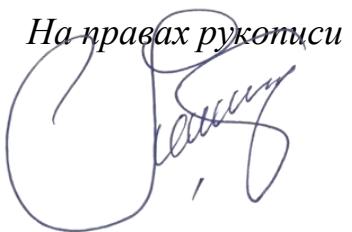


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
И.С. ТУРГЕНЕВА»

На правах рукописи


МИТРЯЕВ ИВАН СЕРГЕЕВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ОПЕРАТИВНОСТИ РЕАГИРОВАНИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ
АРХИТЕКТУРНО СОГЛАСОВАННОЙ ИНТЕГРАЦИИ
СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СОЦИАЛЬНЫХ ДАННЫХ**

Специальность 2.9.8. Интеллектуальные транспортные системы

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук
Еремин Сергей Васильевич

Орёл – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СОЦИАЛЬНЫХ ДАННЫХ В КОНТУРАХ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ	18
1.1 Обращения граждан как источник данных для транспортных исследований	18
1.2 Интеллектуальные транспортные системы и оперативность управления дорожным движением	27
1.3 Теория нечётких множеств и её роль в анализе слабоструктурированных данных	31
1.4 Анализ существующих подходов к использованию обратной связи граждан в контурах управления дорожным движением	36
1.5 Архитектурная интеграция обращений граждан в интеллектуальные транспортные системы	39
1.6 Выводы по главе	46
Глава 2. МЕТОД ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СОЦИАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ИТС	49
2.1 Постановка задачи интеллектуальной обработки слабоструктурированных социальных данных	49
2.2 Формализация корпуса обращений граждан и управлеченческих сигналов	51
2.3 Математическая база формализации признаков: функции принадлежности и нечёткий вывод	55
2.4 Гибридные модели анализа: синтез методов машинного обучения и нечёткой логики	58
2.5 Архитектура модели интеллектуальной обработки слабоструктурированных социальных данных	61
2.6 Метрики качества и оценка эффективности метода	71

2.7	Выводы по главе	75
Глава 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ СОЦИАЛЬНЫХ ДАННЫХ.....		77
3.1	Корпус пользовательских обращений и источники данных	77
3.2	Конвейер предобработки и подготовки данных.....	79
3.3	Протокол и условия вычислительного эксперимента.....	82
3.4	Результаты тематической классификации обращений	85
3.5	Сравнительный анализ эффективности моделей	89
3.6	Интеграция результатов в регламент обработки обращений.....	93
3.7	Оценка устойчивости метода и верификация результатов	97
3.8	Выводы по главе	100
Глава 4. АРХИТЕКТУРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И ОЦЕНКА ВНЕДРЕНИЯ МЕТОДА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ СОЦИАЛЬНЫХ ДАННЫХ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ		102
4.1	Архитектура программной реализации метода и состав программных комплексов	102
4.2	Функционально-структурная интеграция программных комплексов в архитектуру ИТС.....	107
4.3	Сквозные сценарии обработки обращений граждан в контуре ИТС ..	112
4.4	Количественная оценка эффективности внедрения	116
4.5	Оценка эффективности и верификация модели	120
4.6	Выводы по главе	123
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		126
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....		130
ПРИЛОЖЕНИЕ А		146
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....		149

ВВЕДЕНИЕ

Развитие городской транспортной инфраструктуры в XXI веке сопровождается устойчивым ростом сложности организации дорожного движения, обусловленным увеличением автомобилизации, расширением спектра видов мобильности и трансформацией пространственной структуры городских агломераций. Повышение интенсивности транспортных потоков приводит к перегрузке улично-дорожной сети, росту аварийности и снижению качества транспортного обслуживания. Традиционные методы управления, основанные на фиксированных схемах регулирования и централизованном принятии решений, демонстрируют ограниченную адаптивность и оперативность управленческого реагирования в условиях динамично изменяющейся дорожной обстановки. В этой связи возрастаёт потребность в инструментах управления, способных интегрировать разнородные источники информации, включая данные, формируемые непосредственными пользователями транспортной среды.

Для современных интеллектуальных транспортных систем характерен рост объёма разнородных данных, в результате чего критерий эффективности управления смещается с оптимальности отдельных решений в сторону оперативности их формирования и реализации. В условиях интенсивного транспортного потока и плотной городской застройки задержки в реагировании приводят к снижению эффективности функционирования ИТС, прежде всего при управлении локальными инфраструктурными инцидентами и обеспечении безопасности дорожного движения.

Задача повышения оперативности реагирования закреплена в Указе Президента РФ от 14.11.2025 N 841 «Об утверждении Стратегии повышения безопасности дорожного движения в Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года», где акцент сделан на цифровизации процессов управления и применении интеллектуальных методов анализа данных. Оперативность реагирования рассматривается как совокупная временная характеристика управленческого контура ИТС, включающая этапы

выявления сигнальной информации, её интерпретации, принятия решения и активации управляющего воздействия. [3].

Обращения граждан представляют собой специфический информационный ресурс, отражающий наблюдения, оценки и опыт участников дорожного движения. Эти данные формируются преимущественно в неструктурированном виде, содержат субъективные характеристики и элементы эмоциональной оценки, что согласуется с концепцией транспортных систем как социально-технических комплексов «человек – техника – среда», где эффективность управления определяется качеством взаимодействия пользователя с техническими средствами и информационными контурами [94]. При системной обработке такие данные способны выполнять функцию индикатора локальных инфраструктурных проблем. В отличие от технических средств мониторинга, фиксирующих количественные параметры транспортных потоков, пользовательские сообщения позволяют выявлять локальные нарушения и дефекты, не поддающиеся прямому сенсорному измерению, включая сбои в работе светофорных объектов, повреждения покрытия и конфликтные зоны организации движения, выявляемые в практике локального анализа аварийности и имитационного моделирования при оценке безопасности улично-дорожной сети [60]. Функциональная значимость таких сообщений особенно проявляется применительно к подсистеме светофорного управления, требования к которой регламентируются действующими нормативными положениями [8], предусматривающими использование адаптивных режимов управления и учёт текущего состояния дорожного движения в составе ИТС. Следовательно обращения граждан выступают источником, дополняющим данные ИТС и расширяющим представление о фактическом состоянии улично-дорожной сети.

Учет пользовательских сообщений согласуется с более широкой тенденцией перехода от традиционных моделей управления транспортом к концепциям интеллектуальной мобильности, ориентированным на

персонализацию услуг и эффективное использование времени перемещения граждан. В условиях ограниченности улично-дорожной сети и парковочного пространства именно пользовательская обратная связь позволяет выявлять узкие места транспортной системы и формировать предпосылки для интеграции различных видов мобильности в единый управляемый контур. Недостаточная формализация пользовательских данных усугубляется ограниченной институционализацией механизмов общественного участия и общественного контроля в процессах управления дорожным движением, несмотря на закреплённое в законодательстве право граждан на участие в формировании и оценке управленческих решений.

Существующие архитектуры ИТС ориентированы преимущественно на обработку формализованных телематических и сенсорных данных. В то же время информационные потоки, формируемые в процессе взаимодействия пользователей с транспортной инфраструктурой и органами управления в сфере транспортного комплекса, не включены в архитектурный контур ИТС в формализованном виде или используются фрагментарно. Отсутствие формализованных и архитектурно согласованных механизмов интеграции пользовательских данных в контуры ИТС приводит к увеличению временных задержек выявления проблем и снижению адаптивности управленческих решений.

Тексты сообщений характеризуются неоднозначностью формулировок, использованием разговорных конструкций, сокращений и неформальных топонимических указаний, не имеющих однозначной пространственной интерпретации. Эффективная обработка таких данных требует применения совокупности методов обработки естественного языка, машинного обучения и теории нечётких множеств, включая расширенные модели нечёткой логики для работы с высокой степенью неопределённости и неточности, что подтверждено прикладными исследованиями в области интеллектуального управления жалобами и их приоритизации [27]. Современные контекстные языковые модели обеспечивают выявление семантических связей,

тематическую классификацию и извлечение информативных признаков. Аппарат нечётких множеств, в свою очередь, позволяет формализовать субъективные оценки и преобразовывать размытые лингвистические характеристики в количественные показатели, пригодные для поддержки принятия решений в условиях социальной и поведенческой неопределённости, что подтверждается результатами исследований по моделированию взаимодействий социальных групп и процессам принятия решений на основе нечётких моделей [31]. Интеграция указанных подходов формирует методологическую основу гибридных интеллектуальных систем, способных функционировать в условиях неопределённости и обеспечивать интерпретируемую поддержку управленческих решений.

Актуальность темы исследования определяется совокупностью технологических, социальных и управленческих факторов, формирующих современную городскую мобильность. Рост интенсивности движения, усложнение маршрутной структуры и увеличение числа участников транспортного процесса повышают нагрузку на существующие системы мониторинга и управления, снижая их способность к оперативному выявлению и устраниению локальных инфраструктурных нарушений. Указанные положения соотносятся с национальной целью формирования комфортной и безопасной среды для жизни, а также с задачами цифровой трансформации государственного и муниципального управления, закреплёнными в [2], в части повышения эффективности управления инфраструктурными системами и внедрения интеллектуальных цифровых технологий в транспортной сфере. Традиционные источники данных – детекторы транспортных потоков, системы видеофиксации и измерения скоростных режимов – обеспечивают объективную оценку параметров движения, однако ограничены в выявлении частных, локализованных и субъективно воспринимаемых проблем, совокупное влияние которых существенно отражается на показателях БДД, что подтверждается официальными статистическими данными [11], фиксирующими

сохраняющийся уровень аварийности и рост числа ДТП с участием отдельных категорий участников движения и на региональных и местных дорогах. Оперативность реагирования в настоящем исследовании рассматривается как комплексная временная характеристика управленческого контура ИТС, включающая этапы выявления, интерпретации, принятия решения и инициирования управляющего воздействия. Данный подход согласуется с задачами, закрепленными в Стратегии повышения безопасности дорожного движения до 2030 года, где акцент сделан на цифровизации управления и применении интеллектуальных методов анализа данных [1].

Неформализованные обращения граждан, поступающие через цифровые порталы, мобильные приложения и социальные платформы, формируют дополнительный информационный канал, содержащий сведения о локальных нарушениях, временных аномалиях и особенностях эксплуатации инфраструктуры. Их оперативность и пространственная привязка позволяют выявлять проблемные участки, не охваченные стационарными средствами контроля, а также учитывать социальное восприятие качества дорожной среды. Вместе с тем вариативность содержания и субъективный характер таких сообщений обусловливают необходимость разработки специализированных методов их обработки и интерпретации. В отсутствие соответствующей методологии значительная часть пользовательских сигналов остаётся вне контура управления дорожным движением.

Ключевой интерес представляют слабоструктурированные социальные данные: обращения граждан (предложения, заявления, жалобы), сообщения, направляемые через регламентированные каналы, а также сведения, публикуемые в иных источниках. Несмотря на субъективный характер, такие данные выполняют сигнальную функцию, отражающую пользовательское восприятие состояния транспортной инфраструктуры, и обеспечивают выявление локальных инфраструктурных отклонений на ранних этапах. Однако их неформализованная структура и лингвистическая

неопределённость ограничивают возможность прямого использования в автоматизированных процедурах управления транспортной инфраструктурой.

Актуальность исследования определяется противоречием между потребностью ИТС в автоматизированном выявлении и приоритизации локальных инфраструктурных инцидентов и отсутствием формализованных методов смысловой обработки и архитектурно согласованной интеграции слабоструктурированных пользовательских данных.

Современное развитие методов обработки естественного языка и машинного обучения создало предпосылки для автоматизированного анализа текстовых сообщений. Контекстные модели позволяют учитывать семантические зависимости, а мультимодальные подходы обеспечивают сопоставление текстовой информации с изображениями и геоданными. Использование теории нечётких множеств дополняет эти методы, обеспечивая формализацию субъективных оценок и их преобразование в количественные индикаторы. Совокупное применение указанных инструментов создаёт основу для гибридных моделей интеграции обращений граждан в контуры интеллектуальных транспортных систем.

Степень разработанности темы

Вопросам реализации интеллектуальных транспортных систем в различных сферах транспортной инфраструктуры посвящены труды многих отечественных (С.В. Дорохина, С.А. Евтюкова, С.В. Жанказиева, В.В. Зырянова, Н.А. Филипповой, М.В. Грязнова, П.П. Володькина, О.Н. Ларина, Н.Г. Певнева, Н.В. Якуниной, Е.В. Агеева, Б.С. Гасанова, С.С. Евтюкова, П.А. Кравченко, В.Н. Баскова, Е.В. Куракиной, И.А. Новикова, В.Э. Клявина, В.М. Власова, О.Ю. Криволаповой, Е.В. Бондаренко, А.Н. Новикова, М.Н. Позднякова, Ю.И. Трофимова, А.В. Куликова, А.С. Липницкого, И.Н. Пугачева, Л.Е. Кущенко, С.В. Еремина, А.Г. Шевцовой, Д.Г. Неволина, А.Н. Семкина) и зарубежных (Аббас С., Берножу П., Вильямс Б., Фрэнки С., Хатояма К., Хан А., Крижан П., Старри К., Свитек М., Жак Й.) ученых и исследователей.

Исследования перечисленных авторов сформировали теоретико-методологические основы развития ИТС. Анализ современных исследований выявляет, что архитектуры ИТС традиционно ориентированы на обработку структурированных сенсорных и телематических данных. Слабоструктурированные пользовательские данные, генерируемые в процессе взаимодействия граждан с транспортной инфраструктурой, остаются за пределами архитектурного контура: они не подвергаются системной формализации, не определены как структурный элемент архитектуры и, как следствие, не интегрируются в контуры поддержки принятия решений.

Таким образом, актуальность исследования определяется противоречием между потребностью интеллектуальных транспортных систем в автоматизированном выявлении и приоритизации локальных инфраструктурных инцидентов и отсутствием формализованных методов смысловой обработки и архитектурно согласованной интеграции слабоструктурированных пользовательских данных в контур ИТС. Указанное противоречие формируется в рамках действующих правовых основ [4], устанавливающих задачи предупреждения дорожно-транспортных происшествий, снижения тяжести их последствий и повышения эффективности деятельности органов управления в сфере БДД.

В условиях обозначенного противоречия **целью исследования** является разработка метода интеллектуальной обработки слабоструктурированных социальных данных, обеспечивающего их трансформацию в формализованные индикативные сигналы и архитектурно согласованную интеграцию в контур интеллектуальных транспортных систем для повышения оперативности управленческого реагирования.

Основные задачи исследования:

1. Провести системный анализ обращений граждан как источника социальных данных, используемых в управлении транспортной инфраструктурой, выявить ограничения существующих подходов к их

обработке и определить направления повышения оперативности реагирования ИТС за счёт использования пользовательской обратной связи.

2. Разработать метод интеллектуальной обработки социальных слабоструктурированных данных, включающий процедуры предобработки, семантического анализа и формализации текстовых сообщений на основе технологий обработки естественного языка, методов машинного обучения и аппарата нечётких множеств для учёта субъективных оценок и лингвистической неопределённости.

3. Сформировать алгоритмы преобразования семантических признаков, извлечённых из социальных данных, в управленически значимые сигналы для автоматизированной категоризации и ранжирования локальных инфраструктурных проблем с учётом их влияния на БДД и социальной значимости на основе формализованных текстовых и экспертных признаков.

4. Спроектировать модель интеграции результатов обработки социальных данных в сервисно-ориентированную архитектуру ИТС, обеспечивающую согласование пользовательских информационных потоков с формализованными телематическими и аналитическими данными и сокращение временных задержек управленического реагирования.

Объект исследования – процессы формирования и использования сигнальной информации, извлекаемой из потоков пользовательских сообщений о состоянии инфраструктуры и организации движения, в условиях неполноты и неопределённости исходных данных интеллектуальных транспортных систем.

Предмет исследования – методы, модели и алгоритмы формализации слабоструктурированных социальных данных в виде индикативных управленических признаков, интегрируемых в контур информационного обеспечения интеллектуальных транспортных систем, направленные на повышение оперативности реагирования.

Диссертационное исследование выполнено в соответствии с Паспортом научной специальности 2.9.8. «Интеллектуальные транспортные системы»:

- п. 1. – «Теоретические основы, методы и алгоритмы интеллектуализации решения прикладных задач управления транспортными системами, процессами и транспортными средствами»;
- п. 3. – «Формализованные методы обработки, анализа и передачи информации в интеллектуальных транспортных системах, применение информационных, телематических и биоинформационных технологий для управления транспортными системами, процессами и транспортными средствами»;
- п. 4. – «Методы синтеза и эффективного использования специализированного информационного и программного обеспечения, баз и банков данных в интеллектуальных транспортных системах».

Рабочая гипотеза – интеграция методов обработки естественного языка с аппаратом нечёткой логики для формализации субъективных лингвистических оценок пользователей создаёт предпосылки для сокращения времени управленческой реакции в контуре принятия решений ИТС за счёт повышения точности классификации и приоритизации обращений граждан по сравнению с регламентной процедурой обработки обращений.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

1. Разработан метод интеллектуальной обработки социальных данных, формализованный в виде последовательности взаимосвязанных процедур обработки естественного языка, методов машинного обучения на основе контекстных языковых моделей трансформерного типа и аппарата нечёткой логики, ориентированный на преобразование текстовых сообщений в формализованные индикативные события, отражающие социально-ситуационные характеристики транспортной обстановки, выявляемые на основе пользовательских сообщений.

2. Предложена модель формализации и выделения информативных признаков из неструктурированных текстовых сообщений пользователей, отличающаяся учётом лингвистической неопределённости и субъективных оценок пользователей и обеспечивающая представление семантического

содержания обращений в виде признаков, пригодных для использования в алгоритмах анализа дорожной обстановки и выявления инфраструктурных отклонений.

3. Сформирован механизм автоматизированной категоризации и ранжирования локальных инфраструктурных проблем, основанный на гибридном использовании нейросетевой классификации и нечёткого вывода для преобразования смысловых характеристик обращений граждан в сигналы поддержки принятия управлеченческих решений с учётом их социальной значимости, определяемой совокупностью экспертных оценок и текстовых признаков.

4. Разработана модель функционально и информационно согласованной интеграции формализованных социальных данных в сервисно-ориентированную архитектуру ИТС, обеспечивающая их включение в контуры поддержки принятия решений в качестве информационного потока для сокращения временных задержек управлеченческого реагирования.

Теоретическая значимость исследования заключается в научном обосновании подходов к интеллектуализации обработки слабоструктурированных социальных данных в составе интеллектуальных транспортных систем. Уточнено место неформализованных пользовательских информационных потоков в архитектуре ИТС и раскрыто их влияние на процессы информационного обеспечения и принятия управлеченческих решений, включая повышение их обоснованности и оперативности.

Разработан подход к преобразованию и формализации обращений граждан, основанный на когнитивном анализе, методах машинного обучения и аппарате нечёткой логики. Предложенные модели и алгоритмы расширяют представления о механизмах адаптации систем управления транспортными процессами к динамически изменяющимся условиям дорожной среды с учётом социальной значимости инфраструктурных инцидентов. Полученные научные результаты вносят вклад в развитие теории интеллектуальных транспортных систем, уточняя методы повышения эффективности

информационной обработки и поддержки принятия решений на основе слабоструктурированных данных.

Практическая значимость исследования подтверждается разработкой и внедрением программного обеспечения для интеллектуальной обработки слабоструктурированных данных обращений граждан и их включения в информационный контур действующих ИТС, что сокращает время управлеченческого реагирования и расширяет функциональные возможности подсистем поддержки принятия решений. Созданные программные комплексы – «Система сбора слабоструктурированных данных из открытых источников для анализа транспортной ситуации» и «Система интеллектуальной обработки обращений граждан для интеграции в интеллектуальные транспортные системы» внедрены в эксплуатацию ИТС Орловской городской агломерации. Апробация разработанных решений осуществлена на базе ООО «Доринвест», управлений Администрации города Орла и муниципального бюджетного учреждения «Спецавтобаза», ответственного за функционирование ИТС региона. Практическое применение разработанных решений в условиях муниципального контура ИТС показало устойчивое сокращение времени управлеченческого реагирования в рамках регламентной процедуры обработки обращений граждан.

Результаты исследования внедрены в учебный процесс ФГКОУ ВО «Орловский юридический институт МВД России имени В.В. Лукьянова» в рамках дисциплин «Организация дорожного движения» и «Использование специальных учётов и автоматизированных информационных систем в деятельности подразделений по обеспечению безопасности дорожного движения» (направление подготовки 40.03.02 «Обеспечение законности и правопорядка»). Разработанные методические и программные решения используются при формировании практических навыков анализа транспортной обстановки и применения интеллектуальных информационных систем.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и модернизации интеллектуальных транспортных систем муниципального и регионального уровней в рамках цифровой трансформации транспортного комплекса, а также при разработке нормативно-методических документов, регламентирующих обработку обращений граждан. Предложенные в диссертации решения формируют методическую основу для дальнейших исследований в области когнитивных и адаптивных систем управления транспортными процессами и подготовки специалистов в сфере интеллектуальных транспортных технологий.

Методология и методы исследования. Исследование выполнено на основе разработки и обоснования новых научных положений, сформированных с опорой на результаты и концепции научно-исследовательских трудов отечественных и зарубежных учёных в области интеллектуальных транспортных систем и интеллектуальной обработки слабоструктурированных данных, с использованием методов системного анализа, методологии проектирования программного обеспечения, анализа данных и имитационного моделирования, а также обобщения практического опыта организаций, осуществляющих эксплуатацию транспортной инфраструктуры.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Метод формализованной интеллектуальной обработки слабоструктурированных социальных данных, обеспечивающий преобразование текстовых сообщений в индикативные управленческие признаки, интегрируемые в контур информационного обеспечения ИТС с целью повышения оперативности управленческого реагирования.

2. Модель архитектурного сопряжения, определяющая место, функции и потоки индикативных данных в общей системе информационного обеспечения ИТС, обеспечивая согласование слабоструктурированных пользовательских сообщений с формализованными потоками для поддержки процессов принятия управленческих решений.

3. Программная реализация разработанного метода в виде специализированных программных комплексов обработки обращений граждан («Система сбора слабоструктурированных данных из открытых источников для анализа транспортной ситуации» и «Система интеллектуальной обработки обращений граждан для интеграции в интеллектуальные транспортные системы»), обеспечивающая автоматизированный сбор, анализ, формализацию и передачу социальных данных в подсистемы ИТС для использования при управлении дорожным движением.

4. Результаты экспериментальной апробации разработанных решений, полученные в условиях функционирования ИТС Орловской агломерации и свидетельствующие о практической эффективности предложенного подхода, выраженной в сокращении среднего времени управлеченческой реакции на инциденты транспортной инфраструктуры в рамках действующего регламента обработки обращений граждан в среднем на 5,72 дня по сравнению с процедурой, не предусматривающей использование методов интеллектуального анализа текстовых данных.

Степень достоверности. Принятые в работе методология и методы обеспечивают обоснованность научных положений, выносимых на защиту. Достоверность результатов подтверждена использованием репрезентативного корпуса реальных данных обращений граждан, проведением сравнительных вычислительных экспериментов с базовыми методами, валидацией на независимой выборке, а также практическим внедрением разработанных решений в Локальный проект ИТС Орловской городской агломерации.

Апробация результатов. Результаты исследования представлены на X Международной научно-практической конференции (МНПК) «Права и свободы человека и гражданина: актуальные проблемы науки и практики сборник научных статей и докладов», (Орел, 2018 г.), МНПК «Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования» (Орел, 2021-2025 гг.), IX, X,

XI МНПК «Информационные технологии и инновации на транспорте», (Орел, 2023-2025 гг.), I, II МНПК «Интеллектуальные транспортные системы в дорожном комплексе», (Белгород, 2024-2025 гг.), XVI Международной научно-технической конференции «Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ)», (Курск, 2024 г.), XV МНПК «Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе» (Пермь, 2025 г.), V МНПК «Формирование транспортных систем и социально-экономическое развитие городских агломераций» (Санкт-Петербург, 2025 г.).

Диссертационное исследование рассмотрено и обсуждено на заседании кафедры «Сервиса и ремонта машин» Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева.

Разработанные методики апробированы и внедрены в деятельность Администрации города Орла и ООО «Доринвест» (Приложение А).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 научных статей, в том числе 3 работы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

По теме диссертации получены свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ (Приложение Б):

– № 2025687872 – «Система сбора слабоструктурированных данных из открытых источников для анализа транспортной ситуации»: / И.С. Митряев, дата регистрации: 06.10.2025 г., дата публикации: 15.10.2025 г.;

– № 2025692451 – «Система интеллектуальной обработки обращений граждан для интеграции в интеллектуальные транспортные системы»: / И.С. Митряев, дата регистрации: 11.11.2025 г., дата публикации: 21.11.2025 г.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и двух Приложений. Общий объем работы составляет 150 страниц, включая 14 рисунков и 5 таблиц. Список литературы охватывает 101 источник.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СОЦИАЛЬНЫХ ДАННЫХ В КОНТУРАХ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

1.1 Обращения граждан как источник данных для транспортных исследований

В исследовании обращения граждан рассматриваются как поток слабоструктурированных пользовательских сообщений, формируемых в процессе эксплуатации транспортной инфраструктуры и содержащих индикативную информацию локальных отклонениях в функционировании. Практическая значимость использования таких данных в контурах управления ИТС соотносится с действующими методическими положениями [5], определяющими типовой состав целей, задач и приоритетных сервисов ИТС, а также требования к автоматизации процессов мониторинга и управления дорожным движением. Сообщения, поступающие через официальные порталы, мобильные приложения и иные цифровые каналы обратной связи, содержат описания локальных инфраструктурных проблем, субъективные оценки и мультимедийные материалы. Аналитическая ценность потока обращений проявляется в выявлении устойчивых пространственно-временных закономерностей, которые служат основанием для формирования проверяемых с использованием объективных данных гипотез о локальных инфраструктурных отклонениях, в том числе связанных с изменением эксплуатационного состояния дорожной инфраструктуры и уровнем транспортного риска, поддающихся дальнейшему количественному анализу и моделированию [99]. Достоверность отдельного сообщения не является определяющей характеристикой при анализе агрегированного потока данных. Методологические основания использования обращений граждан в транспортных исследованиях опираются на концепции волонтёрской геоинформации и гражданской телеметрии.

