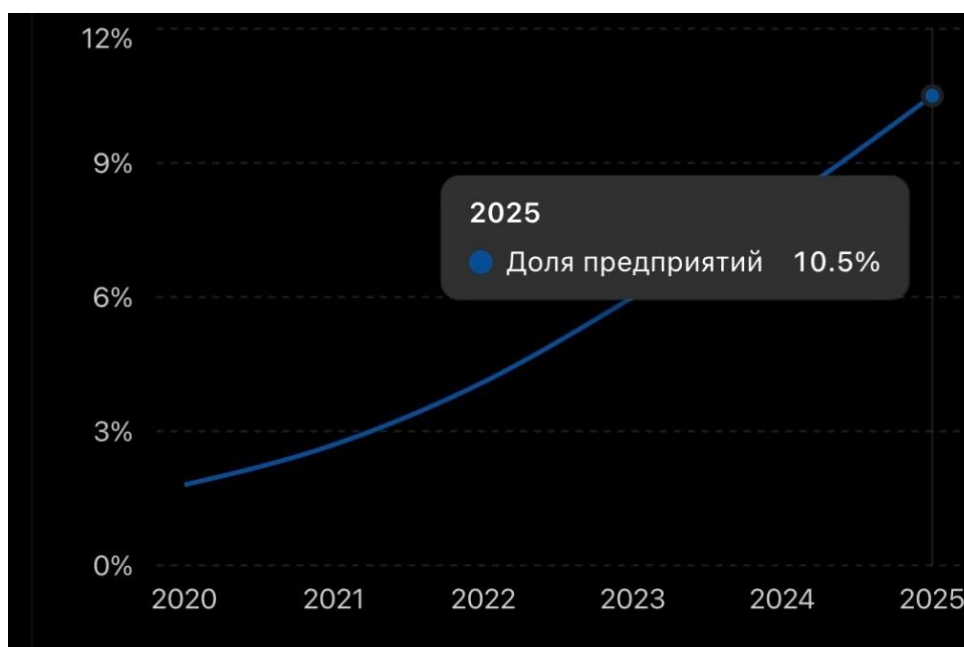


Рисунок 1 – Динамика внедрения технологий искусственного интеллекта в транспортно-логистическом секторе в 2020–2025 гг. График построен на основе данных OECD о доле предприятий транспорта и складирования, использующих ИИ (8,1% в 2024 г.), и экстраполяции тенденции роста на соседние годы. Наблюдается устойчивое увеличение уровня внедрения ИИ, обусловленное развитием интеллектуальной маршрутизации, прогнозирования спроса, управления транспортными потоками и автоматизации логистических процессов.

Традиционные методы были, есть и будут фундаментом, гарантией связанности и базовой эффективности, хоть они и не могут идти чётко в ногу со временем. Методы ИИ пока используются в большей степени как вспомогательный инструмент, они выигрывают за счет предсказательной способности и адаптивности. Безусловно будущее за технологиями искусственного интеллекта, но пока они требуют обязательного вмешательства человека, контроля за работой и проверки достоверности информации.

### 3.3 Рекомендации по решению проблемы и обоснование выбранных инструментов

Оптимизация маршрутов ГПТ классическая задача, которая постоянно требует новых решений. Прийти к идеальному решению в этой задаче невозможно, в силу быстро изменяющихся условий.

За последний годы исследования показывают, что наилучшие результаты достигаются при использовании гибридного подхода к решению проблемы: соединение проверенных математических моделей с возможностями искусственного интеллекта.

На основании проводимого исследования были предложены некоторые рекомендации по решению данной проблемы.

В качестве одного из наиболее рациональных и удобных методов можно использовать метод «Поворотного момента». Его суть в управлении расписанием городского пассажирского транспорта в режиме реального времени. Для того чтобы автобусы не сбивались в кучу и не двигались по системе «один пустой и сразу несколько полных» необходимо использовать:

- датчики, фиксирующие количество людей на остановках и геолокации автобусов;
- правила задержки старта, если автобус сильно торопится и догоняет другой, система даст распоряжение постоять на остановке лишнюю минуту;
- корректировки в очереди – если пустой автобус нагоняет переполненный, пустому поступает сигнал опередить переполненный и первому добраться до остановки, дабы разгрузить трафик пассажиров.