Данные обращений характеризуются совокупностью структурных свойств и ограничений, определяющих выбор методов их обработки и интерпретации. Сообщения отличаются неформализованной структурой, вариативностью формулировок и активным использованием локальных топонимов, что обуславливает необходимость лингвистической нормализации, извлечения сущностей и контекстного геокодирования. Географическая информация в обращениях, как правило, представлена фрагментарно и требует контекстного геокодирования и сопоставления с реестрами топонимов, при этом геоинформационные системы могут использоваться как инструмент анализа социальной справедливости для оценки доступности транспортной инфраструктуры для различных социальных групп. Эмоциональная окраска сообщений рассматривается как дополнительный признак социальной значимости проблемы, не всегда коррелирующий с объективным уровнем риска. Анализ таких данных требует комбинирования методов лингвистического анализа, извлечения сущностей, геокодирования и оценки субъективных характеристик.

Использование обращений в аналитических задачах предполагает их формализацию в виде совокупности признаков, пригодных для автоматизированной обработки. Каждое обращение формализуется в виде набора атрибутов, включающего нормализованный текст, выделенные сущности, мультимедийные данные и метаданные источника. Для построения математических моделей используются как традиционные лексические признаки (TF-IDF, n-граммы), так и контекстные векторные представления, полученные с помощью языковых моделей, адаптированных к русскому языку. Дополнительно формируются агрегированные структурированные признаки: плотность обращений по сетке, история обращений для конкретной геолокации, соотношение обращений и официальных заявок. Такая гибридная векторизация служит основой для классификации тематики обращения, оценки его критичности и последующей агрегации по пространству и времени, что позволяет использовать поток обращений как дополнительный

инструмент оценки эффективности выполненных мероприятий по содержанию дорожной инфраструктуры в условиях отсутствия объективных методов контроля качества технологических операций, выполняемых дорожными машинами [44].

Использование обращений граждан имеет несколько направлений практического применения. Во-первых, обращения служат источником оперативной информации о локальных дефектах дорожной сети и элементах регулирования движения, дополняя данные датчиков и обеспечивая формирование адаптивных управляющих воздействий в подсистемах светофорного управления, где применение нечётких алгоритмов позволяет динамически корректировать режимы работы сигналов в условиях изменяющегося трафика [20]. Во-вторых, накопленная и аннотированная база обращений обеспечивает инструмент для анализа долгосрочных трендов: выявления «горячих точек» по частоте жалоб, оценки эффективности выполненных мероприятий и оптимизации календаря ремонтов. В-третьих, обращения расширяют картину восприятия качества дорожной среды, что позволяет учитывать социальное восприятие транспортной среды и предпочтения пользователей при принятии управленческих решений, включая выбор и оценку параметров функционирования общественного транспорта, формализуемые с применением аппарата нечёткой логики на основе пользовательских опросных данных [25]. Указанные направления соотносятся с концепцией клиентоцентричности как фактора устойчивого функционирования в контексте взаимодействия граждан и государства и цифровой трансформации инфраструктурных систем [29, 36].

Использование обращений сопровождается проблемами представительности и систематических искажений выборки, обусловленных неоднородностью цифровой активности населения. Формирование потока обращений обусловлено неравномерным доступом к цифровым каналам, социально-демографическими особенностями авторов и их мотивацией к обращению. Вследствие этого географическое распределение сообщений

часто коррелирует с доступностью сети и уровнем гражданской активности, а не с объективным распределением проблем. Коррекция искажений требует сопоставления обращений с независимыми источниками данных и применения методов пространственно-временного анализа.

Качество данных обращений ограничивается наличием шума и недостоверных сообщений, что требует процедур верификации и оценки доверия источника. Повышение достоверности достигается за счёт сопоставления текстовых описаний с фотографиями, видео и данными датчиков. Мультимодальная проверка повышает достоверность и позволяет автоматизировать принятие решений для типовых ситуаций, уменьшая нагрузку на операторов и соответствуя принципам функционирования транспортной инфраструктуры умных городов, ориентированным на интеграцию разнородных цифровых источников и ИТС [42].

Обработка обращений граждан требует соблюдения этических и правовых ограничений, включая обязательную анонимизацию данных и обеспечение прозрачности алгоритмических решений [85]. Кроме того, алгоритмические решения должны сопровождаться механизмами объяснимости и возможности апелляции, поскольку автоматические выводы напрямую влияют на распределение муниципальных ресурсов. Внедрение таких механизмов повышает легитимность систем и обеспечивает соблюдение нормативных требований.

Технологическая обработка сообщений реализуется в форме сквозного конвейера, трансформирующего слабоструктурированные социальные данные в формализованные индикативные сигналы для ИТС. Этот процесс включает приём и верификацию данных из каналов обратной связи, лингвистическую предобработку и извлечение смысловых сущностей, семантическую классификацию и оценку критичности проблем, агрегацию результатов и их интеграцию в форме управлеченческих сигналов в контур поддержки принятия решений ИТС, что соответствует подходам к оптимизации анализа и обработки множественных информационных потоков

в транспортно-дорожном комплексе, ориентированным на повышение эффективности управленческих решений [48]. Для обеспечения достоверности и воспроизводимости индикаторов на каждом этапе обработки контролируются ключевые метрики: полнота и точность извлечения сущностей, уверенность классификационных моделей и стабильность распределений признаков. Это позволяет использовать выходные сигналы в контуре ИТС при условии их последующей верификации по объективным источникам.

Подход к использованию обращений в транспортных исследованиях должен сочетать строгую методологию с учётом практических ограничений. Обращения граждан не подменяют телематические данные и не используются для прямого управления транспортными потоками, а используются как индикативный информационный слой, инициирующий последующую верификацию. Для повышения надёжности результата необходима интеграция обращений с традиционными источниками данных, разработка стандартов аннотирования и практик валидации, а также внедрение процедур прозрачной отчётности по алгоритмическим решениям. Такие меры создают предпосылки для эффективного использования гражданских сообщений в системах управления дорожным движением и повышают оперативную адаптивность транспортной политики.

Систематическое использование обращений граждан расширяет аналитические возможности транспортных исследований за счёт учёта пользовательского восприятия транспортной среды. В отличие от данных датчиков и фиксированных регистраторов, которые предоставляют информацию о потоках, скоростях и загрузке, обращения отражают социальный контекст: восприятие безопасности, степень неудобств, отношение к качеству обслуживания. Это позволяет дополнить традиционные параметры исследования индикаторами удовлетворённости и вовлечённости населения, что особенно важно для управления в условиях «умного города». Ключевой тенденцией развития интеллектуальной мобильности является

переход к персонализации транспортных услуг и заблаговременному прогнозированию с целью обеспечения наилучшего соответствия транспортных решений потребностям и предпочтениям граждан.

Существенным преимуществом обращений является их пространственно-временная детализация, позволяющая выявлять проблемные участки, не охваченные сенсорным мониторингом. Сообщения нередко указывают на проблемы на конкретных перекрёстках, пешеходных переходах или участках дороги, связанные с изменением эксплуатационного состояния покрытия, в том числе с образованием скользкости, параметры которой (температура воздуха и покрытия, влажность, осадки) оказывают существенное влияние на уровень аварийности и не всегда своевременно фиксируются стационарными средствами мониторинга [93]. В совокупности формируется пространственно-временное распределение пользовательского внимания, показывающая участки транспортной сети, где люди наиболее часто сталкиваются с неудобствами или опасностями. Этот слой данных, интегрированный с формальными измерениями интенсивности движения и аварийности, позволяет строить модели пространственного риска и прогнозировать узкие места транспортной системы.

Накопительный характер потока обращений позволяет выявлять устойчивые пространственно-временные закономерности при накоплении данных. Даже если отдельное обращение содержит субъективные или неточные данные, их накопление во времени и пространстве выявляет устойчивые закономерности. Пространственно-временной анализ обращений даёт возможность сформировать «горячие зоны», где проблемы возникают систематически, и сопоставлять их с реальными изменениями в транспортной инфраструктуре. В результате обращения могут рассматриваться не только как сигналы о частных неисправностях, но и как инструмент для мониторинга эффективности принятых решений: снижение числа жалоб в конкретной зоне после ремонта дороги или реконструкции узла служит эмпирическим индикатором успешности проведённых мероприятий.

Особое значение обращения граждан приобретают при выявлении малых инфраструктурных инцидентов, не отражаемых в официальной статистике, но влияющих на восприятие безопасности. Жалобы на неработающий фонарь, неубранный снег или затруднённый переход дороги не всегда формализуются в официальных базах данных, однако для пользователя такие факторы определяют повседневный опыт передвижения. Их включение в исследования позволяет формировать более полное представление о транспортной среде, выходя за рамки макроуровневых показателей.

Использование обращений стимулирует развитие методов интеллектуальной обработки текста, ориентированных на учёт неопределённости и субъективных оценок. Современные языковые модели позволяют классифицировать обращения по типам проблем, выделять уровень эмоциональной окраски и формировать приоритеты для служб. В сочетании с нечёткими моделями это даёт возможность интерпретировать сообщения не только как бинарные сигналы, но и как оценки степени критичности, выраженные в лингвистической форме. Такой подход открывает путь к построению гибридных интеллектуальных систем, способных учитывать неопределённость и субъективность данных.

Рост объёма обращений объективно актуализирует задачи их формализации и архитектурно согласованной интеграции с другими источниками данных ИТС. Создание унифицированных форматов хранения и обработки вместе с использованием единой базы знаний позволяет семантически интегрировать обращения граждан с телеметрическими данными и другими гетерогенными источниками ИТС, реализуя онтологический подход к согласованию разнородной информации [23]. Такая интеграция позволяет формировать многослойные модели транспортной среды, где обращения граждан становятся равноправным компонентом вместе с formalizedными измерениями.

Согласно анализу данных за 2023–2025 гг., представленному на совмещённом графике (Рисунок 1), наблюдается устойчивый рост количества

обращений граждан в г. Орле с 11 560 до 20 449 при одновременном снижении численности населения с 296 633 до 289 503 человек и сохранении неизменным ресурсного потенциала ответственного подразделения. Рассчитанная интенсивность обращений на 1000 жителей увеличилась с 39 до 71. Указанная динамика свидетельствует о формировании структурного дисбаланса между возрастающей нагрузкой на систему обратной связи и ограниченными административными ресурсами, что формирует объективную необходимость перехода к автоматизированным методам интеллектуальной обработки данных.

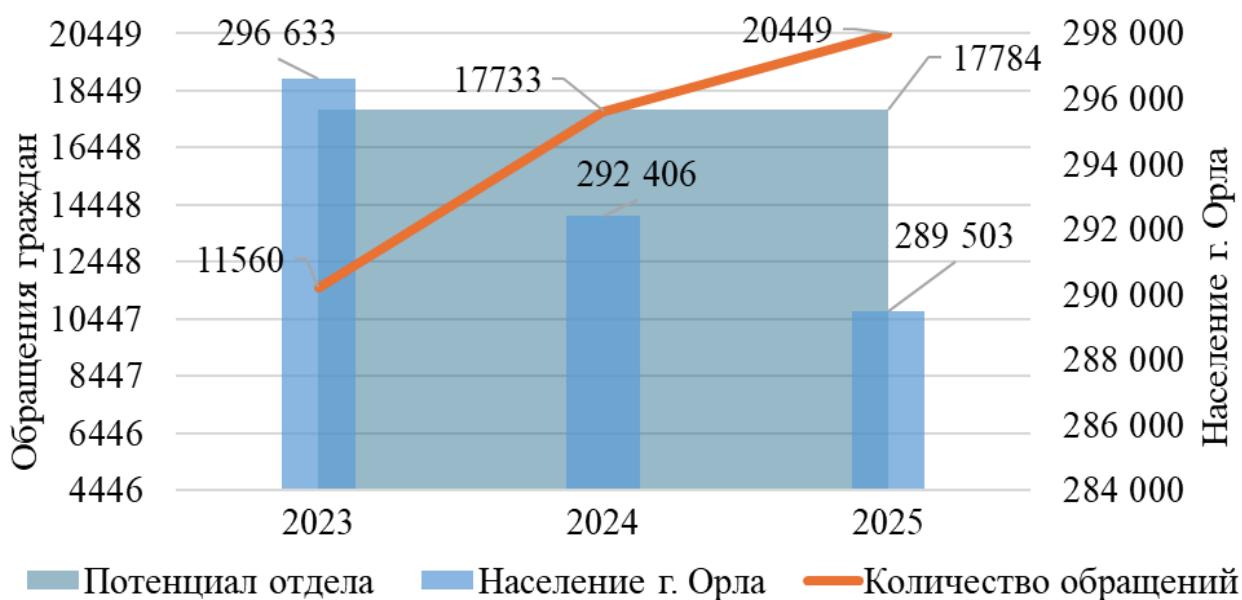


Рисунок 1 – Анализ динамики обращений граждан

В нормативно-правовом контексте социальные данные, используемые в исследовании, охватывают несколько категорий. К первой категории относятся обращения граждан (предложения, заявления, жалобы), регулируемые Федеральным законом № 59-ФЗ и предусматривающие стандартные сроки рассмотрения от 7 до 60 дней. Для наглядного отображения этапов и взаимосвязей этой формальной процедуры составлена обобщающая схема (Рисунок 2), которая служит базовой моделью для последующего пространственно-временного анализа накапливаемых данных. Ко второй категории относятся сообщения, направляемые через регламентированные

цифровые каналы в рамках экспериментальных процедур, установленных Постановлением Правительства РФ № 1802, для которых допускаются сокращённые сроки обработки. Третью категорию составляют сообщения, публикуемые на интернет-площадках и в социальных сетях, не подпадающие под действие указанных нормативных актов и не имеющие установленных регламентов реагирования.

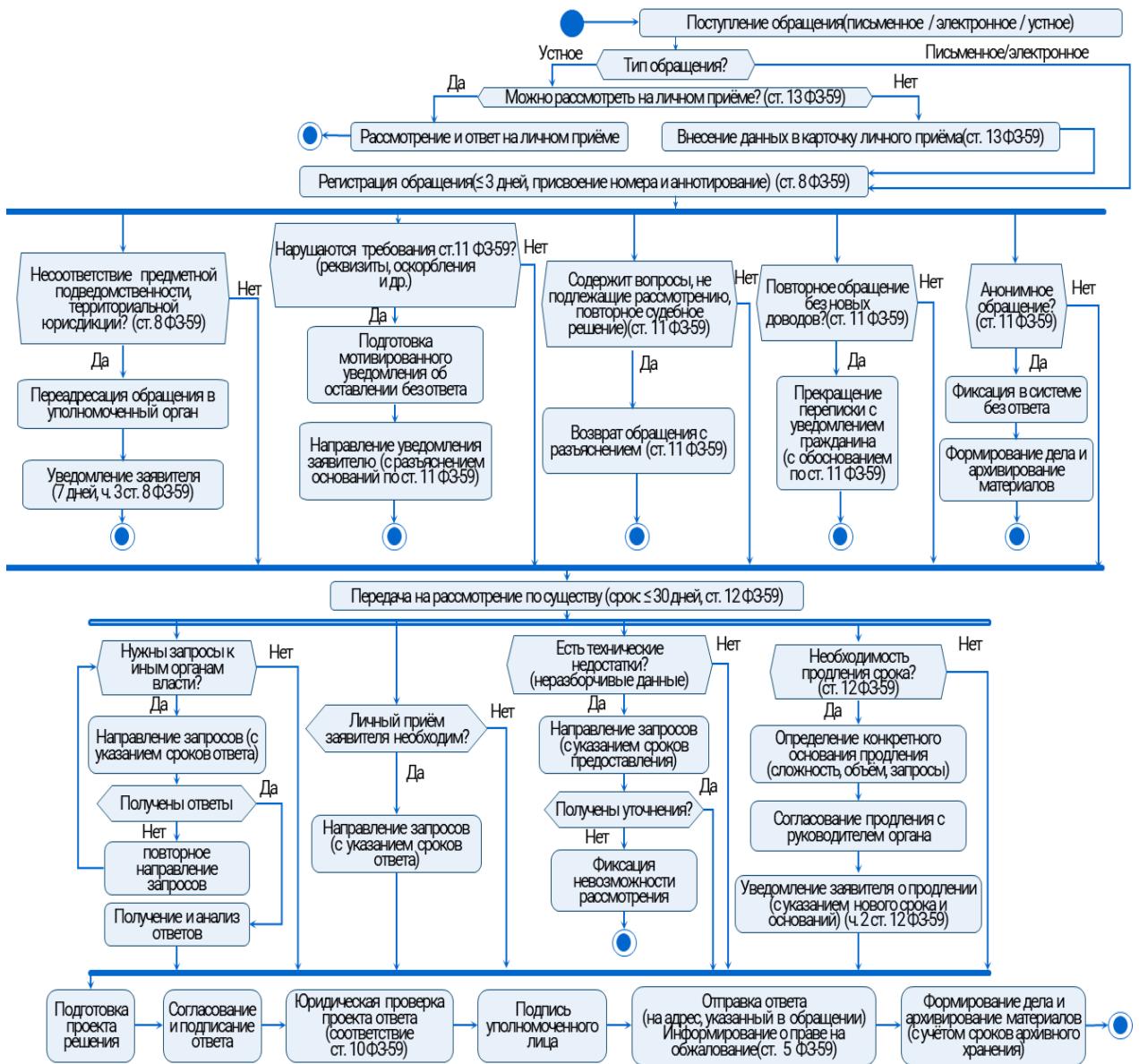


Рисунок 2 – Существующая схема порядка рассмотрения обращений граждан

В долгосрочной перспективе систематическое использование обращений граждан формирует основу для перехода к адаптивным моделям управления дорожным движением. Эти модели опираются на совокупность

формализованных телематических данных и индикативных сигналов, извлечённых из социальных источников, что обеспечивает эволюцию от реактивного устранения инцидентов к их проактивному предотвращению и соответствует подходам к развитию интеллектуальных транспортных систем как инструмента централизованного управления транспортной системой города, направленного на повышение доступности транспортной инфраструктуры, качества транспортных услуг и уровня безопасности дорожного движения [75].

1.2 Интеллектуальные транспортные системы и оперативность управления дорожным движением

Усложнение транспортной среды и рост неопределённости объективно повышают требования к оперативности управленческих решений в системах управления дорожным движением. Традиционные методы управления, основанные на фиксированных схемах регулирования, не обеспечивают требуемой адаптивности, что обуславливает необходимость внедрения ИТС, основанных на интеграции цифровых технологий и методов адаптивного управления.

В рамках настоящего исследования ИТС рассматривается как замкнутый управленческий контур, в котором ключевым показателем эффективности выступает оперативность реагирования, формализуемая в виде интегральной временной характеристики. Она определяется суммарной длительностью этапов выявления проблемы, интерпретации информации, принятия управленческого решения и инициирования управляющего воздействия, что соответствует трактовке ИТС как систем управления, ориентированных на преодоление информационных барьеров [89]. В более широком системном контексте интеллектуальные транспортные системы рассматриваются как ядро единой городской транспортно-логистической системы, обеспечивающей согласованное управление дорожным движением, общественным транспортом и грузовыми перевозками с ориентацией на

достижение целевых показателей безопасности, мобильности и экологической устойчивости. Такой подход предполагает архитектурную интеграцию управления потоковыми и непотоковыми процессами, развитие механизмов управления данными и информирования участников движения, что рассматривается как ключевое условие оптимизации функционирования городской транспортной системы [90]. Оценка эффективности функционирования ИТС проводится через способность системы обрабатывать разнородные данные в режиме, близком к реальному времени, и интегрировать результаты анализа в процедуры принятия решений, что соответствует методологическим положениям обоснования эффективных технических и организационных решений при реализации локальных проектов ИТС [50].

При этом эффективность интеллектуальных транспортных систем не сводится к характеристикам отдельных технических решений и должна рассматриваться в контексте целей их внедрения. Любая технология является средством достижения целей, а не самоцелью, в связи с чем реализация ИТС должна оцениваться через повышение доступности, безопасности, экологичности, эксплуатационной эффективности и ориентированности на потребителей. В данном исследовании ИТС интерпретируется как инструмент достижения совокупности общественно значимых эффектов, включающих повышение безопасности и надёжности дорожного движения, эксплуатационной эффективности транспортной системы, экологичности и ориентированности на потребности пользователей. Существенным практическим механизмом реализации такого подхода является архитектурное включение в управленческий контур слабоструктурированных пользовательских данных — обращений граждан, сообщений и сведений из открытых источников. Выступая дополнительным информационным слоем, эти данные дополняют формализованные телематические и сенсорные потоки, обеспечивая более полное и ситуационно обусловленное представление о дорожной обстановке и позволяя выявлять проблемы, не фиксируемые

стандартными средствами мониторинга. Интеграция разнородных источников данных и сокращение временных задержек в контуре управления непосредственно соотносятся с достижением заявленных целей и согласуются с современными подходами к целеполаганию и оценке эффективности ИТС в условиях цифровой трансформации транспортной отрасли [74].

Задачи управления дорожным движением в рамках ИТС рассматриваются на трёх взаимосвязанных уровнях. На оперативном уровне решаются задачи выявления и приоритизации инцидентов, устранения локальных инфраструктурных дефектов и управления потоками в реальном времени, в том числе за счёт применения автоматизированных систем управления и гибких алгоритмов регулирования светофорной сигнализации на системе перекрёстков, ориентированных на адаптацию режимов регулирования к текущей дорожной обстановке [51]. На тактическом уровне реализуется адаптация режимов регулирования и перераспределение транспортных потоков с учётом текущей обстановки, включая алгоритмы управления процессами перевозки пассажиров в городских агломерациях на основе параметров состояния транспортного потока, данных глобальных навигационных спутниковых систем и интеллектуальных методов анализа, применяемые как в штатных, так и в нештатных режимах функционирования транспортной системы [92]. На стратегическом уровне ИТС применяются для анализа тенденций, прогнозирования нагрузки и обоснования решений по развитию транспортной инфраструктуры, включая оценку качества транспортных услуг на основе интегральных показателей, учитывающих параметры регулярности движения, заполнения подвижного состава, времени поездки и БДД [22], при этом реализация таких функций опирается на высокопроизводительные информационно-вычислительные комплексы и алгоритмическое обеспечение, позволяющие осуществлять сбор, передачу и переработку значительных объёмов транспортных данных в рамках городских и региональных ИТС [52]. Включение обращений граждан в контур ИТС в рамках настоящего исследования относится к оперативному уровню.

Существенное значение для современных ИТС имеет применение интеллектуальных методов обработки данных, которые позволяют работать с неопределённостью и многомерностью транспортных данных. Методы интеллектуального анализа применяются для классификации событий, прогнозирования транспортных потоков и адаптации алгоритмов светофорного управления к изменяющимся параметрам движения, что подтверждается исследованиями по оценке адаптационной способности систем управления в составе ИТС при вариации характеристик транспортных потоков, разработке алгоритмов адаптивного управления и применении моделей мониторинга и прогнозирования параметров движения на сетевом уровне в реальном масштабе времени [26, 34, 57]. Аппарат нечёткой логики используется для формализации субъективных и лингвистически неопределённых оценок пользователей, позволяя тем самым интегрировать обращения граждан в контур поддержки принятия решений ИТС. В совокупности указанные методы формируют основу для гибридных моделей, способных объединять точность вычислительных алгоритмов с гибкостью обработки сообщений.

Внедрение ИТС оказывает влияние на показатели эффективности функционирования транспортной системы, включая снижение задержек и аварийности, а также формирует измеримые социально-экономические эффекты, выражющиеся в повышении пропускной способности, снижении издержек и уменьшении числа ДТП за счёт гармонизации транспортных потоков и использования цифровых моделей дорожной сети в контурах управления, что подтверждается результатами оценки социальной рентабельности проектов ИТС [17], положениями, раскрывающими роль интеллектуальных транспортных систем в обеспечении безопасности дорожного движения [49], а также установленными зависимостями между условиями движения и количеством дорожно-транспортных происшествий в городских агломерациях с оценкой достоверности таких зависимостей на различных временных интервалах [64]. Одновременно повышается

удовлетворённость граждан транспортной средой и доверие к органам власти, а развитие интеллектуальных транспортных систем рассматривается как один из факторов социально-экономического развития территорий, влияющий на бюджетные показатели, конкурентоспособность транспортной инфраструктуры и эффективность функционирования региональных транспортных систем [45].

Таким образом, интеллектуальные транспортные системы формируют технологическую основу повышения оперативности и адаптивности управления дорожным движением. Развитие ИТС требует архитектурно согласованной интеграции разнородных источников данных, включая слабоструктурированные пользовательские сообщения, и поэтапного формирования единой платформы управления транспортной системой, обеспечивающей мониторинг транспортной ситуации в режиме, близком к реальному времени, и повышение уровня интеллектуализации дорожно-транспортной системы [37, 96]. Это формирует предпосылки для построения адаптивной модели управления, учитывающей как формализованные параметры транспортной сети, так и социальные сигналы пользователей.

1.3 Теория нечётких множеств и её роль в анализе слабоструктурированных данных

Анализ слабоструктурированных данных в транспортных исследованиях связан с лингвистической и оценочной неопределённостью, характерной для сообщений граждан. Тексты, как правило, не содержат формализованных количественных параметров и выражаются в виде лингвистических оценок. Типичными являются размытые описания: «долго ждать на светофоре», «опасный переход», «яма слишком глубокая», «светофор работает плохо». Интерпретация подобных выражений в рамках бинарной логики не позволяет адекватно отразить степень выраженности описываемых характеристик. Для интерпретации подобных описаний используется математический аппарат моделирования неопределённости и переходных

состояний, а также агрегирования разнородных признаков в обобщающие показатели состояния транспортной системы [38].

Для формализации лингвистически неопределённых оценок в работе используется аппарат нечётких множеств, эффективность применения которого для расширения классических многокритериальных методов принятия решений в условиях неопределённости подтверждена в ряде прикладных исследований [12, 35]. В отличие от классической теории множеств, нечёткие множества позволяют задавать степень принадлежности элемента понятию. Нечёткое множество A на универсуме X задаётся функцией принадлежности $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$. Значение $\mu_A(x)$ отражает степень принадлежности элемента x к понятию, что позволяет формализовать выражения типа «высокая нагрузка», «опасный участок», «сильная выбоина» и другие лингвистические переменные, используемые гражданами при описании дорожных ситуаций. Подобный подход к формализации компромиссных и лингвистически неопределённых характеристик транспортных процессов согласуется с методологией нечёткого вывода, применяемой при анализе пассажиропотоков, пропускной способности улично-дорожной сети и факторов аварийности в исследованиях, посвящённых организации городских перевозок и управлению транспортным развитием территорий [47].

Форма функции принадлежности выбирается исходя из характера моделируемого признака и компромисса между точностью аппроксимации данных и интерпретируемостью модели для экспертов в предметной области. Треугольные и трапециевидные функции обеспечивают простоту интерпретации и эффективны при экспертной инициализации параметров. Формально треугольная функция принадлежности может быть выражена как:

$$\mu(x; a, b, c) = \max \left(0, \min \left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b} \right) \right), \quad (1)$$

а гауссова функция даёт более плавный переход и описывается формулой:

$$\mu(x; c, \sigma) = \exp \left(-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2} \right) \quad (2)$$

Выбор конкретной формы функции принадлежности влияет на чувствительность модели к переходам между лингвистическими термами и определяется как экспертной оценкой, так и статистическим подбором параметров по обучающим данным.

Аппарат операций над нечёткими множествами позволяет формировать логические правила и реализовывать процедуры нечёткого вывода. Операция конъюнкции реализуется через выбранный t -норм, например минимум или произведение, операция дизъюнкции – через s -норму (максимум как частый выбор). Для построения правил используется стандартная форма «ЕСЛИ – ТО», где условная часть состоит из нечётких предикатов, а заключение задаётся в виде нечёткой выходной переменной. Процесс нечёткого вывода включает фазификацию входных значений, применение правил с последующей агрегацией результатов и дефазификацию, дающую численный выход. Наиболее распространённым методом дефазификации является метод центра тяжести:

$$y^* = \frac{\int y \mu C(y) dy}{\int \mu C(y) dy}, \quad (3)$$

где $\mu C(y)$ – агрегированная функция принадлежности выходной переменной.

Применительно к анализу обращений граждан ключевой задачей является построение отображения между лингвистическими категориями, выделяемыми в тексте, и числовыми или ранжированными выходными показателями, пригодными для принятия решений. Текстовые признаки, такие как частота упоминаний ключевых сущностей, оценки тональности, наличие мультимедийных подтверждений, временная регулярность сообщений по одной локации, преобразуются в нормированные количественные значения и затем сопоставляются с функциями принадлежности соответствующих нечётких переменных. Так, показатель «частота обращений» сопоставляется с термами «низкая», «средняя», «высокая» через заданные функции принадлежности; итоговый показатель критичности участка вычисляется как результат нечёткого вывода, включающего эти входные переменные.

Классические схемы нечёткого вывода (Мамдани, Сугэно) применимы для задач приоритизации и поддержки принятия решений, в том числе при многоокритериальной оценке ИТС в сфере общественного транспорта, где использование нечёткого АНР позволяет учитывать неопределённость и ранжировать показатели с приоритетом параметров безопасности, а также при синтезе интеллектуальных алгоритмов управления транспортными системами, ориентированных на повышение быстродействия в условиях априорно неизвестных возмущений [15, 33]. Метод Мамдани используется в задачах, где требуется интерпретируемость правил, тогда как метод Сугэно удобен при интеграции с параметрическими моделями. Для задач, где требуется сочетание интерпретируемости и обучаемости, эффективной оказывается гармонизация нечётких правил с параметрическими моделями, настраиваемыми по данным.

Нечёткий вывод применяется для преобразования вероятностных оценок классификатора в интерпретируемый показатель критичности и используется в прикладных системах мониторинга и раннего оповещения о дорожных инцидентах, включая выявление опасных состояний инфраструктуры и поддержку оперативных решений в условиях неопределённости внешней среды [16, 28]. Адаптивные нейро-нечёткие системы (ANFIS) обеспечивают обучаемость нечётких моделей при сохранении интерпретируемости. Данный подход особенно актуален при работе с большими корпусами обращений, где ручная настройка правил становится непрактичной.

Для предварительного структурирования массива обращений применяются методы нечёткой кластеризации, в частности алгоритм нечёткой с-средних (FCM). Оптимизационная функция FCM имеет вид:

$$J = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^C u_{ki}^m \|x_i - v_k\|^2, \quad (4)$$

где u_{ki} – степень принадлежности объекта x_i к кластеру k ;

v_k – центр кластера,

$m > 1$ – параметр регулирующий «размытость» разбиения.

Допуск частичной принадлежности сообщений нескольким кластерам соответствует семантической природе текстовых обращений и опирается на развитые подходы к анализу сходства нечётких множеств [14], применяемые в ИТС для сопоставления размытых признаков и информирования о транспортных инцидентах. Результаты нечёткой кластеризации используются как опорные метапризнаки при последующей классификации и формировании правил приоритизации.

Нечёткая логика применяется для моделирования лингвистической неопределённости, выражая степень принадлежности объектов к семантическим классам и обеспечивая интерпретируемую поддержку управлеченческих решений в системах электронного управления и анализа пользовательских запросов [13], в отличие от вероятностного подхода, который оперирует стохастической неопределённостью. Следовательно, сочетание вероятностных и нечётких методов зачастую оказывается более адекватным при моделировании транспортных процессов в условиях неполноты и неопределённости данных: вероятностные модели извлекают статистические зависимости и формируют оценки доверия, тогда как нечёткая логика обеспечивает их преобразование в интерпретируемые правила принятия решений, что соответствует современным совмещённым вероятностно-нечётким подходам, применяемым при динамическом моделировании трафика в умных городах [19].

Преимущества применения нечётких методов проявляются в устойчивости к вариативности формулировок, возможности включения экспертных знаний и адаптивности к изменяющимся условиям функционирования ИТС, что подтверждается прикладными решениями на основе нечёткой логики, применяемыми для гибкого управления инфраструктурными сервисами умных городов, включая управление зарядкой электрического транспорта [21]. Эксперт задаёт начальную структуру правил и начальные параметры функций принадлежности, после чего система

уточняет параметры по накопленным данным. К основным ограничениям относятся рост числа правил при учёте большого числа входных переменных и субъективность начальной параметризации, что в ряде случаев требует обращения к расширенным моделям нечёткой логики, ориентированным на явное моделирование неопределённости функций принадлежности и правил вывода [24]. Технические приёмы уменьшения сложности предлагают иерархические нечёткие системы, отбор значимых признаков и регуляризацию параметров при обучении.

В настоящем исследовании используются треугольные функции принадлежности, параметры которых определяются на основе экспертных оценок и уточняются по данным. Результатом применения нечёткой логики является формирование пригодных для интеграции в контур ИТС индикативных управлеченческих сигналов – формализованных признаков, отражающих вероятность, локализацию и потенциальную критичность инфраструктурных проблем. Дефазификация обеспечивает количественную оценку приоритетности, пригодную для интеграции в информационно-управляющие процессы дорожных служб. Валидация получаемых оценок проводится сравнением с экспертными заключениями и историческими данными об устраниении проблем и их последствиях, что позволяет оценить точность и полезность нечётких правил в реальных условиях эксплуатации.

Перспективы дальнейших исследований связаны с интеграцией нечёткой семантики и языковых моделей для повышения адаптивности и интерпретируемости анализа. Такой синтез создаёт методологическую основу для построения надёжных, интерпретируемых и адаптивных систем анализа обращений граждан в контексте управления дорожным движением.

1.4 Анализ существующих подходов к использованию обратной связи граждан в контурах управления дорожным движением

Существующие подходы к использованию обратной связи граждан демонстрируют институционализацию обращений как дополнительного

источника информации при управлении дорожным движением. В условиях развития цифровой инфраструктуры такие данные включаются в платформы городского управления и используются совместно с телематическими и сенсорными потоками. Совмещение формализованных и слабоструктурированных источников расширяет информационную базу мониторинга дорожной обстановки и соответствует концептуальным моделям интеллектуальных транспортных систем, основанным на структурировании данных по блокам «спрос», «предложение» и «управление» и их интеграции в единый интеллектуальный центр принятия решений [101].

К числу характерных примеров относятся платформы класса «311 Service Request», функционирующие в ряде городов США, предназначенные для приёма сообщений о дефектах улично-дорожной сети и элементах транспортной инфраструктуры. Поступающие обращения аккумулируются в централизованных хранилищах и распределяются по ответственным службам. Анализ массива обращений используется как для реагирования, так и для выявления повторяющихся инфраструктурных проблем, что используется при корректировке планов обслуживания и ремонта инфраструктуры.

В Великобритании функционирует система FixMyStreet, предназначенная для сбора обращений граждан с привязкой к географическим координатам. Интеграция с муниципальными информационными системами способствует сокращению времени первичного реагирования. Публичный характер данных формирует дополнительный механизм общественного контроля за качеством работы дорожных служб.

В ряде городов Скандинавии и Западной Европы применяются мобильные приложения для сбора обращений граждан, где применяются мотивационные элементы пользовательского взаимодействия. Граждане получают возможность фиксировать не только дефекты инфраструктуры, но и нарушения правил дорожного движения. Сообщения подвергаются автоматизированной классификации и верификации с использованием

мультимодальных данных. Накопленные корпуса текстов становятся объектом анализа в рамках академических исследований, направленных на изучение пространственного распределения жалоб, выявление корреляций с уровнем аварийности и разработку моделей предиктивного обслуживания, что соотносится с современными подходами к сбору и обработке данных о ДТП на основе интеграции разнородных источников информации [43].

В отдельных городах Канады и Австралии обращения граждан учитываются в алгоритмах адаптивного управления дорожным движением. При поступлении сигналов о пробках или неисправностях светофоров данные автоматически учитываются в алгоритмах регулирования, что позволяет изменять циклы светофорных фаз или маршрутизацию транспорта в реальном времени. Данный подход отражает тенденцию перехода от реактивных к более адаптивным формам управления, когда сообщения граждан становятся частью предиктивных моделей, способных предупреждать развитие критических ситуаций.

В ряде стран Восточной Азии, включая Японию и Республику Корея, обращения граждан используются в составе систем комплексного транспортного мониторинга. Здесь применяется подход, при котором сообщения граждан дополняют данные интеллектуальных датчиков и бортовых систем транспортных средств, что реализуется в рамках поэтапного формирования архитектуры объектов ИТС и активной координирующей роли государства при интеграции подсистем информационного обслуживания и обеспечения безопасности дорожного движения. Такая модель развития и внедрения ИТС, основанная на последовательном расширении функциональности и централизованном управлении, характерна для японского опыта и ориентирована на повышение БДД, поддержку участников движения и снижение экологических эффектов транспорта [82]. Такая интеграция позволяет учитывать субъективное восприятие качества транспортной среды и сопоставлять его с объективными параметрами движения. Для обработки обращений применяются гибридные методы

анализа, ориентированные на работу с размытыми и эмоционально окрашенными описаниями, что соответствует зарубежной практике развития ИТС в странах Восточной Азии, включая опыт Китайской Народной Республики [59]. При этом в большинстве случаев отсутствуют формализованные методы приоритизации и архитектурного сопряжения данных с ИТС.

Анализ зарубежных решений показывает, что обращения граждан используются преимущественно как вспомогательный источник информации, не включённый в формализованный управленческий контур ИТС. Обобщение опыта показывает, что эффективность использования обращений зависит от степени автоматизации обработки и аналитической зрелости систем. Там, где применяются алгоритмы автоматической классификации, геокодирования и оценки достоверности сообщений, системы демонстрируют повышение точности классификации и сокращение времени реагирования. В условиях недостаточной цифровой зрелости основное внимание уделяется обеспечению прозрачности процесса обработки и созданию механизмов общественного контроля.

Зарубежный опыт показывает, что использование обращений граждан требует интеллектуальных методов обработки и формализации. Эта практика также демонстрирует важность открытости данных, которая способствует повышению доверия населения и созданию обратной связи между гражданами и властями. Таким образом, обращения граждан рассматриваются как дополнительный информационный слой, эффективность которого определяется методами обработки и степенью включения в управленческий контур.

1.5 Архитектурная интеграция обращений граждан в интеллектуальные транспортные системы

Актуальная редакция международного стандарта ISO 14813-1:2024 предусматривает возможность использования пользовательских и внешних

источников данных при условии их формализации. В рамках данной модели источники информации рассматриваются не как фиксированный набор технических средств, а как совокупность взаимосвязанных субъектов (акторов) и систем, динамически формирующих данные в процессе функционирования транспортной экосистемы. Такой подход расширяет допустимый спектр входной информации и создаёт нормативную основу для включения данных, формируемых конечными пользователями (пассажирами, водителями, пешеходами), в архитектурное ядро ИТС, что согласуется с положениями о ведущей роли международной стандартизации в обеспечении совместимости и архитектурной согласованности транспортной телематики, реализуемой в рамках деятельности технических комитетов ISO/TC 204 и CEN/TC 278 и ориентированной на конвергенцию информационных, телекоммуникационных и транспортных технологий [55]. Указанные архитектурные положения соотносятся с концептуальными основами формирования национальной сети ИТС [6], ориентированными на технологическое и информационное сопряжение ИТС, унификацию требований к сервисам и платформенным решениям, а также развитие интегрированных цифровых сервисов для участников дорожного движения.

В соответствии со стандартом пользователь транспортной системы рассматривается не только как потребителя сервисов, но и как активный участник информационного обмена. В соответствии с положениями раздела 6.3 ISO 14813-1:2024 допускается использование внешних (external) и пользовательских (user-generated) данных в составе сервисных групп ИТС при условии их соответствующей формализации и интеграции в сервисные контуры. Данное положение является ключевым для научного и практического обоснования применения обращений граждан в качестве источника индикативной информации о состоянии транспортной инфраструктуры, дорожного движения и сопутствующих инцидентах.

Обращения граждан, направляемые через государственные и коммерческие цифровые платформы (порталы, мобильные приложения,

соцсети), обладают слабоструктуризованным или неструктурированным характером (текст, фото, видео) и отражают субъективное, но релевантное восприятие событий, нарушений или проблем. При применении методов интеллектуальной обработки такие обращения могут быть преобразованы в формализованные машиночитаемые признаки и события, пригодные для интеграции в сервисы ИТС. Архитектурная возможность такой интеграции определяется требованиями к функциональной и физической архитектурам [7], предусматривающими наличие интеграционной платформы для агрегирования текущих и ретроспективных данных, а также поддержку различных режимов функционирования и сценариев управления в составе локальных проектов ИТС. В терминологии стандарта данные, извлечённые из обращений граждан, относятся к категории внешних пользовательских данных и могут использоваться для поддержки сервисов мониторинга, выявления инцидентов и информационного обеспечения процессов оперативного и стратегического управления.

В стандарте существенное значение придаётся сервисным сценариям, реализуемым в рамках сервисных доменов, сервисных групп и сервисов ИТС [10], в пределах которых допускается объединение данных различного происхождения для формирования целостного представления о транспортной ситуации и поддержки управленческих решений. Это позволяет интерпретировать поток обращений граждан как дополнительный, а в отдельных сценариях – как опережающий источник сигналов о событиях, существенно дополняющий данные автоматического технического мониторинга (детекторы, камеры, GPS-треки) и повышающий полноту, точность и актуальность представления о текущем и прогнозируемом состоянии транспортной системы, включая задачи аналитической поддержки и прогнозирования последствий ДТП на основе методов машинного обучения [46]. Следовательно, использование обращений граждан не только не противоречит архитектурным принципам Стандарта, но и соответствует

интерпретации архитектурных положений стандарта – построению адаптивной, многоисточниковой и ориентированной на пользователя ИТС.

В рамках исследования выполнен анализ соответствия разработанного метода интеллектуальной обработки слабоструктурированных социальных данных положениям стандарта ISO 14813-1:2024. Установлено, что метод реализует ключевые архитектурные принципы данного стандарта, включая использование гетерогенных источников данных, поддержку многоакторного взаимодействия и сервисно-ориентированную организацию архитектуры. Для отдельных элементов метода приведена нормативная интерпретация их соотнесения с соответствующими сервисными доменами и архитектурными положениями стандарта (Таблица 1).

Таблица 1 – Соответствие метода интеллектуальной обработки обращений граждан положениям ISO 14813-1:2024

Архитектурный принцип	Реализация в предлагаемом методе	Нормативная интерпретация
Использование гетерогенных источников данных (Heterogeneous Data Sources)	Включение потока обращений граждан как отдельного, качественно отличного класса входных данных наряду с данными датчиков, камер и систем позиционирования.	Соответствует прямому допущению стандарта об использовании внешних и пользовательских источников. Научный вклад: формализация слабоструктурированного источника как компонента гетерогенной среды данных ИТС.
Многоакторное взаимодействие (Multi-Actor Interaction)	Рассмотрение граждан не как пассивных объектов, а как активных сенсоров и акторов, участвующих в информационном обмене и формировании цифрового следа системы.	Поддерживает и развивает концепцию участия пользователей в сервисных процессах. Вклад: моделирование поведения граждан-акторов как источника данных для повышения оперативности.

Продолжение таблицы 1.

Сервисно-ориентированная архитектура (Service-Oriented Architecture)	Формализованная интеграция результатов обработки (формализованных событий, инцидентов, оценок) в виде стандартизованных потоков данных в конкретные сервисные группы ИТС (см. раздел 2.3.2).	Обеспечивает архитектурную совместимость метода. Вклад: разработка модуля-адаптера для трансляции результатов интеллектуальной обработки в сервисные интерфейсы ИТС.
Поддержка динамической информации о событиях (Dynamic Event Information)	Оперативная (в режиме оклореального времени) обработка входящих обращений с целью выявления и верификации транспортных инцидентов, что сокращает время их детектирования.	Соответствует повышенным требованиям стандарта к актуальности и оперативности данных для сервисов управления. Вклад: повышение скорости реакции системы за счет краудсорсингового детектирования.
Поддержка динамической информации о событиях (Dynamic Event Information)	Оперативная (в режиме оклореального времени) обработка входящих обращений с целью выявления и верификации транспортных инцидентов, что сокращает время их детектирования.	Соответствует повышенным требованиям стандарта к актуальности и оперативности данных для сервисов управления. Вклад: повышение скорости реакции системы за счет краудсорсингового детектирования.
Поддержка динамической информации о событиях (Dynamic Event Information)	Оперативная (в режиме оклореального времени) обработка входящих обращений с целью выявления и верификации транспортных инцидентов, что сокращает время их детектирования.	Соответствует повышенным требованиям стандарта к актуальности и оперативности данных для сервисов управления. Вклад: повышение скорости реакции системы за счет краудсорсингового детектирования.

Приведённое сопоставление показывает, что предлагаемый метод не противоречит архитектурным положениям ISO 14813-1:2024, а развивает их в части формализации слабоструктурированных пользовательских данных.

Научный вклад заключается в трансляции субъективных и неформализованных сообщений граждан в машиночитаемые данные, имеющие индикативный характер данных с необходимостью верификации, пригодные для дальнейшего использования в сервисных контурах ИТС без нарушения целостности архитектуры.

В архитектуре ISO 14813-1:2024 формализованные данные, извлечённые из обращений граждан, используются в различных доменах и сервисных группах ИТС для выявления инцидентов, уточнения транспортной обстановки и поддержки оперативных и аналитических решений с учётом пользовательского контекста (Таблица 2).

Таблица 2 – Использование формализованных обращений граждан в доменах и сервисных группах ИТС (ISO 14813-1:2024)

Домен ИТС	Сервисная группа	Реализация на основе обращений граждан
Безопасность (Safety)	Выявление и управление инцидентами (Incident Detection and Management)	Раннее выявление ДТП и опасных ситуаций на основе текстовых сообщений и фото-/видеоматериалов; агрегация обращений для идентификации потенциально опасных участков; верификация инцидентов, автоматически детектируемыми техническими средствами.
Информация и управление мобильностью (Mobility & Transport Information Management)	Динамическая информация для путешественников (Dynamic Traveller Information)	Уточнение сведений о дорожных условиях (дефекты покрытия, неработающие светофоры); дополнение информации о заторах данными о причинах, извлекаемыми из текстов обращений.
	Управление мобильностью и спросом (Mobility & Demand Management)	Мониторинг качества транспортных услуг на основе жалоб и отзывов пользователей, формирование сигналов для оперативного реагирования перевозчиков.
Общественный транспорт (Public Transport)	Информация и управление услугами ОТ (PT Service Information & Management)	Выявление проблем на остановочных пунктах и в подвижном составе; анализ тональности обращений для оценки удовлетворённости пассажиров.

Продолжение таблицы 2.

Подключённость и безопасность (Security & Cybersecurity)	Мониторинг и управление угрозами (Threat Monitoring & Management)	Детектирование сообщений о вандализме и повреждении инфраструктуры; мониторинг факторов риска, потенциально влияющих на транспортную безопасность.
Экология (Environmental Sustainability)	Мониторинг воздействия на окружающую среду (Environmental Impact Monitoring)	Выявление локальных экологических проблем (шум, загрязнение воздуха), связанных с функционированием транспортной системы.
Эффективность и устойчивость (Traffic Efficiency & Transport Sustainability)	Управление дорожным движением (Traffic Management)	Использование агрегированных обращений о систематических проблемах организации движения для обоснования долгосрочных инфраструктурных решений.

Анализ представленных доменов показывает, что обращения граждан обладают междоменным информационным характером и могут использоваться не только в задачах оперативного управления дорожным движением, но и при обеспечении безопасности, мониторинге качества транспортных услуг и оценке эффективности функционирования инфраструктуры. Это подтверждает методологическую целесообразность рассмотрения обращений граждан в качестве универсального индикативного информационного слоя ИТС.

Нормативное положение В.3.2.6 стандарта, регламентирующее сервисы мониторинга и выявления инцидентов, прямо предусматривает использование сообщений участников дорожного движения и иных лиц, наблюдающих дорожную сеть, наряду с данными датчиков, транспортных средств и экстренных служб. Стандарт допускает использование любого числа механизмов индикации инцидентов и предписывает учитывать степень достоверности каждого источника, что позволяет подтверждать события как

на основе одного достоверного сигнала, так и совокупности сигналов с меньшей индивидуальной надёжностью. Данное положение непосредственно обосновывает использование обращений граждан как компонента системы вероятностной и индикативной оценки инцидентов в ИТС.

Таким образом, стандарт ISO 14813-1:2024 формирует нормативную и архитектурную основу для включения данных, генерируемых гражданами, в современные ИТС. Проведённый анализ показывает, что предлагаемый в диссертации метод интеллектуальной обработки слабоструктурированных обращений соответствует ключевым положениям стандарта и представляет собой технологический механизм их практической реализации. Это позволяет рассматривать обращения граждан не как вспомогательный сервисный элемент, а как полноправный информационный слой ИТС, направленный на повышение оперативности реагирования и адаптивности управления дорожным движением.

1.6 Выводы по главе

Обращения граждан представляют собой самостоятельный и потенциально значимый информационный ресурс, дополняющий традиционные потоки данных ИТС. В отличие от сенсорных, телематических и навигационных средств, ориентированных преимущественно на фиксацию формализованных количественных параметров движения, пользовательские сообщения отражают субъективное восприятие транспортной среды и эксплуатационного состояния инфраструктуры. Их использование позволяет выявлять локальные инфраструктурные дефекты и инциденты, не всегда регистрируемые техническими средствами мониторинга, формировать гипотезы о скрытых отклонениях в функционировании элементов улично-дорожной сети и тем самым повышать полноту мониторинга и чувствительность ИТС к изменениям дорожной обстановки. При этом обращения граждан не подменяют объективные источники информации, а

выполняют индикативную функцию, инициируя процедуры последующей верификации и уточнения.

Анализ архитектурных принципов современных интеллектуальных транспортных систем показал, что существующие решения в основном ориентированы на обработку формализованных машинно-генерируемых данных, что ограничивает учёт социальных факторов и пользовательского восприятия качества транспортного обслуживания в процессах управления дорожным движением. Включение слабоструктурированных пользовательских сигналов в информационный контур управления создаёт условия для формализованной приоритизации проблемных участков улично-дорожной сети, повышает адаптивность регулирования транспортных потоков и формирует предпосылки для перехода от преимущественно реактивных моделей управления к проактивным механизмам, ориентированным на раннее выявление и предупреждение инфраструктурных нарушений.

Теоретический анализ методов обработки слабоструктурированных данных показал, что аппарат нечётких множеств обладает высоким потенциалом для формализации субъективных и лингвистически размытых описаний, характерных для обращений граждан. Использование функций принадлежности и правил нечёткого вывода позволяет переводить такие описания в формализованные лингвистические и количественные показатели, согласуемые с параметрами транспортной системы и пригодные для использования в контурах поддержки принятия решений. Ключевым преимуществом данного подхода является сохранение интерпретируемости результатов анализа и возможность включения экспертных знаний при формировании и настройке правил вывода, что повышает обоснованность управленческих решений в условиях неопределённости исходных данных.