Такой подход обуславливается относительно несложной реализацией (в сравнении с методами с применением ИИ) и возможностью адаптивности.

В качестве метода, функционирующего вне зависимости от доступа к интернету, было предложено использование «маятникового метода». Его суть заключается в том, чтобы автобусы двигались в часы повышенного спроса короткими рейсами, более часто и без заездов, а днем длинными маршрутами через весь район и окраины.

Такой метод позволяет экономить топливо и энергозатраты водителей без потери качества перевозок, а главное не требует особых условий связи или онлайн системы.

При наличии стабильного выхода в интернет, в ближайшем будущем, целесообразно использовать гибридный метод (полу-онлайн). Автобус имеет ограничения по времени за которые должен добраться из пункта А в пункт Б, и основной маршрут с крупными остановками. В некоторых районах отсутствует жесткий график, и система решает необходима ли остановка по показаниям загруженности данного участка, заявкам от пассажиров и анализу свободного времени. В межпиковое время система собирает данные с заявок и при помощи технологий искусственного интеллекта анализирует их и решает съехать с главной дороги, отклоняясь от маршрута и потерять пару минут, но забрать пассажиров практически со двора, или же сэкономить время пропустить пассажира, но успеть в графике. Главная цель чтоб сохранялось расписание на крупных остановках с постоянным скоплением пассажиров.

Такой метод дает возможность пассажирам получить сервис практически как в такси по цене проезда на автобусе, одним маршрутом заменить сразу несколько схожих в спальном районе и сократить количество пустых рейсов. Однако в настоящее время невозможен в реализации из-за отсутствия стабильной связи и высоких технологий.

## Заключение

В процессе прохождения учебной практики по получению навыков исследовательской работы были получены профессиональные навыки и опыт в области выполнения исследований, структурировании информации и работы с научными источниками.

В ходе выполнения был проведен анализ основных направлений профессиональной деятельности специалиста в области экономики и управления на транспорте, составлен перечень ключевых функций и задач, решаемых в рамках профессии. Были выявлены актуальные проблемы в сфере экономики и управления на транспорте, проведен анализ проблемы оптимизации маршрутов городского пассажирского транспорта. Было проведено исследование методов решения данной проблемы, сравнения традиционных подходов и методов с использованием искусственного интеллекта.

Был проведен небольшой практический опыт использования ИИ в решении задач по оптимизации маршрутов.

В результате исследовательской работы были предложены рекомендации по решению проблемы оптимизации ГПТ с использованием ИИ и без. В качестве рекомендаций было выбрано три метода решения проблемы: метод «поворотного момента», «маятниковый» и гибридный метод.

Исследование показало, что внедрение ИИ в решении проблем в транспортной отрасли имеет огромные перспективы уже в ближайшем будущем. В настоящее время ИИ уже используется как вспомогательный инструмент при оптимизации маршрутов ГПТ. Несмотря на то, что искусственный интеллект уже плотно вошел в нашу жизнь, полноценный переход на автоматизацию данного процесса путем использования ИИ пока не представляется возможным в силу ресурсных и программных ограничений, а также из-за наличия серьезных рисков.