Обзор существующего опыта использования обращений граждан в управлении транспортными системами показал практическую эффективность их интеграции при наличии развитых цифровых платформ и автоматизированных методов интеллектуальной обработки данных.

Успешные практики характеризуются сочетанием инструментов сбора и геокодирования сообщений с алгоритмами анализа текстовой информации, верификации и агрегации пользовательских сигналов, а также включением результатов обработки в комплексные платформы управления транспортной инфраструктурой. Фрагментарное использование обращений без алгоритмической обработки и архитектурного сопряжения с ИТС не обеспечивает устойчивого эффекта повышения оперативности управления.

В первой главе сформирована теоретическая и методологическая основа диссертационного исследования, обоснована целесообразность рассмотрения обращений граждан как элемента интегрированной информационной среды ИТС. Показано, что применение методов интеллектуальной обработки данных и теории нечётких множеств обеспечивает методологическую основу для формализации слабоструктурированных пользовательских сообщений и их архитектурно согласованного включения в контуры управления дорожным движением. Выявленные в главе ограничения и противоречия определили направление и содержание последующих глав диссертационного исследования, ориентированных на разработку метода интеллектуальной обработки социальных данных и оценку его эффективности в составе ИТС.

ГЛАВА 2. МЕТОД ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СОЦИАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ИТС

2.1 Постановка задачи интеллектуальной обработки слабоструктурированных социальных данных

Во второй главе формализуется задача интеллектуальной обработки слабоструктурированных социальных данных, формируемых в виде пользовательских сообщений о состоянии транспортной инфраструктуры и организации дорожного движения, и их преобразования в индикативные сигналы, пригодные для использования в автоматизированных контурах управления ИТС.

Исходный массив данных задаётся формально в виде корпуса пользовательских сообщений, поступающих по различным цифровым каналам обратной связи:

$$D = \{d_i \mid i = 1, \dots, N\}, \quad (5)$$

где d_i – отдельное сообщение, содержащее текстовое описание наблюдаемого события, проблемы или отклонения, связанного с функционированием элементов транспортной системы.

Сообщения обладают слабоструктурированной формой представления, отсутствием фиксированного шаблона, лингвистической вариативностью и возможным наличием эмоционально окрашенных оценок. Сообщения характеризуются неполнотой описаний, неоднозначностью формулировок и вариативной степенью детализации, что делает невозможным их прямое использование в формализованных процедурах анализа и принятия управленческих решений.

Цель метода состоит в преобразовании корпуса D слабоструктурированных сообщений в множество формализованных индикативных управленческих сигналов S , используемых для

предварительной приоритизации инцидентов и формирования очередности реагирования:

$$S = \{s_j \mid j = 1, \dots, M\}, \quad (6)$$

ориентированных на использование в автоматизированных процедурах информационной поддержки управленческих решений ИТС. Каждый управленческий сигнал, выполняющий вспомогательную функцию при принятии решений, формализуется в виде кортежа:

$$s_j = \langle c_j, l_j, t_j, R_j, r_j \rangle, \quad (7)$$

где c_j – определяет категорию проблемы транспортной инфраструктуры или организации дорожного движения;

$l_j = (x_j, y_j)$ – задаёт пространственную привязку сигнала;

t_j – соответствует временной характеристике события;

$R_j \in [0,1]$ – представляет интегральный показатель критичности

r_j – описывает формализованную рекомендацию справочного характера, формируемую как функция от категории проблемы c_j и интегральной оценки критичности R_j .

В общем случае одному управленческому сигналу может соответствовать одно сообщение либо агрегированная группа сообщений, относящихся к одному пространственно-временному контексту.

С учётом изложенного, задача интеллектуальной обработки формализуется как построение отображения

$$\mathcal{F}: D \rightarrow S, \quad (8)$$

реализуемого в виде композиции последовательных преобразований предобработки, вероятностной классификации и нечёткого интерпретационного вывода. При этом отображение \mathcal{F} должно учитывать семантическое содержание текста, пространственно-временной контекст сообщения и степень выраженности проблемы, отражённой в пользовательском описании.

Решение задачи осложняется лингвистической неопределённостью, фрагментарностью сообщений и требованиями архитектурной совместимости с ИТС. С учётом указанных ограничений разрабатывается метод, включающий процедуры лингвистической предобработки и семантического анализа текстов, алгоритмы тематической классификации пользовательских сообщений, а также механизм количественной оценки критичности выявленных проблем в условиях неполноты и неопределённости исходной информации. Получаемые управленческие сигналы архитектурно согласуются с сервисно-ориентированной структурой ИТС и используются как индикативные входные данные, обеспечивая возможность их применения на оперативном и аналитическом уровнях управления.

В последующих разделах главы последовательно рассматриваются вопросы формализации структуры обращений граждан и признакового пространства, описывается математический аппарат, используемый для интерпретации неопределённой информации, приводится алгоритмическая и архитектурная реализация разработанного метода, а также методы оценки его качества и эффективности.

2.2 Формализация корпуса обращений граждан и управленческих сигналов

Использование обращений граждан в задачах интеллектуальной поддержки управления дорожным движением требует их преобразования из неструктурированной текстовой формы в пригодное для вычислительной обработки представление. Формализация предполагает последовательное выделение смысловых компонентов, лингвистическую нормализацию и построение признакового пространства, обеспечивающего возможность дальнейшего анализа и интеграции результатов в управленческий контур ИТС, что соотносится с подходами к представлению и извлечению знаний из слабоструктурированных данных, основанными на агрегировании

контекстной информации, классификации ситуаций и формировании согласованных представлений знаний для интеллектуального анализа [56].

Тексты обращений граждан отличаются значительным разнообразием синтаксических конструкций, лексического состава и стилистических приёмов. В них широко представлены разговорные выражения, субъективные оценки и эмоционально окрашенные формулировки, а также орфографические и пунктуационные ошибки. Поскольку обращения не имеют унифицированного шаблона и структуры, их обработка неизбежно становится многоэтапной и направлена на снижение лингвистической неопределённости и фильтрацию шума.

На этапе первичного анализа каждое обращение интерпретируется как совокупность функционально различных компонентов. В тексте, как правило, можно выделить фактическую часть, содержащую описание дорожного объекта, ситуации или события, оценочную часть, отражающую субъективное отношение автора к наблюдаемой проблеме, и модальную часть, связанную с ожиданиями или требованиями к действиям со стороны органов управления. В задачах транспортного анализа приоритетное значение имеет фактическая компонента обращения, поскольку именно она содержит сведения, поддающиеся формализации и использованию в автоматизированных процедурах управления.

На следующем этапе выполняется лингвистическая нормализация текста. В обращениях широко используются синонимичные обозначения объектов и явлений транспортной инфраструктуры, метафорические описания и многозначные выражения, интерпретация которых без контекстного анализа затруднена. Для приведения текстов к унифицированному виду применяется лемматизация, позволяющая свести словоформы к начальной форме, а также использование тематических словарей эквивалентов, обеспечивающих сопоставление различных лексических вариантов с единым признаком представлением. Это снижает вариативность данных и повышает устойчивость последующего анализа.

Ключевым этапом формализации является извлечение пространственной информации, необходимой для агрегации обращений. В большинстве обращений географическая привязка выражается в неформализованном виде и включает названия улиц, ориентиры или описания протяжённых участков. Для автоматического выделения таких сведений используются методы распознавания именованных сущностей, адаптированные к особенностям русскоязычных текстов. Полученные текстовые указания сопоставляются с картографическими данными с использованием процедур геокодирования, что позволяет задать пространственную привязку обращения в виде координат или идентификаторов объектов улично-дорожной сети.

В процессе обработки учитываются временные характеристики сообщений. Задача заключается в преобразовании неформальных указаний на периодичность («постоянно», «каждый день», «по утрам») в структурированные дискретные интервалы. Это формирует основу для анализа динамики, выявления повторяющихся инцидентов и их соотнесения с графиками работы светофоров, общественного транспорта или дорожных работ.

Построение признакового пространства включает формирование набора характеристик, достаточного для классификации и последующего анализа обращений. Базовый уровень составляют лексические признаки, получаемые с использованием векторных представлений текста. Традиционные методы, такие как bag-of-words и TF-IDF, применимы для предварительного анализа, однако их ограниченные возможности по учёту контекста требуют использования распределённых представлений слов и предложений. Контекстные модели обеспечивают более точное отражение семантики сообщений и формирование устойчивых вероятностных оценок тематической принадлежности, что особенно важно при наличии полисемии и устойчивых выражений.

Формализация обращений также включает введение категориальной структуры, отражающей предметную область транспортных проблем. На верхнем уровне обращения группируются по тематическим направлениям, связанным с состоянием дорожного покрытия, функционированием светофорных объектов, пешеходной инфраструктурой, парковочным пространством, организацией движения и вопросами безопасности. На более детальном уровне фиксируются конкретные признаки и типы нарушений, что позволяет проводить анализ как в агрегированном, так и в детализированном виде и использовать результаты для различных уровней управления.

Отдельного анализа требует обработка эмоционально окрашенной лексики. Выражения недовольства и негативной оценки, несмотря на субъективный характер, содержат информацию о степени воспринимаемой значимости проблемы. Для извлечения данной составляющей применяется анализ тональности, позволяющий количественно оценить эмоциональную окраску текста. Полученные показатели используются как дополнительные входные признаки при формировании интегральной оценки критичности ситуации и приоритизации обращений. Показатель эмоциональной окраски нормируется в интервале $[0,1]$, где 0 соответствует нейтральному или слабовыраженному эмоциональному тону, а 1 – высокой степени эмоциональной напряжённости.

Существенным элементом формализации является фильтрация шумовых компонентов текста. На этапе предобработки исключаются стандартные клише и вводные конструкции, не несущие информации о транспортной ситуации. Одновременно учитывается возможность ошибок в написании терминов и топонимов. Для компенсации таких искажений используются методы контекстного исправления и сопоставление с нормативными словарями объектов транспортной инфраструктуры.

В результате формализации каждое обращение представляется в виде многомерного вектора признаков, включающего семантические, категориальные, пространственно-временные и оценочные характеристики.

Такое представление позволяет применять алгоритмы классификации, кластеризации и нечёткого вывода, а также агрегировать их результаты в управлеченческие индикативные сигналы.

Сформированный формализованный корпус обращений используется не только для экспериментальной проверки разработанного метода, но и как основа для мониторинга транспортной ситуации. Он позволяет выявлять пространственные кластеры проблем, анализировать временную динамику обращений и формировать входные данные для прогнозных и аналитических процедур. Тем самым формализация обращений граждан создаёт необходимый фундамент для реализации гибридной модели интеллектуальной обработки, описываемой в последующих разделах главы.

2.3 Математическая база формализации признаков: функции принадлежности и нечёткий вывод

Результаты формализации обращений граждан, полученные на предыдущем этапе, представляют собой совокупность разнородных признаков, включающих вероятностные оценки тематической принадлежности, показатели эмоциональной окраски, пространственно-временные характеристики и агрегированные статистические параметры. Несмотря на количественную форму представления, данные признаки отражают субъективные и контекстно обусловленные оценки, связанные с пользовательским восприятием транспортной ситуации, включая ощущение безопасности, значимости и срочности проблемы. Это обуславливает необходимость применения математического аппарата, способного обеспечить корректный переход от таких признаков к управлеченчески значимым показателям.

В настоящем исследовании нечёткая логика применяется как специализированный интерпретационный слой, следующий за этапом вероятностной классификации, функцией которого является формализация перехода от нормализованных признаков обращения к интегральным

индикативным оценкам. Эти оценки количественно отражают степень критичности выявленной проблемы и определяют приоритет управленческого реагирования в контуре ИТС.

Входное пространство нечёткой модели формируется на основе подмножества признаков, полученных в результате классификации и анализа текста. К таким признакам относятся вероятность принадлежности обращения к основной тематической категории, нормированная оценка эмоциональной окраски сообщения и показатель неопределённости текстового описания, связанный с фрагментарностью или неоднозначностью формулировок. Выбор именно этих параметров обусловлен их устойчивостью к шуму и их интерпретируемостью с точки зрения задач управления дорожным движением.

Каждый входной признак сопоставляется с лингвистической переменной, заданной на соответствующем числовом универсуме, в понимании лингвистических переменных как формализованных носителей качественных оценок, значения которых выражаются лингвистическими термами [32]. Для таких переменных определяются термы, отражающие качественные состояния признака, например «низкий», «средний» и «высокий». Формализация лингвистической неопределённости и субъективных оценок, сохраняющихся после этапа вероятностной классификации, осуществляется с помощью аппарата нечётких множеств, широко применяемого при анализе транспортных данных в ИТС [30]. Ключевым шагом является определение функций принадлежности, параметры которых задаются на основе диапазонов изменения объективных признаков и экспертных представлений о границах между качественными уровнями значимости (например, «низкая», «средняя», «высокая» критичность). Применяемый нечёткий метод сохраняет интерпретируемую связь между числовыми оценками и управленческими категориями, что позволяет напрямую использовать результаты обработки в контуре поддержки принятия решений ИТС, в отличие от статистических или вероятностных моделей.

Функции принадлежности в исследовании используются как средство сглаживания резких порогов и учёта переходных состояний, характерных для пользовательских сообщений. Это особенно важно при работе с вероятностными и оценочными показателями, где жёсткое бинарное разделение приводит к потере информации. Выбор конкретного типа функций принадлежности определяется требованиями интерпретируемости и устойчивости модели, а также возможностью последующей адаптации параметров.

Связь между входными лингвистическими переменными и выходным показателем критичности задаётся системой нечётких продукционных правил. Каждое правило отражает обоснованную зависимость между характеристиками обращения и ожидаемой степенью приоритета реагирования. Использование формы «ЕСЛИ – ТО» обеспечивает прозрачность логики вывода и позволяет трактовать результаты модели в терминах, понятных специалистам, принимающим управленческие решения.

Процедура нечёткого вывода включает фаззификацию входных значений, применение системы правил и агрегацию частных выводов в результирующее нечёткое множество выходной переменной. Для получения числовой оценки критичности применяется дефаззификация, позволяющая преобразовать нечёткое представление в скалярный показатель. Полученное значение используется в дальнейшем для ранжирования обращений и формирования очередности реагирования в управленческом контуре ИТС.

Особенностью метода является интеграция нечёткого вывода с результатами машинного обучения. Вероятностные оценки классификационных моделей рассматриваются как входные данные для нечёткого вывода, что позволяет сочетать статистическую устойчивость нейросетевых методов с интерпретируемостью правил. Такой подход обеспечивает согласование формальных вычислительных процедур с экспертными представлениями о значимости транспортных инцидентов.

Таким образом, математическая база нечёткой логики в рамках разработанного метода выполняет функцию семантического адаптера между пространством признаков, сформированным на основе анализа текстов обращений, и управлеченческими индикаторами, используемыми в интеллектуальных транспортных системах. Это создаёт основу для построения гибридных моделей анализа, в которых нечёткий вывод выступает завершающим этапом интерпретации информации и подготовки данных к архитектурно согласованной интеграции в контуры принятия решений.

2.4 Гибридные модели анализа: синтез методов машинного обучения и нечёткой логики

Классификация обращений выполняет семантический анализ, трансформируя неструктурированный текст в управлеченчески значимые сигналы. Она позволяет автоматически отнести каждое сообщение к одной или нескольким категориям транспортных проблем, что делает возможным дальнейший анализ, агрегирование и выработку решений. Обращения отличаются вариативностью стиля, неполнотой и эмоциональной окраской, а также наличием несловарных сокращений, дублирующих формулировок и контекстно зависимых обозначений, что требует специализированных алгоритмов анализа слабоструктурированных текстовых данных, ориентированных на повышение семантической сопоставимости, выявление близких по смыслу обращений и снижение избыточности корпуса [66], при этом потенциальное расширение анализируемого массива за счёт текстовых и мультимедийных данных из открытых цифровых источников позволяет дополнить обращения граждан сведениями о дорожно-транспортных происшествиях, состоянии дорожной инфраструктуры и функционировании общественного транспорта, повышая полноту и информативность аналитического контура ИТС [69].

Ранние подходы к анализу текста основывались на методах статистического анализа текста. Использование модели мешка слов и

взвешивания частот термов по схеме TF-IDF позволяло строить простые векторы признаков, пригодные для подачи в алгоритмы машинного обучения, такие как наивный байесовский классификатор, логистическая регрессия или метод опорных векторов. Эти методы демонстрировали приемлемую точность при обработке больших однородных корпусов, однако плохо справлялись с проблемой полисемии и синонимии, что особенно актуально для русского языка.

С развитием распределённых векторных представлений слов появились модели word2vec и fastText которые учитывают семантические связи: например, слова «яма» и «выбоина» оказываются в близких областях векторного пространства. Это существенно повысило качество классификации, особенно при работе с небольшими корпусами, где недостаточно данных для статистической устойчивости.

Переход к контекстным языковым моделям на основе архитектуры трансформеров (BERT и его модификации) стал новым этапом в задачах классификации текста. Для русского языка созданы модели RuBERT, DeepPavlov, способные учитывать не только семантику отдельного слова, но и контекст, в котором оно употребляется. При анализе обращений граждан это имеет принципиальное значение: словосочетание «затруднено движение» в одном контексте может указывать на временные пробки в часы пик, а в другом – на систематическую перегрузку участка. Контекстные модели позволяют различать эти случаи и относить обращения к разным категориям.

Классификация обращений, как правило, строится по иерархической схеме. Сначала определяется общий тип проблемы: покрытие, организация движения, светофоры, пешеходная безопасность, парковка, транспорт. Затем уточняется подкатегория, например: пробки, схема разворота, разметка. Такая архитектура обеспечивает баланс между общностью и детализацией.

Для повышения качества классификации используются методы балансировки выборки. Обращения распределены неравномерно: преобладают жалобы на ямы и пробки, тогда как сообщения о проблемах

велосипедной инфраструктуры встречаются редко. Небалансированность приводит к смещению алгоритма в сторону доминирующих классов. Применение методов oversampling (например, SMOTE) и взвешивания ошибок позволяет компенсировать этот эффект и повысить чувствительность к малочисленным категориям.

В экспериментальной части для повышения устойчивости классификации использованы ансамблевые методы, объединяющие градиентный бустинг, нейросети и линейные классификаторы. Такая комбинация позволяет совмещать интерпретируемость простых моделей с высокой точностью глубоких архитектур.

Важным компонентом алгоритмов классификации является механизм объяснения результата. Для органов власти важна не только автоматическая метка категории, но и прозрачность процесса принятия решения [61]. Методы интерпретации, такие как LIME и SHAP, дают возможность выявить слова и фразы, которые оказали решающее влияние на классификацию. Это позволяет верифицировать модель и повысить доверие к её выводам.

Сообщения различаются по степени достоверности: одни содержат точные указания, другие – эмоциональные формулировки. Для их интерпретации используется нечёткая логика, преобразующая вероятностные оценки классификатора в интервальные показатели достоверности. Это обеспечивает более гибкое управление информацией и исключает жёсткое деление на «истина–ложь».

Наконец, практическая ценность классификации возрастает при её интеграции с геоинформационными системами. Каждое обращение после категоризации может быть нанесено на карту с указанием типа проблемы. Визуализация плотности обращений позволяет выявлять пространственные кластеры, что существенно облегчает процесс принятия решений. Таким образом, классификация выполняет функцию связующего звена между текстовым анализом и пространственно-временной агрегацией данных.

Алгоритмы классификации обращений граждан составляют ключевой компонент предлагаемой модели. Достоверность и устойчивость их работы определяют возможность практического внедрения результатов в контур поддержки принятия решений ИТС. Рассмотрение классификации как элемента интеллектуального управления согласуется с современными представлениями об интеллектуализации транспортных систем, в рамках которых обработка разнородных данных, формирование знаний и поддержка управленческих решений трактуются как взаимосвязанные элементы единой интеллектуальной транспортной системы [87]. В качестве реализации классификатора в экспериментальной части используется контекстная языковая модель RuBERT, выбор которой обусловлен её способностью учитывать семантические и синтаксические особенности русского языка, а также устойчивостью к вариативности формулировок и разговорной лексике, характерной для пользовательских обращений. Применение данной модели позволяет преодолеть барьеры, связанные с субъективностью и неформализованностью исходных данных, трансформируя поток обращений в структурированный информационный ресурс, пригодный для автоматизированного анализа.

2.5 Архитектура модели интеллектуальной обработки слабоструктурированных социальных данных

Для реализации задачи разработана архитектура метода интеллектуальной обработки слабоструктурированных социальных данных, в рамках которой реализуется гибридная модель анализа и интерпретации пользовательских сообщений (Рисунок 3).

Архитектура отражает логическую и функциональную структуру разработанного метода интеллектуальной обработки, задаёт общую схему реализации гибридной модели анализа и интерпретации данных и описывает последовательность преобразования исходного корпуса сообщений D в множество формализованных индикативных управленческих сигналов S ,

соответствующих общему отображению метода $\mathcal{F}: D \rightarrow S$, определяющему переход от корпуса сообщений к формализованным индикативным сигналам.

Необходимость разработки специализированной архитектуры обусловлена совокупностью факторов, характерных для пользовательских сообщений: статистической вариативностью формулировок, лингвистической неопределенностью текстовых описаний, фрагментарностью пространственно-временных указаний и неоднородной управлеченческой значимостью выявляемых событий. Указанные особенности исключают возможность прямого использования результатов вероятностного анализа без дополнительного интерпретационного слоя, обеспечивающего согласование вычислительных оценок с экспертными категориями приоритизации.

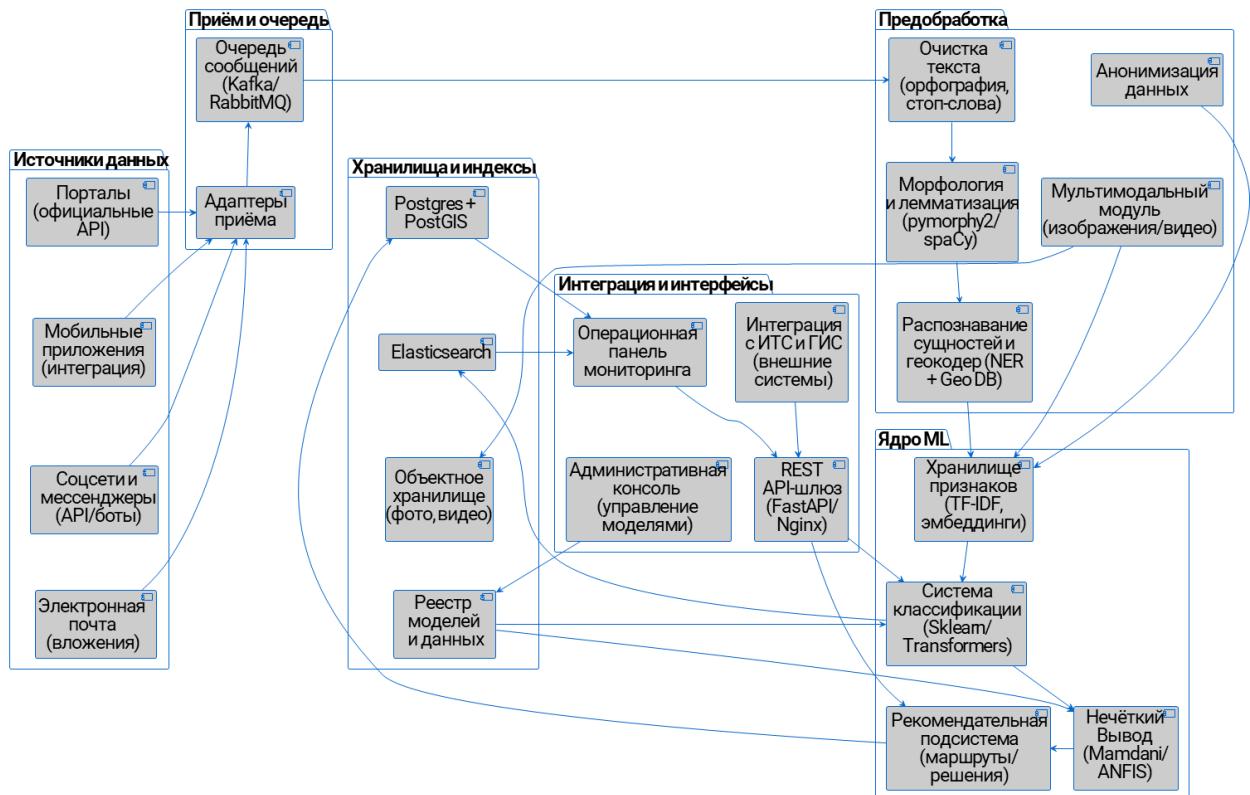


Рисунок 3 – Архитектура метода интеллектуальной обработки и интерпретации слабоструктурированных социальных данных

Представленная архитектура является сервисно-ориентированной и имеет многоуровневую конвейерную организацию, построенную по модульному принципу. Она описывает методологическую и функциональную организацию гибридной модели анализа и интерпретации данных и не

фиксирует конкретные программно-технические решения, связанные с реализацией системы, что соответствует современным тенденциям развития архитектуры интеллектуальных транспортных систем, ориентированным на использование интеграционных платформ, эволюционное обновление архитектурных компонентов и разделение функций управления идентификацией цифровых объектов и структурами их данных в различных контурах обработки информации [53].

В общем виде входной поток данных задаётся в виде множества пользовательских сообщений, поступающих из разнородных цифровых каналов обратной связи и характеризующихся слабоструктурированной текстовой и мультимодальной формой представления. Архитектура модели обеспечивает их последовательную трансформацию в формализованные индикативные управленческие сигналы, используемые на этапе предварительной приоритизации инцидентов и информационной поддержки управленческих решений в ИТС.

С функциональной точки зрения архитектура включает несколько взаимосвязанных уровней. На уровне источников данных и приёма осуществляется интеграция с различными цифровыми каналами поступления сообщений. Для обеспечения устойчивости обработки и унификации форматов входной информации данный уровень реализует буферизацию и первичную адаптацию данных, не затрагивая их семантическую интерпретацию, что соответствует архитектурным принципам когнитивных вычислительных систем, ориентированных на работу с разнородными информационными потоками. Уровень хранения и управления данными обеспечивает разделение сырых и обработанных данных, а также поддержку полнотекстового и пространственного доступа к результатам анализа, формируя основу ситуационной осведомлённости и последующей интеллектуальной поддержки принятия решений в ИТС.

Центральным элементом архитектуры является аналитическое ядро, реализующее гибридную модель интеллектуальной обработки. Первый

уровень гибридной архитектуры соответствует этапу машинного анализа входного потока обращений и формированию вероятностного представления сообщений. На данном уровне выполняются процедуры лингвистической нормализации, извлечения семантических признаков и тематической классификации пользовательских сообщений. Результатом обработки каждого сообщения d_i является вероятностный вектор тематической принадлежности, отражающий распределение апостериорных вероятностей по множеству категорий:

$$p(d_i) = (p_1(d_i), p_2(d_i), \dots, p_K(d_i)), p_k(d_i) \in [0,1], \sum_{k=1}^K p_k(d_i) = 1, \quad (9)$$

где $p_k(d_i)$ отражает вероятность отнесения сообщения к k -й категории проблем транспортной инфраструктуры, а сумма значений по всем категориям равна единице. Это позволяет интерпретировать выход классификатора как вероятностное распределение тематической принадлежности сообщения и использовать полученные оценки в качестве входных параметров интерпретационного слоя нечёткого вывода. В рамках реализации метода используется классификация, при которой каждому сообщению сопоставляется одна доминирующая тематическая категория, соответствующая максимальному значению апостериорной вероятности. Такой подход обеспечивает однозначность интерпретации результатов и согласуется с задачей последующей приоритизации обращений. Основная тематическая категория сообщения определяется по правилу максимальной апостериорной вероятности:

$$c_i = \arg \max_k p_k(d_i) \quad (10)$$

Выбранная категория используется для формирования индикативного управлеченческого сигнала и используется в качестве одного из входных параметров интерпретационного слоя нечёткого вывода.

Возможность расширения метода до многометочной классификации, при которой одному сообщению может соответствовать несколько категорий, не исключается, однако рассматривается как направление дальнейших

исследований и не влияет на структуру интерпретационного слоя нечёткого вывода.

Дополнительно на данном уровне формируются нормированные показатели эмоциональной окраски и семантической определённости текста, используемые при последующей интерпретации управлеченческой значимости. Первый уровень полностью опирается на методы машинного обучения и статистического анализа и не содержит эвристических правил интерпретации управлеченческой значимости.

Вероятностные оценки, формируемые классификационными моделями, отражают степень уверенности алгоритма в тематической принадлежности сообщения, но не определяют управлеченческую значимость выявленной проблемы. Для поддержки принятия решений в ИТС требуется интерпретация этих оценок с учётом контекстных и субъективных факторов, таких как эмоциональная окраска обращения и неопределённость описания.

Для решения этой задачи в разработанном методе используется аппарат нечёткой логики в качестве интерпретационного слоя. Он обеспечивает переход от вероятностных и оценочных признаков к управлеченчески интерпретируемому показателю критичности.

Второй уровень гибридной архитектуры предназначен для интерпретации вероятностных и оценочных признаков в терминах управлеченческой значимости. Входное пространство нечёткого вывода формируется на основе подмножества признаков, полученных на предыдущих этапах анализа. Для каждого сообщения d_i формируется входной вектор:

$$z_i = (p_{c_i}(d_i), e_i, u_i), \quad (11)$$

где $p_{c_i}(d_i)$ – апостериорная вероятность основной тематической категории;

e_i – нормированная оценка эмоциональной окраски сообщения;

u_i – показатель неопределённости текстового описания.

Выбор указанных признаков обусловлен тем, что они отражают как объективные характеристики результата классификации, так и субъективные аспекты пользовательского восприятия проблемы, которые не поддаются

однозначной интерпретации средствами детерминированной или бинарной логики.

Каждому компоненту входного вектора сопоставляется лингвистическая переменная, заданная на соответствующем числовом универсуме. Для каждой лингвистической переменной определяются термы, отражающие качественные уровни выраженности признака, например «низкий», «средний» и «высокий».

В качестве функций принадлежности используются простые параметризуемые функции (треугольные и трапециевидные), обеспечивающие интерпретируемость результатов и устойчивость модели к вариативности входных данных. Параметры функций принадлежности задаются на основе анализа распределений признаков и экспертных представлений о границах между уровнями управлеченческой значимости.

Связь между входными лингвистическими переменными и выходным показателем критичности задаётся системой нечётких производственных правил вида «ЕСЛИ – ТО». Каждое правило формализует зависимость между характеристиками обращения и ожидаемым уровнем приоритета реагирования, отражая экспертные представления о значимости транспортных инцидентов. Так, при высокой вероятности категории, высокой эмоциональной окраске и низкой определённости описания правило может задавать высокий уровень критичности, требующий первоочередного внимания оператора.

Результаты применения системы нечётких производственных правил агрегируются в нечёткое множество выходной переменной «kritичность». Для получения числовой оценки используется процедура дефазификации по методу центра тяжести, обеспечивающая переход от нечёткого представления к скалярному показателю:

$$R_i = \mathcal{G}(z_i), \quad (12)$$

где \mathcal{G} – оператор нечёткого вывода, реализующий интерпретацию вероятностных и оценочных признаков.

Полученное значение $R_i \in [0,1]$ интерпретируется как относительный индикативный показатель критичности обращения в рамках текущего множества сообщений. Этот показатель не является управленческим решением и не определяет конкретных мер реагирования, а используется исключительно для упорядочивания обращений по степени приоритета при последующей обработке в контуре поддержки принятия решений ИТС.

Методологически интерпретационный слой нечёткого вывода не зависит от конкретной реализации классификационных моделей. На вход нечёткого вывода поступают нормализованные вероятностные и оценочные признаки, формируемые на предыдущем этапе анализа, что позволяет использовать различные алгоритмы машинного обучения без изменения структуры системы нечётких правил.

Таким образом, модификация или замена классификационного компонента, включая использование иных языковых моделей или архитектур, не требует пересмотра интерпретационного слоя и не нарушает целостность разработанного метода. Данное разделение обеспечивает устойчивость метода к эволюции алгоритмов машинного обучения и изменению языковых форм пользовательских сообщений, что является критически важным для долгосрочного применения метода в условиях эксплуатации интеллектуальных транспортных систем.

Выходом гибридной модели является формализованный индикативный управленческий сигнал s_i , включающий категорию проблемы, пространственно-временную привязку, интегральную оценку критичности и справочную рекомендацию. Указанные сигналы имеют индикативный характер, не заменяют регламентных управленческих решений.

Использование скалярного показателя критичности позволяет сопоставлять обращения между собой, выполнять их ранжирование и интегрировать результаты анализа в существующие сервисно-ориентированные контуры ИТС, ориентированные на обработку числовых индикаторов.

Результаты обработки передаются на уровень представления и интеграции, где они становятся доступными через стандартизованные интерфейсы для подсистем мониторинга, диспетчеризации и поддержки принятия решений ИТС. Архитектура модели допускает использование формализованных сигналов в различных доменах ИТС, включая безопасность, управление дорожным движением и информирование пользователей, без изменения действующих регламентов функционирования системы.

Для формирования очередности реагирования используется агрегированный приоритет:

$$\pi(d_i) = R_i \cdot w_{c_i}, \quad (13)$$

Где w_{c_i} – вес категории проблемы.

Весовые коэффициенты w_{c_i} задаются экспертно с учётом требований безопасности и устойчивости транспортной системы.

В прикладных сценариях значение R_i может использоваться совместно с весовыми коэффициентами категорий для формирования агрегированного приоритета обработки обращений, что позволяет учитывать доменную значимость отдельных типов транспортных проблем. Формализация данного механизма не входит в рамки настоящей главы и рассматривается на уровне архитектурной интеграции.

Предложенный метод реализуется в виде сквозного логического конвейера обработки данных, отражающего последовательность функциональных этапов метода – от приёма слабоструктурированных пользовательских сообщений до генерации формализованных индикативных сигналов для контура поддержки принятия решений ИТС. Функциональная декомпозиция архитектуры метода (Рисунок 4) фиксирует ключевые компоненты и их взаимодействия без привязки к конкретным программным решениям или инфраструктуре развёртывания. Данное представление обеспечивает методологическую прозрачность, расширяемость и независимость этапов анализа, создавая основу для практической реализации,

экспериментальной апробации и количественной оценки эффективности метода в составе интеллектуальных транспортных систем.

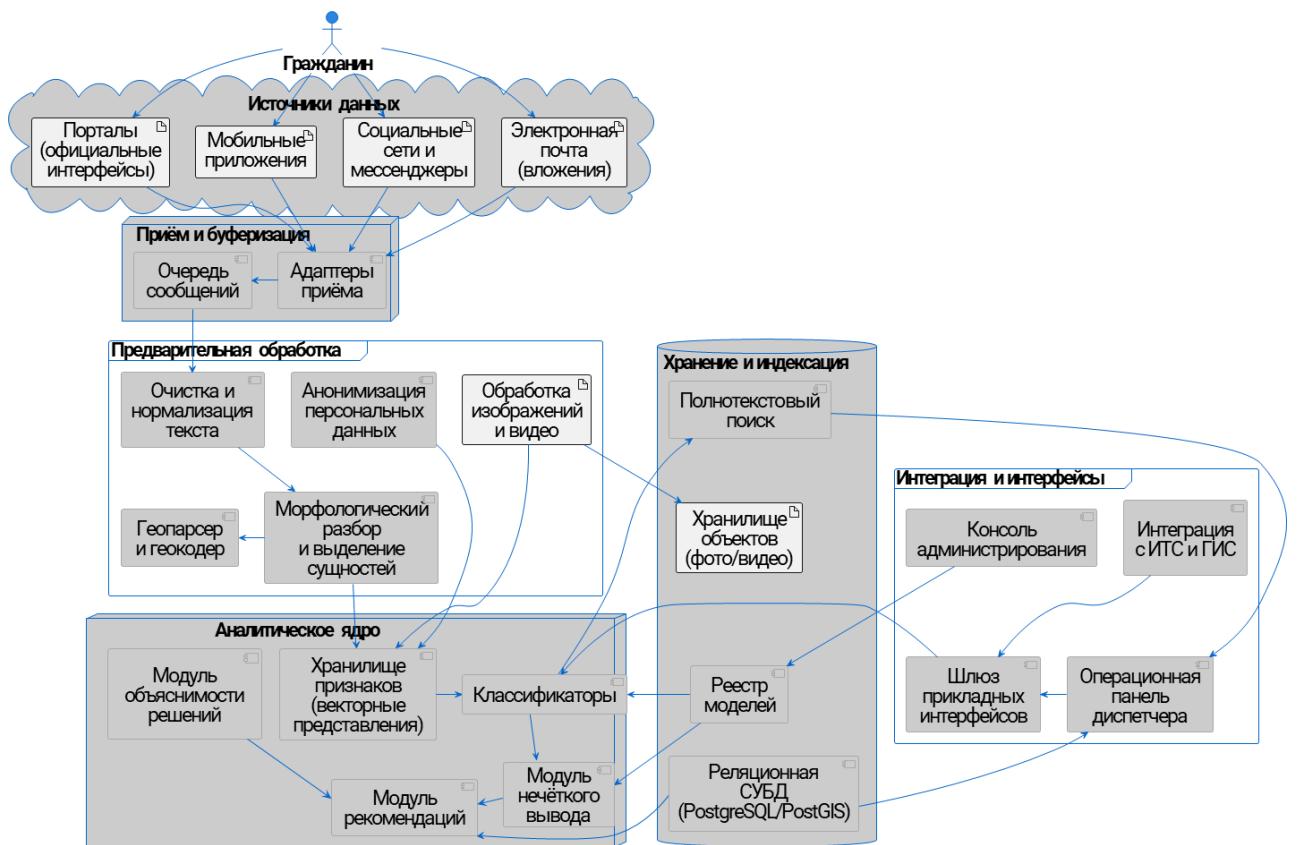


Рисунок 4 – Функциональная структура конвейера интеллектуальной обработки слабоструктурированных социальных данных

Начальный этап обработки соответствует уровню источников данных и приёма и включает консолидацию пользовательских сообщений, поступающих через разнородные цифровые каналы обратной связи. На данном этапе обеспечивается унификация форматов входной информации, её буферизация и первичная адаптация, что позволяет рассматривать дальнейшую обработку сообщений в рамках единой внутренней модели данных независимо от канала их поступления.

Следующий функциональный уровень соответствует этапу предобработки и обогащения данных. На этом уровне реализуются процедуры очистки и нормализации текста, анонимизации персональных данных, обработки мультимодальных вложений, а также лингвистический анализ с выделением смысловых сущностей и пространственной привязкой. Результаты предобработки формируют основу для последующего машинного

анализа и обеспечивают сопоставимость сообщений, отличающихся по стилю, полноте и форме представления.

Центральным элементом архитектуры метода является аналитическое ядро, в рамках которого реализуется гибридная модель интеллектуальной обработки. Аналитическое ядро включает классификационные модели, формирующие вероятностное представление тематической принадлежности сообщений, и модуль нечёткого вывода, выполняющий интерпретацию вероятностных и оценочных признаков в управленчески значимые показатели. Здесь же формируются предварительные рекомендации справочного характера, основанные на результатах классификации и оценке критичности, которые используются для поддержки управленческих решений и не подменяют регламентные процедуры реагирования.

Для обеспечения воспроизводимости и устойчивости анализа в архитектуре метода предусматривается логическое разделение данных, признаков и моделей. Это позволяет рассматривать процесс обучения, эксплуатации и адаптации моделей как независимые этапы, не влияющие на структуру интерпретационного слоя и систему правил нечёткого вывода. Дополнительно в архитектуре метода предусмотрены механизмы интерпретируемости результатов, обеспечивающие возможность объяснения полученных оценок критичности и их валидации экспертами.

Завершающий функциональный уровень архитектуры соответствует этапу представления и интеграции результатов. На данном уровне формализованные индикативные управленческие сигналы становятся доступными для визуализации и последующего использования во внешних контурах управления. Архитектура метода допускает передачу результатов обработки через стандартизированные интерфейсы в подсистемы ИТС и геоинформационные сервисы, что обеспечивает интеграцию социальных данных в контур управления без изменения действующих регламентов функционирования ИТС.

Существенным преимуществом предложенной архитектуры является возможность независимой адаптации её компонентов. Обновление моделей машинного обучения осуществляется на основе накопления новых данных без изменения логики нечёткого вывода, тогда как корректировка правил и параметров функций принадлежности выполняется с учётом экспертных оценок и анализа ретроспективных данных. Такой подход обеспечивает гибкость архитектуры и снижает риск деградации качества анализа при изменении условий функционирования транспортной системы.

Таким образом, разработанная архитектура гибридной модели формализует сквозной процесс преобразования слабоструктурированных пользовательских сообщений в управленически значимые индикативные сигналы. Её построение на основе функциональных уровней обеспечивает методологическую прозрачность и независимость этапов анализа, создавая основу для расширения и адаптации метода. Данная архитектура обеспечивает методологически обоснованное и интерпретируемое преобразование данных и их архитектурно согласованную интеграцию в контур ИТС для повышения оперативности и обоснованности управленических решений.

2.6 Метрики качества и оценка эффективности метода

Оценка качества разработанного метода проводится на основе количественных показателей, подтверждающих корректность выбранных алгоритмических решений и их применимость для поддержки управленических решений в ИТС. Выбор метрик определяется спецификой обрабатываемых данных, характером классификационных задач и требованиями к устойчивости и воспроизводимости результатов в условиях дисбаланса и неопределённости, с учётом общих требований к оценке качества систем ИИ, включая воспроизводимость результатов и корректность тестирования на заданных наборах входных и выходных данных. [9, 89].

В рамках настоящего исследования ключевое значение придаётся корректной тематической классификации обращений граждан, поскольку она

является необходимым условием для последующей содержательной интерпретации и приоритизации проблем. Ошибки классификации обладают различной управленческой значимостью: пропуск сообщения о локальном дефекте может иметь ограниченные последствия, тогда как неверная интерпретация потенциально опасной ситуации способна привести к росту рисков и снижению эффективности реагирования. В связи с этим количественная оценка качества в работе проводится на уровне классификационного компонента гибридной модели и должна учитывать не только общую долю верных предсказаний, но и характер допущенных ошибок, особенно критичных с точки зрения безопасности дорожного движения.

Для формального описания результатов классификации используется матрица ошибок, основанная на четырёх исходах: истинно положительные (True Positive, TP), истинно отрицательные (True Negative, TN), ложноположительные (False Positive, FP) и ложноотрицательные (False Negative, FN). На основе этих данных строится матрица ошибок, представляющая собой компактную форму фиксации исходов классификации, в которой строки соответствуют фактическим классам обращений, а столбцы – результатам классификации (Таблица 3).

Таблица 3 – Матрица ошибок бинарной классификации

Фактический класс / Предсказанный класс	Предсказан как «Положительный»	Предсказан как «Отрицательный»
Фактически «Положительный»	TP (Истинно положительный)	FN (Ложноотрицательный)
Фактически «Отрицательный»	FP (Ложноположительный)	TN (Истинно отрицательный)

Анализ структуры матрицы ошибок позволяет выявлять систематические смещения модели, связанные с переоценкой или недооценкой отдельных категорий обращений, и служит основой для дальнейшей настройки параметров алгоритмов. Ошибки типа FN рассматриваются как более критичные в задачах, связанных с безопасностью дорожного движения.

В условиях многоклассовой классификации, характерной для задач транспортной аналитики, применяются агрегированные показатели качества. Макроусреднение обеспечивает равный вклад всех категорий и позволяет оценить способность модели корректно работать с редкими, но значимыми типами проблем. Микроусреднение, напротив, отражает общую эффективность классификации с учётом фактического распределения классов и используется для анализа поведения модели на массовых категориях обращений. Совместное использование этих подходов способствует получению сбалансированной оценки качества.

В качестве основных показателей качества в рассматриваемой задаче являются метрики точности (Precision) и полноты (Recall) и их гармоническое среднее (F1). Точность характеризует долю корректно идентифицированных обращений среди всех сообщений, отнесённых моделью к соответствующей категории:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (14)$$

Высокое значение данной метрики свидетельствует о надёжности классификации и снижает вероятность избыточных управленческих действий, вызванных ложными срабатываниями. Полнота отражает способность модели выявлять максимально возможное число релевантных обращений:

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (15)$$

Низкие значения полноты указывают на риск пропуска значимых сигналов, что недопустимо при анализе обращений, связанных с безопасностью дорожного движения и эксплуатационными инцидентами.

Для комплексной оценки качества классификации используется F1, представляющая собой гармоническое среднее между точностью и полнотой:

$$F1 = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (16)$$

Данный показатель обеспечивает сбалансированную оценку, одновременно учитывая риски ложноположительных и ложноотрицательных

ошибок. При работе со слабоструктуризованными и неравномерно распределёнными данными F1 служит более надёжной и комплексной метрикой эффективности классификации, чем точность или полнота по отдельности, поскольку целенаправленно минимизирует последствия дисбаланса классов.

В рассматриваемой задаче приоритет отдается метрикам, ориентированным на фиксированные сценарии принятия решений и отражающим баланс между ошибками пропуска и ложными срабатываниями. В связи с этим основное внимание уделяется показателям точности, полноты и их гармоническому сочетанию, а также анализу матрицы ошибок при выбранных порогах классификации. Такой подход позволяет оценивать качество модели в условиях, максимально приближенных к реальным управлеченческим сценариям, и учитывать асимметрию последствий различных типов ошибок.

Особое внимание уделяется выбору порогов принятия решений, поскольку нейросетевые модели формируют вероятностные оценки принадлежности сообщений к категориям. Изменение порога позволяет варьировать соотношение между точностью и полнотой в зависимости от управлеченческих приоритетов. В задачах, где недопустим пропуск критически важных обращений, предпочтение отдаётся повышению полноты, тогда как при оптимизации нагрузки на службы реагирования акцент смещается в сторону повышения точности. Подбор порогов осуществляется экспериментально с учётом сценариев практического применения.

Оценка качества нечёткого вывода в терминах стандартных метрик классификации не является корректной, поскольку выходом интерпретационного слоя является непрерывный индикативный показатель, используемый для ранжирования обращений, а не для дискретного принятия решений. В рамках данной работы корректность нечёткого вывода оценивается косвенно – через устойчивость ранжирования и согласованность

полученных приоритетов с экспертными представлениями, что рассматривается на уровне экспериментальной апробации.

Таким образом, метрики классификации используются как промежуточные показатели, влияющие на корректность ранжирования обращений и, в конечном счёте, длительность управленческого цикла. Совокупность используемых метрик формирует комплексную систему оценки эффективности разработанного метода, позволяющую сопоставлять различные алгоритмические решения, анализировать вклад отдельных компонентов гибридной модели и интерпретировать полученные результаты в контексте социально-экономической эффективности ИТС, включая влияние на пропускную способность, аварийность и использование управленческих ресурсов [18]. Она позволяет обосновывать целесообразность применения методов машинного обучения в сочетании с нечёткой логикой. В рамках диссертационного исследования данные метрики используются для проверки выдвинутой гипотезы и подтверждения практической эффективности.

2.7 Выводы по главе

В главе сформулирован и formalизован метод интеллектуальной обработки слабоструктурированных социальных данных для решения задач поддержки управленческих решений в ИТС на основе обращений граждан. Постановка задачи позволила уточнить объект и предмет исследования и обосновать гипотезу о возможности преобразования неформализованных текстовых сообщений в formalизованные индикативные сигналы, пригодные для автоматизированной обработки. Рассмотрение метода в контексте социальных эффектов позволяет трактовать интеллектуальную обработку обращений граждан не как самоцель, а как инструмент повышения обоснованности и своевременности управленческих решений в ИТС.

Показано, что анализ обращений граждан требует сочетания методов машинного обучения и аппарата нечёткой логики. Методы обработки естественного языка и классификации обеспечивают извлечение

семантических признаков, тематическую идентификацию сообщений, а также формирование вероятностных оценок, отражающих структуру и содержание пользовательских данных. Нечёткий вывод используется как интерпретационный слой, преобразующий вероятностные оценки классификатора в управленчески интерпретируемый показатель критичности. Этот показатель, формализуемый через систему нечётких правил и функций принадлежности (например, «низкая», «средняя», «высокая» критичность), служит основой для автоматического ранжирования проблем при их интеграции в управленческий контур ИТС.

Разработанная гибридная модель характеризуется функциональным разделением этапов анализа и обеспечивает согласование статистической адаптивности методов машинного обучения с интерпретируемостью нечёткого вывода. Архитектурное представление модели допускает независимую настройку и развитие её компонентов, что повышает устойчивость метода к изменению структуры данных и вариативности языковых форм пользовательских обращений и соответствует комплексным подходам интеллектуализации транспортных систем, ориентированным на автоматизацию отдельных функций транспортного комплекса и выявление резервов управления мобильностью [91].

Определён и обоснован набор метрик качества, включающий показатели точности, полноты и их гармоническое сочетание, а также анализ структуры ошибок классификации. Выбранные показатели ориентированы на оценку эффективности метода в условиях несбалансированности данных и асимметрии управленческих последствий различных типов ошибок, что соответствует практическим требованиям задач организации дорожного движения.

Вторая глава сформировала формализованную методическую основу для экспериментальной апробации метода в контуре ИТС. Полученные результаты определяют направление последующего анализа эффективности и практической применимости предложенных решений.

ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ СОЦИАЛЬНЫХ ДАННЫХ

3.1 Корпус пользовательских обращений и источники данных

Экспериментальная оценка разработанного метода проведена на корпусе реальных пользовательских обращений, отобранных с учётом возможности проследить их прохождение в управлении контуре ИТС в пределах установленного регламентного цикла обработки обращений. Использование эмпирических данных позволяет оценить устойчивость и применимость предложенной гибридной модели в условиях функционирования существующего управленического контура и высокой вариативности пользовательских сообщений.

В качестве экспериментальной базы использован корпус, включающий 18 730 сообщений жителей г. Орла, собранных из открытых цифровых каналов обратной связи, допускающих автоматизированный сбор сообщений в исследовательских целях при соблюдении пользовательских соглашений платформ. Источниками данных являлись социальные сети «ВКонтакте» и мессенджер Telegram, где пользователи публикуют сообщения, связанные с состоянием улично-дорожной сети и функционированием транспортной инфраструктуры. Для возможности анализа полного цикла взаимодействия в корпус данных, наряду с обращениями граждан, включены официальные ответы уполномоченных органов. Такая структура данных позволяет оценивать не только качество классификации обращений, но и служит основой для последующего анализа эффективности административных процедур и формирования обратной связи для дообучения моделей [98].

В корпус вошли сообщения, относящиеся к вопросам организации дорожного движения и эксплуатации транспортной инфраструктуры, включая жалобы на состояние дорожного покрытия, работу светофорных объектов, разметку, парковку, безопасность пешеходных переходов и перегруженность

улично-дорожной сети. Использование неформализованных источников наряду с официальными обращениями обеспечивает охват широкого спектра пользовательских формулировок – от кратких сигналов о локальных дефектах до развернутых описаний проблем с выраженной эмоциональной оценкой.

Сбор данных осуществлялся в автоматизированном режиме с последующей фильтрацией по управлеченческой релевантности с применением инструментов выгрузки сообщений по ключевым словам и географическим признакам. Для каждого сообщения фиксировались текст, временная метка, источник и, при наличии, пространственная привязка. Ответы органов власти сопоставлялись с исходными обращениями, что позволяло прослеживать прохождение сигнала в управлеченческом контуре и использовать данные для последующего анализа эффективности реагирования.