Учебная практика позволила изучить теорию, научиться самостоятельной аналитической работе и применить полученные знания на практике.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования — бакалавриат по направлению подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов : утв. приказом Минобрнауки России. — Москва, 2023. — Текст : электронный.
- 2 Горев, А. Э. Организация автомобильных перевозок и безопасность движения : учебное пособие / А. Э. Горев. — 10-е изд., стер. — Москва : Академия, 2023. — 256 с.
- 3 Гудков, В. А. Экономика и управление на транспорте : учебник / В. А. Гудков, Л. Б. Миротин. — Москва : КНОРУС, 2022. — 448 с.
- 4 Власов, В. М. Интеллектуальные транспортные системы : учебное пособие / В. М. Власов, С. А. Евтюков. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 332 с.
- 5 Неруш, Ю. М. Логистика : учебник и практикум для вузов / Ю. М. Неруш, А. Ю. Неруш. — 6-е изд., перераб. и доп. — Москва : Юрайт, 2024. — 559 с.
- 6 Паршиков, В. А. Методы проектирования маршрутных сетей городского пассажирского транспорта : монография / В. А. Паршиков. — Москва : Транспорт, 2018. — 248 с.
- 7 Спиринов, И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками : учебник / И. В. Спиринов. — Москва : Академия, 2022. — 400 с.
- 8 Цифровая трансформация транспортного комплекса Российской Федерации : монография / под ред. А. В. Бондаренко. — Москва : Инфра-М, 2023. — 286 с.
- 9 Clarke, G. Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points / G. Clarke, J. W. Wright // Operations Research. — 1964. — Vol. 12, № 4. — P. 568–581.
- 10 Christofides, N. The Vehicle Routing Problem / N. Christofides, A. Mingozzi, P. Toth // Combinatorial Optimization. — Chichester : Wiley, 1979. — P. 315–338.
- 11 Dorigo, M. Ant Colony Optimization / M. Dorigo, T. Stützle. — Cambridge : MIT Press, 2004. — 305 p.
- 12 OECD. Artificial Intelligence in Transport: Opportunities and Challenges. — Paris : OECD Publishing, 2024. — 145 p.
- 13 Russell, S. Artificial Intelligence: A Modern Approach / S. Russell, P. Norvig. — 4th ed. — Hoboken : Pearson, 2021. — 1136 p.
- 14 Проект: Интеллектуальная транспортная система (Москва) [Электронный ресурс] // TAdviser. — URL: (дата обращения: 13.06.26).
- 15 Институт дизайна и урбанистики ИТМО. ConnectPT: система автоматизированного проектирования маршрутных сетей общественного транспорта. — Санкт-Петербург, 2024. — Текст : электронный.

16 Транспорт России. Искусственный интеллект в транспортной отрасли: перспективы внедрения // Транспорт России. — 2024. — № 18. — С. 12–17.

# Приложение А

## Практический опыт применения ИИ в оптимизации маршрутов

Для анализа и проектирования оптимального пути от Автовокзала Владивостока (район Второй Речки) до Приморской сцены Мариинского театра (ул. Фастовская, 20) разберем все три предложенных вами варианта с учетом актуальной стоимости проезда, временных затрат и дорожной ситуации в городе.

Актуальная стоимость проезда во Владивостоке:

- Автобус: 45 руб. по Единой транспортной карте (ЕТК), 51 руб. по банковской карте, 60 руб. наличными.
- Электричка: Единый внутригородской тариф — всего 32 руб.

### Анализ базовых вариантов

#### Вариант 1: Прямой автобус № 77

Маршрут следует от Автовокзала напрямую до остановки «Мариинский театр» через проспект 100-летия Владивостока, Некрасовский путепровод и Золотой мост.

- Стоимость: 45–60 руб. (в зависимости от способа оплаты).
- Время в пути: от 40 минут (в пустом городе) до 1,5–2,5 часов в часы пик (будни: 07:30–10:00 и 17:00–19:30).
- Экономическая оценка: Наиболее выгоден по деньгам при условии оплаты картой (одна беспересадочная поездка), но крайне нестабилен по времени. Выбирать его в час пик — высокий риск застрять на самой загруженной магистрали города (Некрасовский путепровод).

Рисунок 1

#### Вариант 2: Электричка до ж/д станции «Мыс Чуркин» + автобус/пешком

Посадка на станции Вторая Речка (в шаговой доступности от автовокзала) и проезд до конечной станции Мыс Чуркин.

- Стоимость: 32 руб. (электричка) + 45–60 руб. (автобус), если пересесть, либо 0 руб., если идти пешком. Итого: 32–92 руб.
- Время в пути: Сама электричка идет всего 24–26 минут в обход всех городских заторов. От станции Мыс Чуркин до театра — около 2 км. Пешком в горку это займет 25–30 минут, либо можно проехать 3 остановки на автобусе (например, № 1, 4, 13, 82) до остановки «Театр оперы и балета» / «Мариинский театр». Общее чистое время в пути — около 40–50 минут.
- Экономическая оценка: Вариант идеален по времени и надежности в часы пик, так как рельсовый транспорт не стоит в пробках. Главный минус — редкое расписание (интервал ~1,5 часа). Пассажиру необходимо строго подстраивать свой выезд под график поездов.