Все данные прошли процедуру анонимизации с удалением или обобщением персональных идентификаторов (имена, никнеймы, контактные данные), гарантировав соответствие требованиям законодательства, исключив возможность обратной идентификации авторов сообщений и позволив использовать корпус исключительно в исследовательских целях.

Структурный анализ корпуса показал, что большинство сообщений представляют собой короткие тексты, содержащие одно–два предложения, с высокой плотностью смысловой информации. Наряду с этим в корпусе присутствуют более развернутые обращения, включающие субъективные оценки, указания на повторяемость проблемы и ссылки на ранее направленные сообщения. Средняя длина обращения составляет около 20 слов, что подтверждает слабоструктурированный характер текстовых данных.

Распределение сообщений по тематическим категориям носит выраженно неравномерный характер. Наибольшую долю составляют обращения, связанные с состоянием дорожного покрытия и заторами движения. Реже встречаются сообщения о нарушениях разметки, парковке и работе общественного транспорта. Такая асимметрия категорий

обуславливает необходимость применения специальных методов обучения и оценки качества классификационных моделей.

Корпус данных использовался для обучения, тестирования и валидации разработанного метода интеллектуальной обработки обращений граждан. Он служит эмпирической основой для экспериментальной проверки выдвинутой гипотезы и последующего сравнительного анализа эффективности гибридной модели по отношению к базовым подходам.

3.2 Конвейер предобработки и подготовки данных

Эффективность интеллектуальной обработки обращений граждан в значительной степени определяется качеством подготовки исходного корпуса. Пользовательские сообщения, поступающие через цифровые каналы обратной связи, характеризуются высокой неоднородностью по структуре, стилю и степени формализации. В них сочетаются содержательные описания транспортных проблем, эмоционально окрашенные оценки, языковые ошибки и фрагменты, не имеющие аналитической ценности. Цель предобработки заключается в устраниении факторов, увеличивающих время первичной интерпретации, тематической идентификации и маршрутизации обращений (орфографические ошибки, нестандартные сокращения, избыточные данные). Их очистка, нормализация и структурирование обеспечивают корректное извлечение признаков и устойчивую работу последующих аналитических модулей, что снижает долю ручной интерпретации и повторной маршрутизации обращений в общем цикле обработки.

Первоначальный этап обработки включает фильтрацию сообщений, не влияющих на принятие управленческих решений. Из корпуса исключаются обращения, не относящиеся к сфере организации дорожного движения и транспортной инфраструктуры, включая сообщения коммунального, бытового или социального характера. Фильтрация осуществляется на основе автоматической тематической идентификации с использованием ключевых слов и правил, после чего результаты выборочно проверяются вручную. Такой

подход позволяет сократить долю шумовых данных без искажения структуры тематически значимых обращений.

Следующий этап включает очистку текстов. В исходных сообщениях часто присутствуют орфографические ошибки, повторяющиеся символы, элементы интернет-разметки, эмодзи, гиперссылки и служебные обозначения, характерные для социальных сетей. Эти элементы не несут полезной семантической нагрузки и затрудняют корректное формирование признакового пространства. Для их устранения применяются алгоритмы автоматической коррекции правописания, основанные на словарях русского языка и статистических моделях, а также правила удаления нерелевантных символов и шаблонных фрагментов, включая специализированные процедуры обработки несловарных и контекстно-зависимых сокращений, характерных для пользовательских текстов, и алгоритмы выявления семантически близких и дублирующих сообщений, что повышает качество очистки корпуса и снижает избыточность данных на этапе предобработки [66].

Очистка текста дополняется обработкой стоп-слов, исключаемыми с учётом их влияния на приоритизацию обращений. Из обращения удаляются наиболее частотные служебные слова и стандартные формулы, не влияющие на описание транспортной ситуации. При этом исключение выполняется избирательно, поскольку часть функциональных слов может участвовать в формировании эмоциональной окраски сообщения и использоваться на последующих этапах анализа.

Ключевым этапом предобработки является лингвистическая нормализация, обеспечивающая сопоставимость обращений при их автоматической приоритизации. Для русского языка, обладающего развитой морфологией, выполняется лемматизация — приведение словоформ к начальной форме. Эта процедура сокращает размерность признакового пространства и устраняет вариативность, обусловленную использованием разных грамматических форм одного понятия. Дополнительно используется

морфологический разбор, позволяющий учитьвать часть речи и грамматические характеристики слов при построении признаков.

Отдельное внимание уделяется унификации именованных сущностей. В пользовательских обращениях географические объекты и элементы инфраструктуры могут упоминаться в различных вариантах написания. Для корректной обработки такие упоминания приводятся к единому нормативному виду с использованием справочников топонимов и специализированных алгоритмов сопоставления. При наличии достаточной информации выполняется геокодирование, позволяющее связать текстовое описание с пространственными координатами, при этом в качестве дополнительного источника пространственно-временных признаков могут использоваться метаданные, извлекаемые из пользовательского контента, включая временные отметки и геолокацию, а также результаты анализа мультимедийных материалов, что соответствует современным подходам к извлечению информации из социальных сетей для интеллектуальных транспортных систем с применением методов обработки естественного языка и технологий глубокого обучения [71].

После нормализации выполняется токенизация текста – разбиение на минимальные аналитические единицы. В качестве базового уровня используется токенизация по словам с учётом пунктуации. При необходимости формируются биграммы и триграммы для учёта устойчивых словосочетаний, характерных для предметной области, таких как «пешеходный переход», «не работает светофор», «разбитое покрытие».

Результатом предобработки является унифицированный корпус, в котором каждое обращение представлено в виде очищенного и нормализованного текста, дополненного метаданными источника, временной и, при возможности, пространственной привязки. Такое представление обеспечивает воспроизводимость экспериментов, устойчивость классификационных моделей и корректную интеграцию данных в гибридную архитектуру анализа.

Реализованный конвейер предобработки создаёт необходимые условия для последующих этапов экспериментального исследования, снижает влияние шумовых факторов и обеспечивает сопоставимость результатов при сравнении различных алгоритмических решений.

3.3 Протокол и условия вычислительного эксперимента

Для корректной оценки эффективности методов интеллектуальной обработки обращений граждан необходим формализованный протокол вычислительного эксперимента. Такой протокол должен гарантировать фиксацию изменений длительности ключевых этапов управленческого цикла: первичной интерпретации, маршрутизации и предварительной приоритизации. Сравнение этих временных характеристик при использовании гибридной модели и традиционной регламентной процедуры служит основой для количественного сопоставления длительности отдельных этапов управленческого цикла при использовании гибридной модели и регламентной процедуры. Сокращение времени реакции позволяет снижать перегрузки, уменьшать задержки и предупреждать потенциально опасные ситуации на улично-дорожной сети за счёт оперативного информирования и управления движением в составе ИТС [70]. Ключевым элементом такой экспериментальной постановки выступает репрезентативный аннотированный корпус данных, в котором каждому обращению сопоставлены тематические и дополнительные аналитические признаки, необходимые для объективного сопоставления.

Формирование обучающей базы данных началось с разработки схемы категориальной аннотации, которая обеспечивает охват основных проблем транспортной инфраструктуры без избыточной детализации. В основу схемы были положены наиболее часто встречающиеся классы обращений, связанные с состоянием дорожного покрытия, функционированием светофорных объектов, организацией пешеходных переходов, наличием и качеством разметки, вопросами парковки, перегруженностью улично-дорожной сети,

безопасностью движения и работой общественного транспорта, при этом выделение и детализация категории обращений, связанных с функционированием общественного транспорта, обоснованы значимостью пассажирских потоков для обеспечения безопасности и пропускной способности улично-дорожной сети, а также необходимостью учёта неравномерностей пассажиропотоков и факторов маршрутной организации при принятии управленческих решений в условиях перспективного развития города [78]. Каждая категория была уточнена до уровня типовых проблем, что обеспечивало возможность детализированного анализа без нарушения целостности классификационной модели.

Дополнительным измерением аннотации выступил уровень критичности обращения, напрямую влияющий на очередность управленческой обработки. Он отражает потенциальную опасность ситуации и срочность управленческого реагирования. Для его фиксации использовалась трёхуровневая шкала (низкий, средний, высокий), достаточная для задач предварительной приоритизации и согласованная с последующей интерпретацией в нечётком выводе. Необходимость выделения таких обращений в отдельную группу обусловлена тем, что влияние инфраструктурных изменений на аварийность не является однозначным и в ряде случаев требует дополнительных мер по предупреждению ДТП, особенно при изменении параметров проезжей части и росте интенсивности движения, что подтверждается результатами статистического анализа динамики аварийности [81]. Такой подход позволяет впоследствии проводить приоритизацию обращений в управленческом контуре.

Отдельно фиксировалась тональность текста обращения. Несмотря на преобладание негативной окраски, характерной для жанра жалобы, в корпусе присутствуют нейтральные и положительные сообщения, связанные, в частности, с оценкой выполненных работ. Аннотация тональности («негативная», «нейтральная», «позитивная») использовалась как

дополнительный аналитический признак и применялась при настройке гибридной модели оценки критичности.

Важным компонентом аннотации стало выделение пространственных и временных характеристик. Географические сущности (улицы, перекрёстки, остановки, ориентиры) и временные указания («по утрам», «каждый день», «после дождя») подвергались обязательной проверке и уточнению, так как их корректная фиксация служит основой для пространственно-временного анализа обращений и сопоставления с данными ИТС.

Процесс аннотирования осуществлялся поэтапно. На первом этапе применялась автоматическая предклассификация на основе словарей ключевых слов и регулярных выражений, позволяющих с высокой вероятностью отнести сообщение к одной из тематических категорий. На втором этапе результаты автоматической разметки подвергались экспертной корректировке. В аннотировании участвовали специалисты, обладающие практическим опытом в области организации дорожного движения. Использование единых инструкций и глоссария категорий сводило к минимуму субъективность интерпретации и гарантировало сопоставимость результатов. Такой комбинированный подход позволил достичь баланса между масштабируемостью процедуры и качеством разметки.

Для оценки согласованности аннотации использовалась методика межаннотаторного согласия. Часть корпуса размечалась несколькими экспертами независимо, после чего вычислялся коэффициент Каппа Коэна. Значения коэффициента Каппа Коэна, превышающие 0,75, соответствуют уровню «высокого согласия» согласно общепринятой интерпретации и свидетельствуют о корректности принятой схемы аннотации.

После завершения разметки корпус был разделён на обучающую, валидационную и тестовую выборки. Обучающая выборка использовалась для настройки параметров моделей машинного обучения и нечёткого вывода, валидационная – для подбора гиперпараметров и оценки устойчивости решений, тестовая – для финальной оценки качества и сравнительного анализа

алгоритмов. Такое разделение исключает утечку информации и обеспечивает объективность экспериментальных результатов.

Создание аннотированного корпуса имеет не только прикладное, но и методологическое значение. Оно формирует единый понятийный аппарат интерпретации обращений граждан и задаёт основу для воспроизводимых вычислительных экспериментов. В рамках настоящего исследования данный корпус служит эмпирической базой для проверки гипотезы о целесообразности применения гибридных моделей обработки слабоструктурированных социальных данных в задачах поддержки управлеченческих решений в интеллектуальных транспортных системах.

3.4 Результаты тематической классификации обращений

В данной работе под гибридной моделью понимается архитектура, совмещающая контекстную языковую модель и интерпретационный слой нечёткого вывода. Экспериментальные исследования были направлены на оценку качества тематической классификации обращений граждан и проверку гипотезы о преимуществе этого подхода перед базовыми методами анализа текстов. Классификация рассматривалась как ключевой этап интеллектуальной обработки, поскольку корректное определение типа проблемы определяет дальнейшую интерпретацию обращения и формирование управлеченческого сигнала.

Оценка проводилась на тестовой выборке с анализом влияния ошибок классификации на маршрутизацию обращений, полностью исключённой из процессов обучения и настройки моделей. Такой подход обеспечил объективность результатов и позволил сопоставлять различные алгоритмы в идентичных условиях. В качестве основной метрики использовалась метрика F1, что обусловлено несбалансированным распределением категорий обращений и необходимостью одновременно контролировать как ложные пропуски значимых сообщений, так и избыточные срабатывания.

Результаты классификации показали выраженную зависимость качества от используемого представления текста и модели анализа. Классические статистические методы на основе TF-IDF продемонстрировали ограниченную способность к обработке вариативных формулировок и контекстно зависимых выражений. Их применение приводило к устойчивым ошибкам в категориях, где ключевые слова используются метафорически или в неполных описаниях, что характерно для пользовательских сообщений.

Использование распределённых векторных представлений слов (word2vec, fastText) позволило частично компенсировать недостатки частотных моделей за счёт учёта семантической близости лексем и морфологических особенностей русского языка. Это привело к росту качества классификации для категорий, связанных с состоянием дорожного покрытия и работой светофорных объектов, однако чувствительность к сложным контекстам оставалась ограниченной.

Количественная оценка качества тематической классификации показала, что гибридная модель, объединяющая контекстную языковую модель RuBERT и модуль нечёткого вывода, демонстрирует значение метрики F1, равное 0,92. Для изолированной модели RuBERT значение F1 – 0,88, тогда как для классических статистических методов на основе TF – IDF – 0,79. Полученные значения демонстрируют устойчивое различие между гибридной архитектурой и базовыми подходами при работе с несбалансированными и слабоструктурированными данными. Применение модели RuBERT обеспечило устойчивую классификацию обращений при наличии разговорной лексики, эмоционально окрашенных выражений и неполных описаний ситуации. Модель продемонстрировала способность корректно интерпретировать смысл сообщения даже при отсутствии прямых указаний на тип проблемы, что особенно важно для анализа слабоструктурированных текстов.

Результаты сравнительной оценки моделей представлены с использованием значений Precision, Recall и F1 для базовых статистических

методов, контекстной модели RuBERT и гибридной архитектуры с модулем нечёткого вывода (Таблица 4).

Таблица 4 – Результаты сравнительной оценки моделей тематической классификации социальных данных

Модель	Precision	Recall	F1-мера
Статистические методы (TF-IDF + линейный классификатор)	0,81	0,77	0,79
Контекстная языковая модель RuBERT	0,89	0,87	0,88
Гибридная модель (RuBERT + нечёткий вывод)	0,93	0,91	0,92

Анализ представленных данных показывает устойчивое преимущество гибридной архитектуры по всем основным метрикам качества, при этом основной вклад в рост F1 связан с увеличением полноты выявления управленически значимых обращений при сохранении приемлемого уровня точности. Использование нечёткого вывода в качестве интерпретационного слоя позволяет повысить как точность классификации, так и полноту выявления управленически значимых обращений. Это особенно важно в условиях несбалансированности категорий, где пропуск критических сообщений приводит к снижению эффективности управлеченческого реагирования. Полученные результаты подтверждают целесообразность использования гибридной модели в задачах поддержки принятия решений в интеллектуальных транспортных системах.

Детальный анализ показал, что наибольшие трудности классификации возникают в случаях многотемных обращений, где в одном сообщении одновременно затрагиваются несколько проблем (например, состояние покрытия и организация движения на перекрёстке). В таких ситуациях вероятностный характер вывода контекстной модели обеспечивает более гибкое распределение принадлежности к категориям по сравнению с жёсткими статистическими алгоритмами.

Отдельного внимания заслуживают результаты для категорий, имеющих повышенную управлеченческую значимость, но сравнительно низкую

представленность в корпусе. К ним относятся обращения о нарушениях в работе светофоров и опасных участках улично-дорожной сети. Именно в этих классах применение контекстных моделей дало наибольший прирост F1-меры по сравнению с базовыми подходами, что подтверждает целесообразность их использования в задачах поддержки принятия решений.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что тематическая классификация обращений граждан наиболее эффективно реализуется с применением современных языковых моделей, способных учитывать контекст, вариативность формулировок и семантические связи. При этом вероятностные выходы классификаторов формируют необходимую основу для последующего этапа интеллектуальной интерпретации – оценки критичности и приоритизации обращений с использованием аппарата нечёткой логики. Интегральный показатель критичности использовался для ранжирования обращений и не рассматривался как самостоятельная метрика качества классификации, что обусловлено его интерпретационным характером.

Для анализа структуры корпуса и верификации корректности категориальной схемы выполнено лексико-семантическое исследование (рисунок 5). Анализ включает частотные профили лемм и тематические кластеры, отражающие основные проблемные зоны транспортной инфраструктуры, упоминаемые гражданами. Кластеризация лексико-семантического пространства выполнена на основе распределённых векторных представлений лемм с последующим алгоритмическим группированием по семантической близости.

Таким образом, результаты тематической классификации подтверждают обоснованность выбранного подхода и создают предпосылки для перехода к сравнительному анализу эффективности гибридной модели, объединяющей машинное обучение и нечёткий вывод, что рассматривается в следующем разделе.

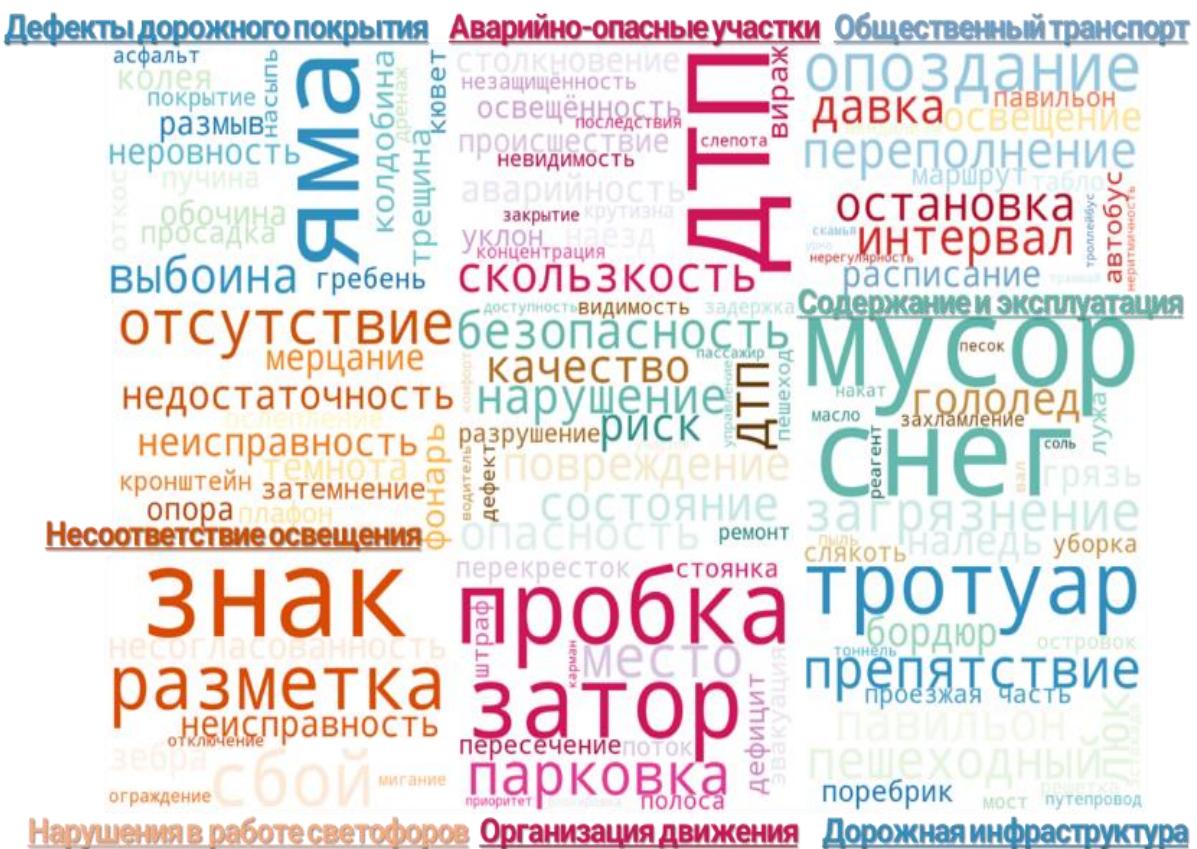


Рисунок 5 – Лексико-семантический анализ обращений граждан в сфере транспортной инфраструктуры: категоризация и частотные леммы

3.5 Сравнительный анализ эффективности моделей

Сравнительный анализ различных методов классификации проведён с точки зрения их влияния на устойчивость и скорость управленаческого реагирования – ключевые параметры эффективности ИТС. Исследование выявляет преимущества и ограничения как традиционных статистических подходов, так и современных гибридных систем, интегрирующих машинное обучение и нечёткую логику, в контексте их вклада в повышение оперативности управления дорожным движением и эффективности перераспределения транспортных потоков. Подобное сопоставление необходимо для проверки гипотезы о целесообразности применения комплексных моделей в задачах организации дорожного движения и согласуется с подходами к оценке эффективности внедрения объектов ИТС,

ориентированными на снижение временных затрат и анализ чувствительности транспортных потоков к управлеченческим воздействиям [58].

В качестве базовой линии использовались классические методы обработки текстов. Наивный байесовский классификатор показал удовлетворительные результаты при работе с крупными категориями, где словарь обращений отличался высокой частотностью и устойчивостью. Однако при переходе к более мелким классам качество резко снижалось. Основная причина заключалась в отсутствии учёта контекста. Для русского языка, характеризующегося богатой морфологией и высокой степенью полисемии, такая упрощённая модель оказалась недостаточной.

Логистическая регрессия в связке с представлением текста в виде TF-IDF-векторов показала более сбалансированные результаты. Она демонстрирует лучшую точность по сравнению с наивным байесовским классификатором, особенно при классификации сообщений средней длины. Однако её эффективность снижалась при обработке коротких фраз, типичных для обращений граждан («яма на дороге», «нет разметки», «сломался светофор»). В таких случаях модель не имела возможности использовать контекст для уточнения значения.

Метод опорных векторов (SVM) в комбинации с распределёнными векторными представлениями слов (word2vec, fastText) показал значительный прирост качества. Учитывание семантической близости слов позволило повысить полноту классификации, особенно для категорий, где использовались разные синонимы. Например, обращения «выбоина на дороге» и «колдобина у светофора» были корректно отнесены к категории «состояние покрытия», что не всегда удавалось TF-IDF-моделям. При этом метод опорных векторов демонстрировал устойчивость на относительно небольших обучающих выборках, что имеет практическое значение в условиях ограниченного объёма размеченных данных, характерных для муниципальных информационных систем.

Применение градиентного бустинга (CatBoost) позволило получить ещё более высокие показатели по большинству категорий. Эти алгоритмы позволили учитывать нелинейные зависимости между признаками и показали хорошие результаты при работе с неравномерно распределёнными данными. Однако их слабым местом оставалась интерпретируемость: система давала точные прогнозы, но объяснить логику их формирования было сложно. Для исследовательских задач это не критично, но в условиях практического внедрения в государственные структуры непрозрачность модели снижает доверие к её выводам.

Использование контекстных языковых моделей (RuBERT) стало ключевым этапом анализа. Эти модели продемонстрировали качественный скачок по всем основным метрикам: точность, полнота и их гармоническое среднее (F1) значительно превысили показатели классических методов. Контекстная обработка позволила правильно интерпретировать сообщения, где одно и то же слово имело разное значение в зависимости от окружения. Например, в выражении «светофор не работает утром» модель корректно фиксировала не только категорию «светофоры», но и временной аспект, что открывало возможности для расширенного анализа. Однако высокая вычислительная сложность и требования к ресурсам ограничивают применение этих моделей в условиях оперативного анализа больших потоков данных. Архитектура метода допускает масштабирование за счёт независимости интерпретационного слоя от конкретной реализации классификационных моделей

На фоне этих результатов гибридная модель, объединяющая возможности контекстных языковых представлений и механизмов нечеткой логики, показала наиболее сбалансированные характеристики. Вероятностные оценки, возвращаемые трансформерными моделями, интерпретировались как степени принадлежности к нечетким множествам. На их основе выполнялся вывод по правилам, сформированным экспертами и уточнённым автоматически. Это позволило не только классифицировать обращение, но и

определить уровень его критичности. В ситуациях, где простые модели выдавали противоречивые результаты, гибридная система использовала механизм агрегации и формировала более устойчивый вывод.

Сравнительный анализ показал, что гибридный подход позволяет сохранять более устойчивую приоритизацию управленчески значимых обращений при варьировании состава обучающей выборки и увеличении доли шумовых сообщений. Во-первых, он сохраняет интерпретируемость благодаря нечетким правилам, что важно для органов власти, принимающих решения на основе полученных данных. Во-вторых, он позволяет учитывать неопределенность и субъективность обращений, которая выражается в лингвистических конструкциях без строгих количественных границ. В-третьих, система демонстрирует устойчивость при работе с шумными данными из социальных сетей, где ошибки и эмоциональная окраска текста затрудняют классификацию традиционными методами.

Тем не менее выявлены и ограничения, связанные как с вычислительной сложностью, так и с необходимостью экспертного участия при настройке нечеткого вывода, что определяет направления дальнейших исследований. При расширении корпуса до сотен тысяч обращений ручная настройка становится малореализуемой, что требует автоматизации процесса. Кроме того, вычислительные затраты при интеграции трансформерных моделей и нечеткой логики остаются высокими, что ограничивает применение системы в условиях жестких временных ограничений.

Таким образом, результаты сравнительного анализа согласуются с выдвинутой гипотезой исследования: базовые алгоритмы позволяют решать задачу классификации лишь на ограниченном уровне, тогда как гибридная модель демонстрирует наилучшие результаты, объединяя точность современных методов машинного обучения и гибкость нечеткой логики. Она становится инструментом, способным переводить субъективные сообщения граждан в структурированные управленческие сигналы, пригодные для применения в интеллектуальных транспортных системах.

3.6 Интеграция результатов в регламент обработки обращений

Практическая ценность разработанного метода интеллектуальной обработки обращений граждан определяется возможностью его включения в действующие регламентные процедуры взаимодействия органов власти с населением. В этой связи важной задачей экспериментального этапа стало исследование того, каким образом формализованные результаты анализа могут быть использованы без нарушения нормативных требований и сложившейся административной логики обработки обращений.

В рамках исследования предложена сквозная схема, формализующая полный жизненный цикл обработки обращений граждан (Рисунок 6). Данная схема иллюстрирует логическую последовательность операций – от автоматической регистрации и классификации до формирования итогового решения с возможностью эскалации сложных случаев к оператору.

Базовым нормативным контуром рассмотрения обращений граждан в Российской Федерации является Федеральный закон № 59-ФЗ, устанавливающий порядок приёма, регистрации, рассмотрения и подготовки ответов. В рамках данного закона обращения рассматриваются преимущественно как юридически значимые документы, подлежащие обработке в установленные сроки, однако он не регламентирует методы интеллектуального анализа содержания и не ограничивает использование вспомогательных аналитических инструментов при принятии управленческих решений. Это создаёт возможность использования интеллектуальных методов в качестве вспомогательного аналитического инструмента без изменения установленного регламента рассмотрения обращений. Дополнительные предпосылки для интеллектуализации обработки обращений заданы Постановлением Правительства Российской Федерации № 1802, предусматривающим экспериментальный порядок работы с сообщениями, поступающими через цифровые каналы, включая сокращённые сроки реагирования. В данном контексте обработка обращений приобретает особое

Предлагаемая схема порядка рассмотрения обращений граждан

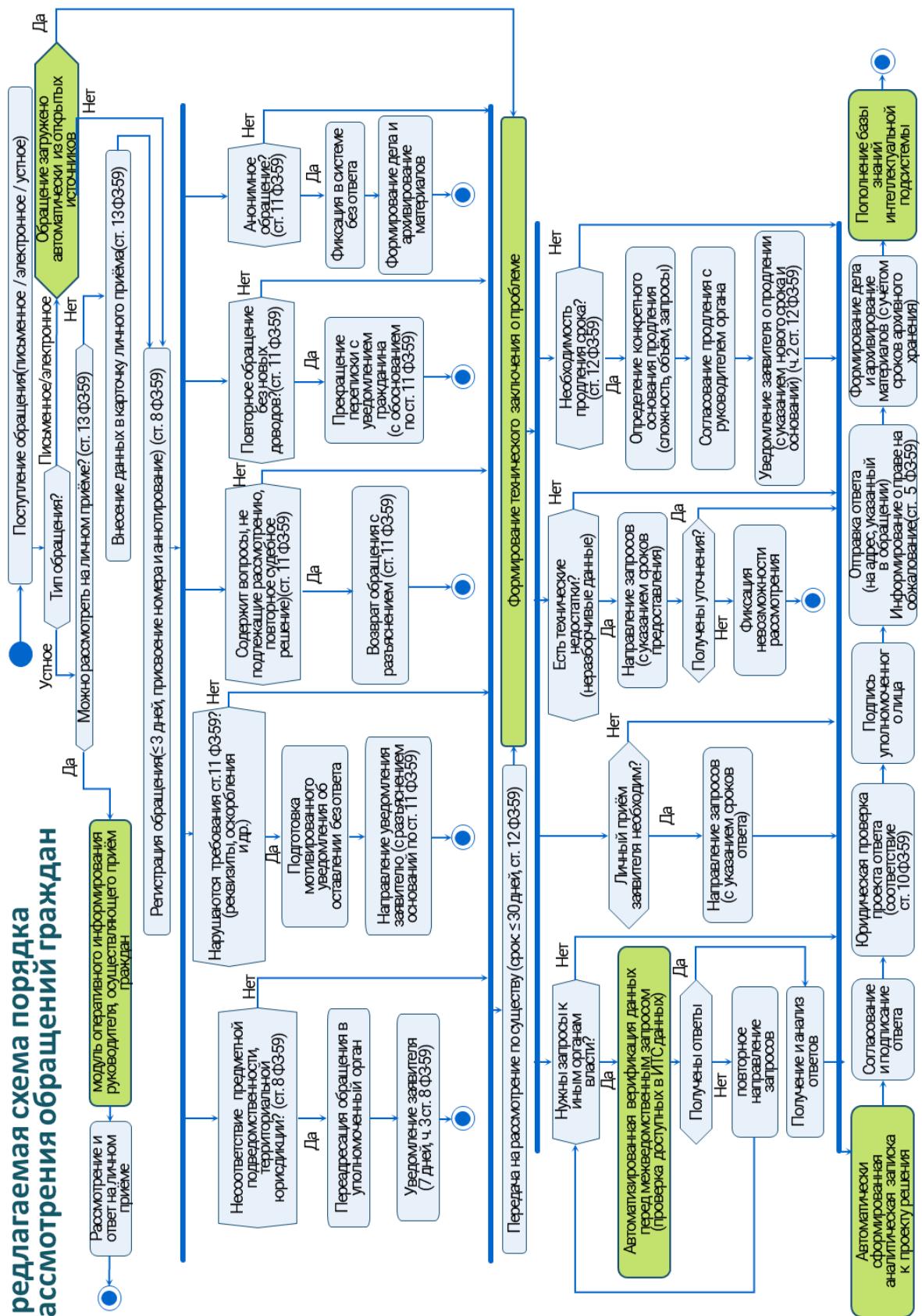


Рисунок 6 – Пределлагаемая схема порядка рассмотрения обращений граждан

значение, поскольку позволяет компенсировать рост объёма сообщений без пропорционального увеличения нагрузки на специалистов.

Для интеграции этого подхода в существующие административные процедуры разработана модернизированная процессная модель, соответствующая требованиям Федерального закона № 59 «О порядке рассмотрения обращений граждан Российской Федерации». Изменения, вносимые в стандартный регламент, а также новые функции интеллектуальной системы систематизированы в сравнительной таблице (Рисунок 7), где сопоставлены типовой регламент и предлагаемая схема. В таблицу включены такие элементы, как автоматическая загрузка обращений из открытых источников, верификация данных с использованием ИТС, формирование технических заключений и пополнение базы знаний.

Предлагаемый подход не изменяет формально-юридическую структуру регламента, а дополняет её аналитическим слоем. На этапе поступления система автоматически выполняет тематическую классификацию, пространственно-временную привязку и оценку критичности сообщения, что позволяет агрегировать результаты анализа и выявлять участки улично-дорожной сети с повышенной концентрацией инцидентов, рассматриваемые в качестве потенциальных мест концентрации ДТП [63]. Полученные результаты используются для внутренней маршрутизации, определения приоритетности обработки и поддержки принятия решений ответственными подразделениями. Таким образом, интеллектуальная система функционирует как механизм предварительного анализа, не подменяя собой регламентные процедуры регистрации и ответа.

Интеграция результатов анализа в регламент реализуется через формирование управленческих индикаторов, используемых на этапах первичной интерпретации и распределения обращений. К таким индикаторам относятся категория проблемы, оценка критичности, предполагаемая срочность и рекомендации по типу реагирования, что соответствует практике поэтапного внедрения интеллектуальных транспортных систем и

автоматизированных систем управления дорожным движением, при которой результаты аналитической обработки используются для оптимизации транспортных потоков и повышения эффективности функционирования улично-дорожной сети. Эти сведения могут использоваться при распределении обращений между исполнителями, формировании очередности рассмотрения и планировании выездных проверок, особенно в случаях, связанных с безопасностью дорожного движения [95].

Интеграция результатов исследования в порядок рассмотрения обращений граждан

Элемент процедуры	Что меняется	Какие функции добавляются
Обращение загружено автоматически из открытых источников	в схему включён канал автоматической загрузки сообщений из открытых источников. Введен автоматизированный анализ поступившего текста или данных события. При выявлении совпадений с типичными случаями запрос переводится на техническую обработку	система проводит первичный анализ данных и сопоставляет их с архивами. Формируется карточка события с краткой классификацией проблемы, определяется вид проблемы по базе аналогичных обращений. Автоматически подбирается типовое решение
модуль оперативного информирования руководителя, осуществляющего приём граждан	руководитель осуществляющий личный приём граждан получает в режиме окончательного времени структурированные данные в процессе общения с гражданином, включая сведения о дублировании обращений и истории аналогичных событий	подсистема формирует краткую аналитическую записку , содержащую структурированное изложение фактов, оценку уровня риска, сведения о ранее применявшихся мерах и возможных последствиях бездействия
Автоматизированная верификация данных перед межведомственным запросом (проверка доступных в ИТС данных)	перед направлением запроса добавлен этап автоматизированной проверки доступных данных в ИТС и в Базе Знаний	система сверяет сведения обращения санными ИТС. Исключаются повторы . Верифицируются координаты, маршрутные данные, сведения о дорожных работах, климатических условиях и т.д.
Формирование технического заключения о проблеме	все обращения, включая автоматически извлечённые из открытых источников, проходят через формирование технического заключения	система формирует техническое заключение на основе телеметрии ИТС, дорожных сенсоров, данных мониторинга и регистров событий. Включается графическая схема проблемного участка или цепочки событий
Автоматически сформированная аналитическая записка к проекту решения	проект решения дополняется автоматически сформированной аналитической запиской	подсистема формирует краткий прогноз развития ситуации, если проблема не будет решена. Предлагает варианты реагирования — оперативные (устранение дефекта, направление экипажа Госавтоинспекции) и стратегические (включение участка в план модернизации инфраструктуры)
Пополнение базы знаний интеллектуальной подсистемы	после архивирования процесс не завершается — данные отправляются в Базу Знаний	формируется новая запись, включающая тип события, способ реагирования, время устранения, эффективность мер. База знаний пополняется для повышения точности последующих анализов

Рисунок 7 – Интеграция результатов исследования в порядок рассмотрения обращений граждан

Отдельное значение имеет возможность агрегированного использования результатов интеллектуальной обработки. Формализованные данные по обращениям позволяют формировать аналитические отчёты о наиболее проблемных участках улично-дорожной сети, динамике повторяющихся жалоб и эффективности принятых мер. В отличие от традиционного

регламентного учёта, ориентированного на индивидуальные обращения, такой подход обеспечивает переход к системному анализу и поддержке управленческих решений на тактическом и стратегическом уровнях.

Экспериментальная апробация показала сокращение длительности этапов первичной интерпретации и маршрутизации обращений за счёт автоматизированной предварительной классификации и приоритизации. Наибольший эффект достигнут на этапе первичного распределения обращений, где интеллектуальная обработка позволяет исключить ручную интерпретацию типовых сообщений. В частности, обращения с высокой оценкой критичности выделяются на раннем этапе и не теряются в общем массиве сообщений, что особенно важно при работе с инцидентами, влияющими на безопасность дорожного движения и устойчивость транспортной инфраструктуры.

Таким образом, интеграция результатов интеллектуальной обработки обращений граждан в действующий регламент рассмотрения не требует его принципиального пересмотра и не затрагивает юридически значимые этапы регистрации и подготовки ответов, дополняя регламент аналитическим уровнем поддержки принятия решений. Разработанный метод выступает в роли аналитической надстройки, повышающей оперативность, обоснованность и управляемость процессов взаимодействия органов власти с гражданами в сфере организации дорожного движения.

3.7 Оценка устойчивости метода и верификация результатов

Проведённая верификация подтвердила стабильность работы метода при наличии шума, лексической вариативности и неполноты описаний. Под устойчивостью метода в рамках настоящего исследования понимается статистическая стабильность классификации, способность к обобщению модели на новых данных и согласованность и воспроизводимость результатов, полученных на этапе нечёткого вывода. Интеграция контекстных языковых моделей и аппарата нечёткой логики обусловила прирост качества анализа по

сравнению с базовыми подходами при сохранении интерпретируемости результатов, особенно при обработке малочисленных и семантически сложных категорий. Для крупных классов, таких как «состояние дорожного покрытия» и «дорожные заторы», значение F1-меры стабильно превышало показатели классических методов на 10–15%, тогда как для редких категорий прирост достигал 20%. Это свидетельствует о способности модели снижать эффект доминирования массовых классов и корректно работать с выраженно несбалансированными данными.

Для оценки устойчивости и переносимости разработанного метода проведено тестирование на независимой выборке, включающей 3141 сообщение жителей г. Мценска, не входивших в обучающий и валидационный корпусы. Снижение значения метрики F1 при переносе модели составило 5,2%, что свидетельствует о высокой обобщающей способности модели при переносе между муниципальными образованиями со схожими характеристиками транспортной инфраструктуры.

Детальный анализ ошибок выявил характерные ограничения, обусловленные спецификой исходного корпуса. Наибольшие трудности возникали при обработке обращений с неполным или неоднозначным описанием ситуации. Формулировки типа «здесь всегда пробка» или «неудобный перекрёсток» позволяли корректно определить общую тематическую принадлежность, однако не обеспечивали достаточной информации для надёжной оценки критичности вследствие отсутствия явной пространственно-временной привязки.

Существенным фактором, влияющим на качество классификации, оказалась высокая лексическая вариативность разговорных обозначений. Так, специально устроенное возвышение на проезжей части для принудительного снижения скорости движения, выделенное знаком 1.17 «Искусственная неровность» в обращениях описывалась как «лежачий полицейский» или «бугор». Недостаточная представленность отдельных вариантов в обучающем корпусе в ряде случаев снижала точность классификации, что указывает на

зависимость результатов от репрезентативности данных и необходимость систематического расширения корпуса.

Отдельную группу составили ошибки, связанные с обработкой сложных лингвистических конструкций. Отрицательные высказывания («пробки уже нет») в отдельных случаях классифицировались некорректно, поскольку модель ориентировалась на ключевые лексемы без учёта отрицания и временного контекста. Устранение подобных ошибок потребовало дополнительной настройки алгоритмов контекстной интерпретации и включения соответствующих примеров в обучающую выборку.

Критически важным элементом верификации стало сопоставление пользовательских обращений с официальными ответами органов власти. Анализ выявил систематические расхождения между субъективным восприятием граждан и результатами формальной проверки. Например, сообщение «светофор не работает» могло сопровождаться ответом «неисправностей не выявлено». Подобные случаи подчёркивают сигнальную природу социальных данных: они отражают пользовательское восприятие ситуации, которое, в свою очередь, формируется под влиянием комплекса факторов — характеристик водителя, параметров транспортного потока, состояния транспортного средства и внешних условий. Это подтверждает многофакторную природу дорожных ситуаций и необходимость их комплексного анализа с использованием формализованных моделей и экспертных оценок [76]. В результате, обращения выполняют функцию раннего индикатора, требующего последующей верификации по данным ИТС, а установленные статистические зависимости между условиями движения и аварийностью [64] позволяют рассматривать результаты их обработки как дополнительный фактор для анализа и прогнозирования рисков в сфере БДД.

Верификация результатов дополнена сопоставлением выводов интеллектуальной системы с независимыми экспертными оценками специалистов в области организации дорожного движения. Совпадение

оценок составило 89% для типовых ситуаций и 76% для сложных мультифакторных обращений.

Принципиальным преимуществом разработанной гибридной модели является интерпретируемость получаемых результатов. В отличие от полностью нейросетевых решений, функционирующих как «чёрный ящик», использование нечёткого модуля позволило анализировать вклад отдельных признаков и правил в формирование итоговой оценки, выявлять некорректно параметризованные функции принадлежности и выполнять их точечную корректировку, что соответствует концепции когнитивных транспортных систем, ориентированных на накопление знаний, адаптацию алгоритмов обработки и повышение устойчивости управлеченческого реагирования в задачах обеспечения безопасности дорожного движения [67].

Таким образом, несмотря на ограничения, обусловленные природой слабоструктурированных социальных данных – субъективностью, неполнотой и лексической вариативностью, – предложенный метод продемонстрировал качественно более высокий уровень устойчивости и эффективности по сравнению с базовыми подходами. Результаты верификации подтверждают научную обоснованность и практическую целесообразность применения разработанного метода для интеллектуальной обработки обращений граждан в контуре интеллектуальных транспортных систем.

3.8 Выводы по главе

Проведённая экспериментальная проверка подтвердила применимость разработанного метода интеллектуальной обработки слабоструктурированных социальных данных к анализу обращений граждан в сфере организации дорожного движения. Использование репрезентативного корпуса, включающего реальные пользовательские сообщения и официальные ответы органов власти, обеспечило корректную эмпирическую основу для верификации модели и позволило оценить её устойчивость к неполноте, противоречивости и субъективности исходной информации.

Реализация многоступенчатого конвейера предобработки, включающего фильтрацию, очистку, лингвистическую нормализацию, токенизацию и пространственную привязку данных, показала критическую значимость качества подготовки текстов для последующего анализа. Полученные результаты подтверждают, что без формализации и унификации слабоструктурированных сообщений достижение устойчивых показателей классификации и приоритизации невозможно.

Сравнительный анализ показал, что гибридная модель, сочетающая контекстные языковые модели и аппарат нечёткой логики, превосходит базовые статистические и чисто нейросетевые подходы по показателям precision, recall и F1. При этом использование нечёткого вывода обеспечило формирование количественных оценок критичности обращений и позволило сохранить интерпретируемость результатов, что является принципиальным условием их использования в управлеченческих контурах интеллектуальных транспортных систем.

Верификация результатов на основе экспертных оценок специалистов в области организации дорожного движения подтвердила согласованность выводов системы с практическими наблюдениями. Это свидетельствует о том, что разработанный метод демонстрирует не только высокие показатели качества на тестовых данных, но и адекватно отражает реальные проблемные ситуации транспортной инфраструктуры.

Таким образом, третья глава экспериментально подтвердила выдвинутую гипотезу о целесообразности использования слабоструктурированных социальных данных в качестве индикативного источника информации в ИТС. Полученные результаты создают основу для перехода к оценке практической реализации разработанного метода и анализа эффектов его внедрения в контуре интеллектуальных транспортных систем, что соответствует цели и задачам диссертационного исследования.

ГЛАВА 4. АРХИТЕКТУРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И ОЦЕНКА ВНЕДРЕНИЯ МЕТОДА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ СОЦИАЛЬНЫХ ДАННЫХ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

4.1 Архитектура программной реализации метода и состав программных комплексов

Четвёртая глава описывает трансформацию разработанных методологических и алгоритмических положений в функционирующее программное средство, ориентированное на эксплуатацию в условиях городской транспортной инфраструктуры, в том числе в режимах повышенной нагрузки и нештатных транспортных ситуаций, возникающих при проведении массовых городских мероприятий, где применение элементов ИТС используется для обеспечения устойчивости транспортного обслуживания и ОДД [41]. Разрабатываемая программная подсистема реализует метод интеллектуальной обработки слабоструктурированных социальных данных, ориентированный на снижение временных задержек при выявлении и первичной интерпретации инфраструктурных инцидентов в управлении контуре ИТС. Её архитектура предусматривает приём данных из разнородных цифровых источников, выполнение лингвистической и пространственно-временной обработки текстов, классификацию обращений в условиях неопределённости и формирование формализованных индикативных сигналов. Эти сигналы, не являясь директивными управляющими воздействиями, предназначены для поддержки принятия решений. В основе архитектурного решения лежит требование интерпретации вероятностных и лингвистически неопределённых характеристик обращений, что обусловило применение методов обработки естественного языка и аппарата нечёткой логики. Эти методы позволяют интегрировать систему в ИТС и преодолеть фрагментарность и функциональную ограниченность существующих решений [39, 40].

Функциональная организация кроссплатформенного модуля системы и его интерфейсная реализация представлены на визуализации интерфейса (Рисунок 8), демонстрирующей последовательность обработки пользовательских данных, результаты интеллектуальной классификации и формирование аналитических материалов, используемых при принятии управлений решений.

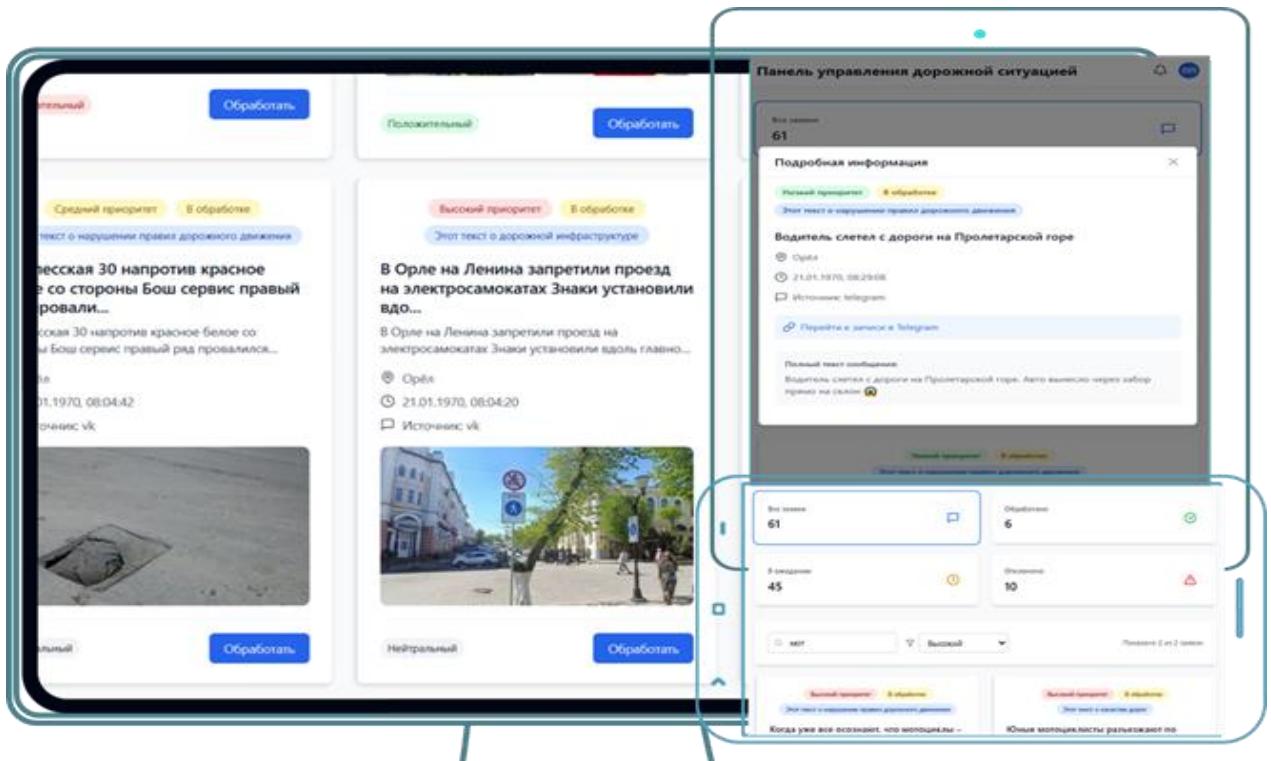


Рисунок 8 – Адаптивный кроссплатформенный интерфейс интеллектуальной подсистемы обработки обращений

В рамках исследования разработана архитектурная модель интеллектуальной системы анализа обращений граждан, реализованная в виде двух зарегистрированных программ для ЭВМ и представленная в виде гибридной архитектуры с интеграцией в ИТС г. Орла (Рисунок 9).

Модель описана набором взаимодополняющих архитектурных представлений, каждое из которых отражает отдельный аспект функционирования системы: логическую декомпозицию компонентов, физическое развертывание в распределённой вычислительной среде и иерархическую организацию уровней обработки данных. Такой подход

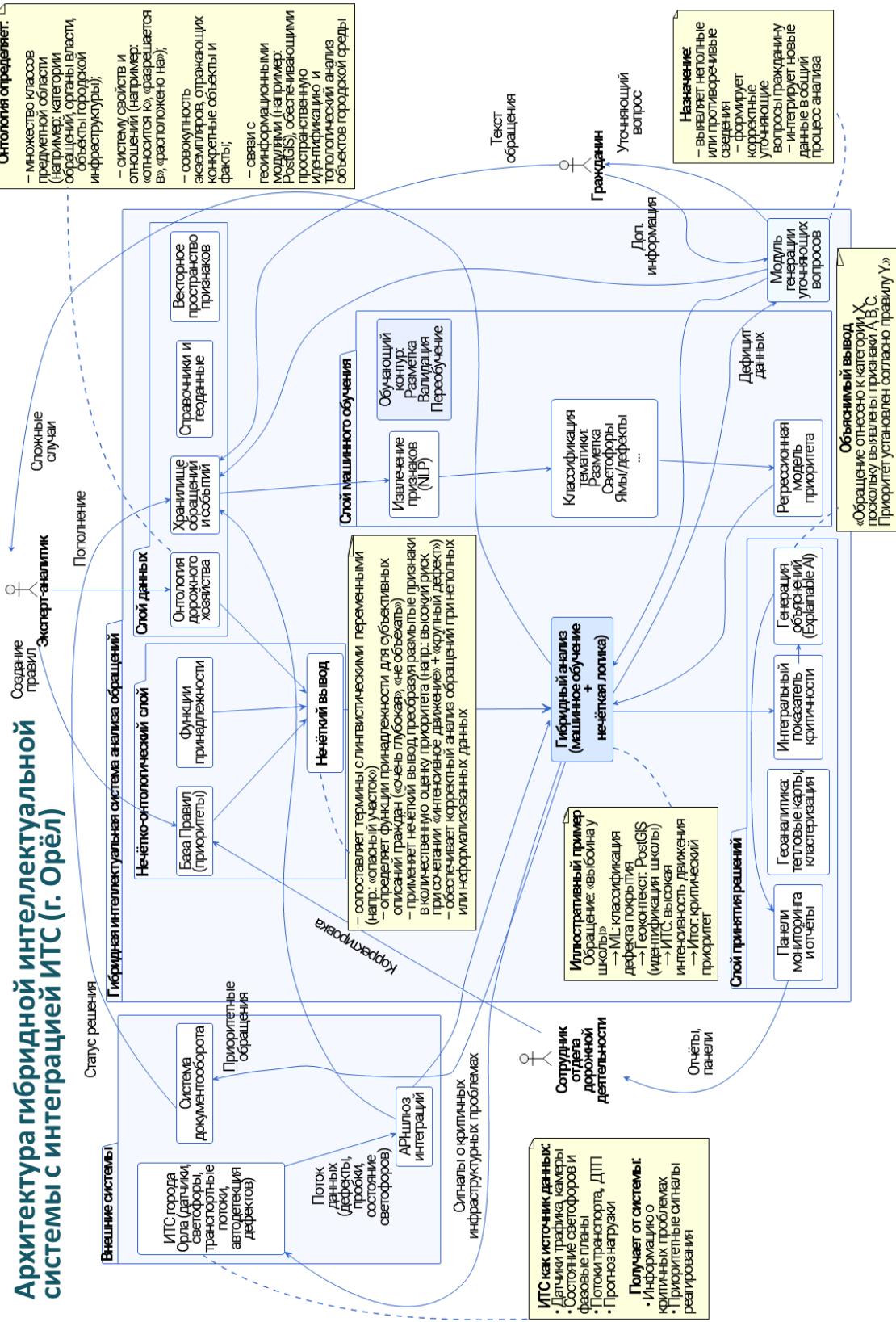


Рисунок 9 – Архитектура гибридной интеллектуальной системы с интеграцией в ИТС г. Орла

используется для разделения архитектурных аспектов и упрощения практической реализации и интеграции в существующую транспортно-информационную инфраструктуру. Архитектурные решения не рассматриваются как самостоятельная ИТ-система, а интерпретируются как программная реализация разработанного метода, обеспечивающая его включение в существующие управленческие контуры ИТС.