#### Вариант 3: Автобус № 23 (до Центральной площади) + Автобус № 55

- Стоимость: Две поездки на автобусе: 90–120 руб.
- Время в пути: 1,5–2 часа.
- Экономическая оценка: Самый невыгодный и нерациональный вариант. Автобус № 23 точно так же, как и № 77, будет стоять в глухой пробке на 100-летию Владивостока и Некрасовской, но при этом вы переплатите за вторую поездку. Кроме того, автобус № 55 идет от площади до Чуркина не по прямой через Золотой мост, а делает огромный крюк через Луговую и Спортивную, собирая все дополнительные заторы Ленинского и Первомайского районов.

Рисунок 2

### Альтернативный гибридный вариант (Оптимальный для часа пик)

Если вы хотите обойти главную прокурореную артерию (Некрасовский путепровод) на общественном транспорте, но не хотите ждать редкую электричку до Чуркина, лучшим гибридным решением будет:

#### Электричка до платформы «Луговая» + Автобус до Театра

1. На Второй Речке садитесь на любую электричку, идущую в сторону Находки, Мыса Чуркина или Ж/Д Вокзала (через Луговую). Поезда до Луговой ходят заметно чаще, чем прямые до Чуркина. Время в пути до Луговой — всего **13 минут**.
  2. На площади Луговой пересеживаетесь на любой автобус, идущий через Золотой мост в сторону Центра (№ 15к, 49, 13 и др.). От Луговой до Мариинского театра ехать всего **10–12 минут**, так как этот участок практически всегда движется свободно или имеет выделенные полосы.
- **Итоговое время: около 30–35 минут** (без учета ожидания).
  - **Итоговая стоимость: 32 руб.** (электричка) + 45 руб. (автобус по ЕТК) = **77 рублей**.

#### Финальный вердикт: что выбрать?

1. Самый выгодный по **СТОИМОСТИ** и **КОМФОРТУ** (в межпиковое время): **Вариант 1 (Автобус № 77)**. Если вы едете днем (с 11:00 до 16:00), поздним вечером или в выходные, пробок на магистрали нет. Вы доедете без пересадок примерно за 40-45 минут и заплатите минимальные **45 рублей** (по ЕТК).
2. Самый выгодный по **ВРЕМЕНИ** и **НАДЕЖНОСТИ** (в час пик): **Вариант 2 (Электричка до Мыса Чуркин)**. Если время вашей поездки совпадает с расписанием электрички (утром или вечером в будни), выбирайте этот путь. За **32 рубля** и 25 минут вы гарантированно долетите до Чуркина без единой пробки, а там за 5 минут доедете до театра на попутном автобусе. Вы сэкономите больше часа времени по сравнению с автобусами № 77 или № 23.

Рисунок 3

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА  
КАФЕДРА ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

**Рабочий график (план)  
прохождения производственной преддипломной практики**

Студент Фаттахова М.Д. направляется для прохождения учебной практики по получению навыков исследовательской работы на кафедру транспортных процессов и технологий инженерной школы ФГБОУ ВО «ВВГУ» с 09.02.2026 г. по 27.06.2026 г.

Содержание выполняемых работ по программе	Сроки выполнения		Отметка о выполнении	Подпись руководителя
	Начало	Окончание		
Организационный этап: участие в установочной паре, получение индивидуального задания	09.02.2026	10.02.2026	5	
Анализ основных направлений профессиональной деятельности специалиста в области экономики и управления на транспорте	11.02.2026	15.02.2026	5	
Изучение научных статей, отраслевых отчётов, выявление актуальных проблем в сфере экономики и управления на транспорте	16.02.2026	25.02.2026	5	
Выбор и детальный анализ одной проблемы: актуальность, причины, последствия, заинтересованные стороны	26.02.2026	14.03.2026	5	
Обзор традиционных методов и инструментов решения выбранной проблемы	15.03.2026	31.03.2026	5	
Изучение возможностей применения технологий искусственного интеллекта в транспортной отрасли	01.04.2026	14.04.2026	5	
Практическое применение инструментов ИИ для решения выбранной проблемы	15.04.2026	29.04.2026	5	
Промежуточная консультация с руководителем практики	30.04.2026		5	
Сравнительный анализ традиционных методов и подходов с применением ИИ	01.05.2026	14.05.2026	5	
Формулирование рекомендаций по решению выбранной проблемы	15.05.2026	25.05.2026	5	