Физическая архитектура развертывания представлена в виде распределённой, функционирующей в среде оркестратора контейнеров системы обработки данных (Рисунок 10), что обусловлено необходимостью устойчивой обработки пиковых потоков обращений без увеличения времени первичной интерпретации. Поток входящих обращений поступает через балансировщик нагрузки, распределяющий запросы на API-шлюз, реализованный с использованием FastAPI и Nginx. Далее данные направляются к сервисам предобработки и классификации, которые взаимодействуют с сервером моделей машинного обучения, обеспечивающим хранение и выполнение предобученных алгоритмов.

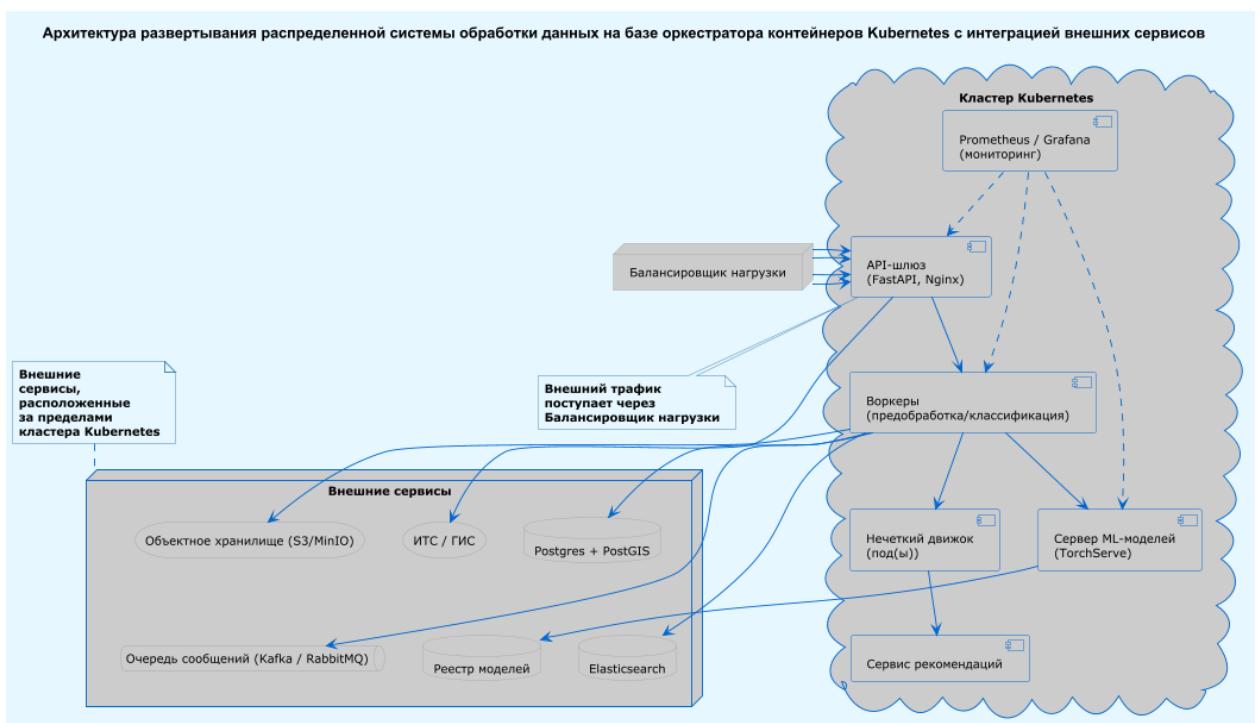


Рисунок 10 – Архитектура развертывания распределённой системы обработки данных на базе оркестратора контейнеров

В архитектуру включён нечёткий логический движок, предназначенный для интерпретации результатов классификации в условиях неопределённости, и сервис генерации рекомендаций, формирующий управлеченческие сигналы. Подобная конфигурация обеспечивает сохранение временных характеристик этапов обработки при увеличении объёма входного потока обращений.

Контроль состояния и мониторинг функционирования компонентов реализуются с использованием связки Prometheus и Grafana, что позволяет отслеживать показатели производительности, доступности сервисов и загрузки ресурсов. Внешний контур системы образуют специализированные хранилища данных: реляционная база данных с расширением PostGIS для пространственного анализа, поисковая система Elasticsearch для полнотекстового поиска, объектное хранилище для мультимедийных вложений, а также брокеры сообщений, поддерживающие асинхронный обмен между компонентами. Реестр моделей используется для управления версиями алгоритмов и контроля их жизненного цикла. Предусмотрена интеграция с интеллектуальными транспортными и геоинформационными системами, что обеспечивает включение результатов обработки обращений в существующие управлеченческие контуры.

Реализация рабочей логики основана на человеко-машинном контуре, в котором автоматизированные процедуры не исключают экспертного контроля. Пороговые значения, приоритеты и правила автоматических действий задаются экспертами и могут корректироваться в процессе эксплуатации. В ситуациях с высокой степенью неопределённости окончательное управлеченческое решение верифицируется оператором, что соответствует методологическим подходам к обеспечению безопасности дорожного движения, основанным на сочетании формализованных процедур принятия решений и экспертной оценки в системе «участник дорожного движения — транспортное средство — автомобильная дорога — среда». Данное ограничение является принципиальным условием применения метода в задачах, связанных с обеспечением безопасности дорожного движения и

планированием эффективных мероприятий, ориентированных на достижение критерия «нулевой смертности» в ДТП [62]. Обратная информация от исполнителей интегрируется в систему и используется для последующего обучения моделей и актуализации правил нечёткого вывода, что формирует замкнутый контур накопления практического опыта.

В качестве технологической основы выбран программный стек из Python-экосистемы, в который вошли инструменты лингвистической обработки, библиотеки машинного обучения, фреймворки для трансформерных архитектур и средства оркестрации сервисов. Такой выбор обеспечивает сочетание гибкости разработки и промышленной надёжности при эксплуатации системы.

Архитектура программной реализации метода направлена не только на техническую работоспособность, но и на управляемую адаптацию моделей, интерпретируемость результатов и их сопряжение с бизнес-процессами органов власти. Совмещение методов машинного обучения, нечёткой логики и современных средств программной инженерии создаёт основу для практической реализации интеллектуальной обработки обращений граждан и повышения эффективности управления дорожным движением на муниципальном уровне.

4.2 Функционально-структурная интеграция программных комплексов в архитектуру ИТС

Функционально-структурная интеграция разработанных программных комплексов основана на архитектурной модели интеграции слабоструктурированных социальных данных в контур ИТС, соответствующей требованиям ГОСТ Р ИСО 14813-1 (Рисунок 11). Данная интеграция направлена на включение формализованных результатов обработки обращений граждан в существующие контуры мониторинга и управления дорожным движением. В отличие от изолированных аналитических решений, рассматриваемая система проектируется как

компонент ИТС, функционирующий в составе интеграционной платформы и взаимодействующий с другими подсистемами на основе формализованных интерфейсов, что соответствует концепции информационно-аналитических платформ, ориентированных на сопоставление текущей информационной ситуации с возможными управленческими решениями и реализующих объектно-ориентированный подход к формированию пространства решений с разделением на подсистемы и уровни по принципу однородности технологии и неоднородности информационных состояний [84].

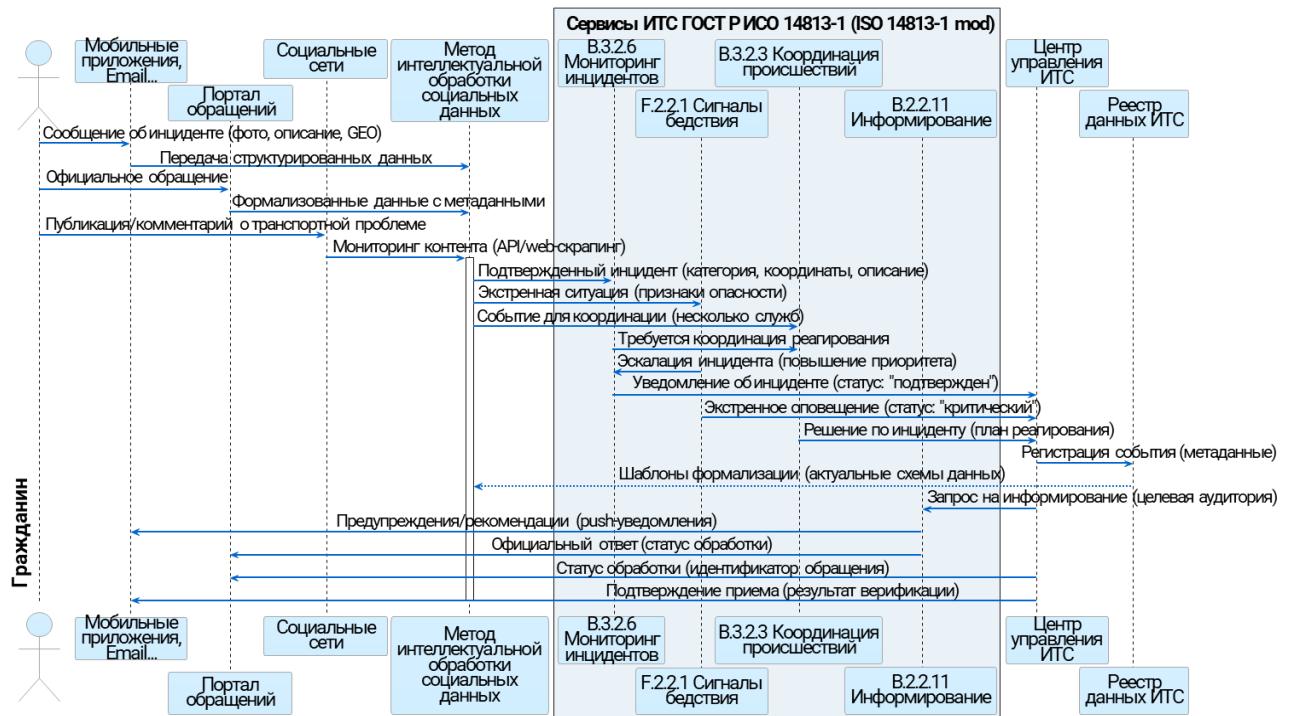


Рисунок 11 – Потоки данных от подсистемы обработки обращений в архитектуре ИТС

В контексте функциональной архитектуры ИТС, регламентируемой ГОСТ Р 56294, предложенная модель реализуется на уровне интеграционной платформы и на уровне инструментальной подсистемы, расширяющей Подсистему мониторинга состояния дороги и дорожной инфраструктуры за счёт социального канала данных.

Функциональным ядром системы является метод интеллектуальной обработки социальных данных, реализованный в аналитическом ядре. Он обеспечивает агрегацию, верификацию, классификацию и формализацию

текстовых сообщений с последующей передачей результатов в сервисные домены ИТС, включая мониторинг инцидентов (B.3.2.6), обработку экстренных сигналов (F.2.2.1) и координацию реагирования (B.3.2.3). В результате, выходные данные в виде формализованных оценок критичности и приоритетов передаются через интерфейсы интеграции в подсистемы ИТС, ответственные за поддержку принятия решений и управление реагированием.

Структура и взаимодействия компонентов системы проектируются с использованием языка UML, что обеспечивает формальное соответствие между концептуальной моделью, проектными решениями и программной реализацией. В рамках системы обработки обращений граждан выделяются функциональные уровни сбора данных, предобработки, аналитического анализа и интеграции с внешними сервисами ИТС. Обобщённая компонентная диаграмма (Рисунок 12) отражает ключевые модули и направления информационных потоков системы. На входе располагаются подсистемы приёма обращений, обеспечивающие сбор данных из официальных цифровых каналов, мобильных приложений и открытых социальных источников. Далее данные поступают в блок предобработки для очистки, нормализации и лингвистической подготовки.

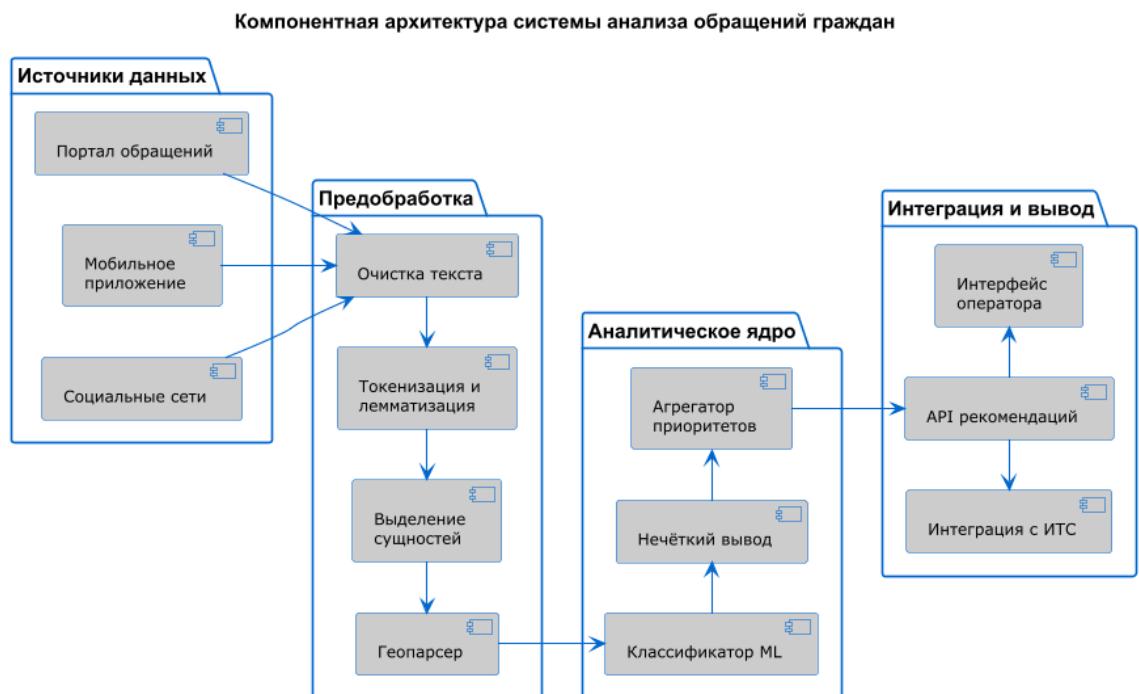


Рисунок 12 – Схема потоков данных в системе анализа обращений граждан

Данная схема фиксирует сквозной поток обработки: от поступления обращения до формирования формализованного события, пригодного для использования в управлении контуре. На каждом этапе обработки обеспечивается возможность сопоставления исходного обращения с результатами автоматического анализа и последующими управлением действиями.

Для детализации динамики взаимодействия компонентов используется диаграмма последовательностей (Рисунок 13), описывающая жизненный цикл одного обращения. На диаграмме показано, как сообщение регистрируется в системе, проходит автоматическую обработку, классификацию и интерпретацию, после чего формируется рекомендация или управленийский сигнал.

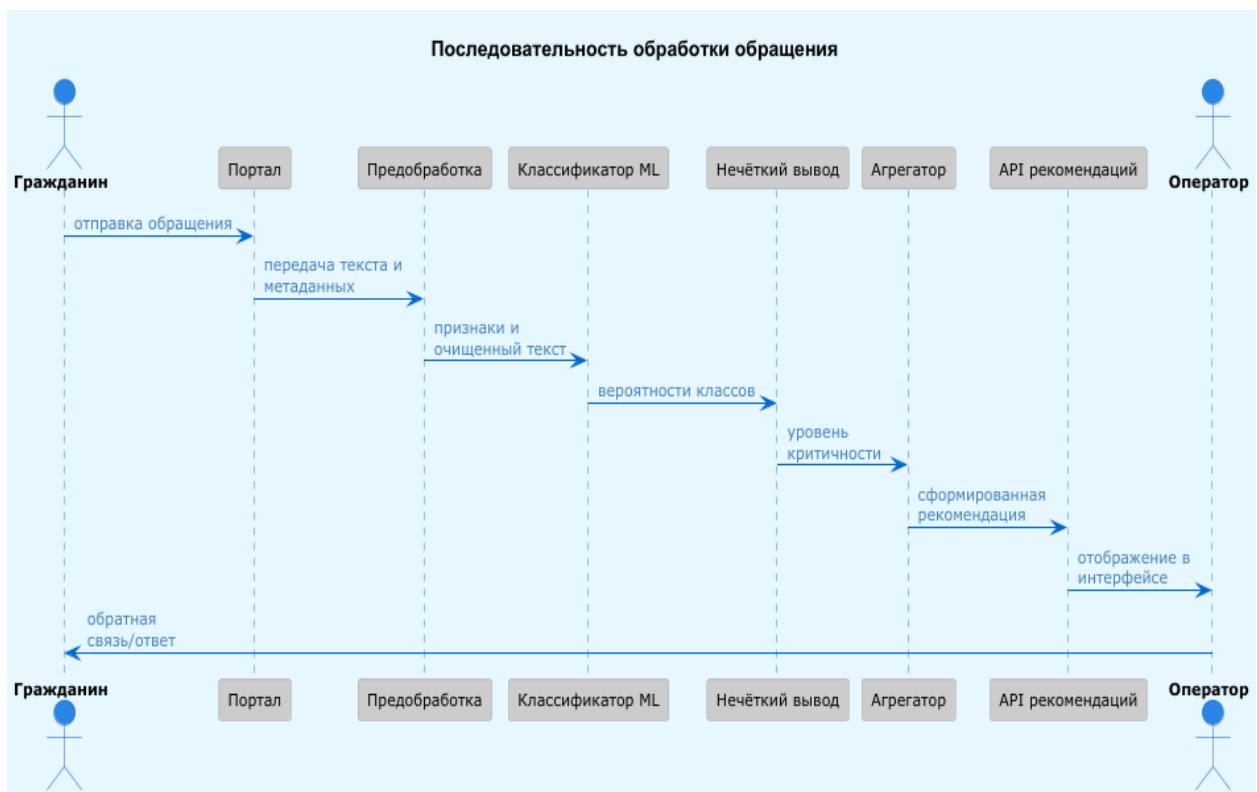


Рисунок 13 – Диаграмма последовательности, показывающая компонентную архитектуру системы анализа обращений граждан

Важным элементом является участие оператора, который подключается на этапе верификации или при обработке нестандартных ситуаций. Такое распределение ролей подчёркивает гибридный характер контура принятия

решений, сочетающего автоматизированную обработку данных и экспертное участие, и снижает риск некорректных автоматизированных решений. При этом вовлечение граждан в процесс формирования и уточнения информации о транспортной ситуации соответствует современным представлениям о социальной роли интеллектуальных транспортных систем, в рамках которых взаимодействие с пользователями рассматривается как источник повышения адаптивности и общественной значимости ИТС [73].

Интеграция автоматических алгоритмов и экспертного контроля обеспечивает баланс между оперативностью и надёжностью. Машинные компоненты выполняют ресурсоёмкие операции анализа и ранжирования, тогда как оператор сохраняет возможность вмешательства в случаях высокой неопределённости или социальной значимости обращения. Результаты решений оператора возвращаются в систему в виде обратной связи и используются для актуализации моделей и правил нечёткого вывода.

Архитектурные схемы подчёркивают модульный характер решения. Каждый компонент – подсистема предобработки, классификационный модуль, нечёткий логический блок или интеграционный интерфейс – может развиваться и масштабироваться независимо от остальных. Это обеспечивает адаптацию системы к изменяющимся условиям эксплуатации, росту объёма данных и появлению новых источников информации. Формализация таких зависимостей средствами UML позволяет обеспечить воспроизводимость архитектуры и упростить её тиражирование в других муниципальных ИТС.

На основе изложенного, функционально-структурная интеграция разработанных программных комплексов реализует включение социальных данных в существующий стандартизованный цикл обработки ИТС: от входных сигналов через этапы анализа и верификации к информации, пригодной для принятия управленческих решений. Применение архитектурного моделирования позволяет зафиксировать взаимосвязи между компонентами, обеспечить прозрачность потоков данных и реализовать практическое внедрение метода в состав ИТС.

4.3 Сквозные сценарии обработки обращений граждан в контуре ИТС

Функционирование системы интеллектуальной обработки обращений граждан в задачах организации дорожного движения реализуется в виде сквозного технологического цикла, в рамках которого каждое сообщение проходит последовательные этапы преобразования из слабоструктурированного пользовательского текста в формализованный индикативный сигнал, что соответствует концепции управляемого данными развития урбанизированных территорий, основанной на использовании географически привязанных пользовательских данных и человеко-ориентированном характере формирования управлеченческих решений [83]. Архитектура системы предусматривает автоматизированную обработку типовых обращений и участие оператора в контуре принятия решений при высокой неопределенности или противоречивости входных данных. Проработанные сквозные сценарии функционирования системы (Рисунок 14), включают автоматическую классификацию обращений, генерацию первичных ответов, диалоговое уточнение недостающих данных с использованием чат-бота и эскалацию сложных и противоречивых случаев к оператору.

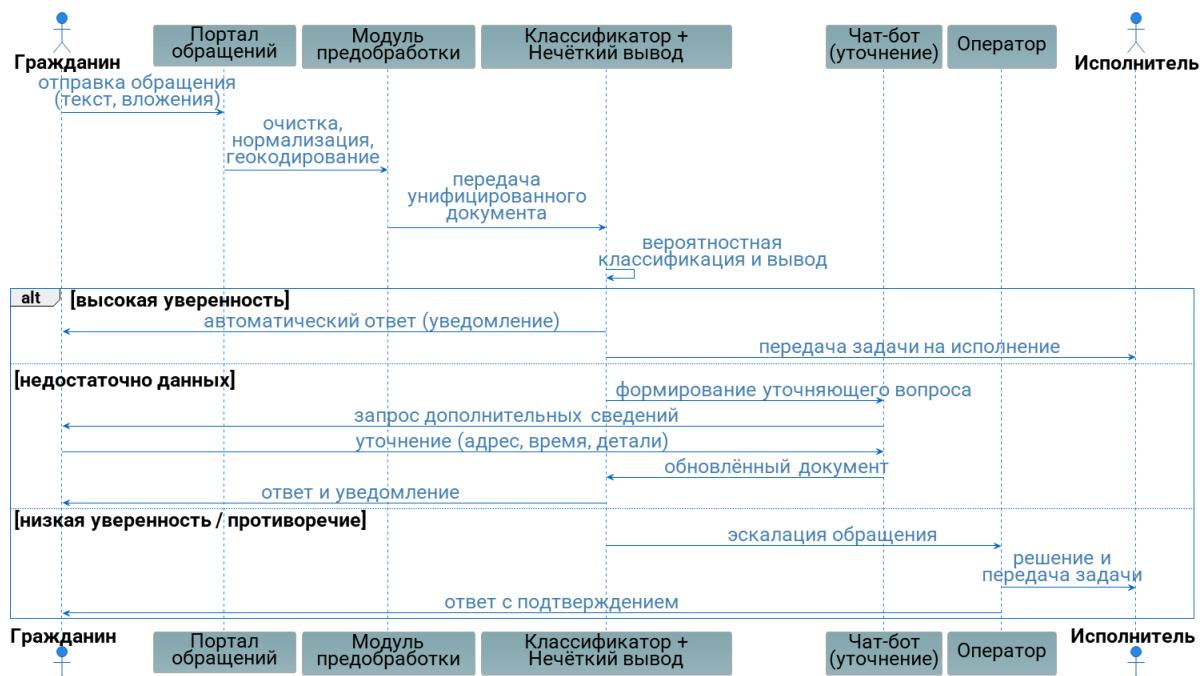


Рисунок 14 – Схема сквозного процесса обработки обращений граждан с использованием интеллектуальной классификации и уточнения данных

Начальный этап сценария связан с поступлением обращения через цифровой интерфейс. Пользователь фиксирует проблему в текстовой форме и при необходимости прикладывает мультимедийные материалы. На уровне приёма выполняется регистрация обращения и его метаданных, включая временную отметку, источник и технические параметры. Далее сообщение поступает в очередь обработки, где осуществляется очистка текста от шумовых элементов, нормализация орфографии и лемматизация. При наличии в тексте топонимов они сопоставляются со справочниками и геокодируются; при отсутствии явных адресных указаний применяются контекстные методы геопарсинга. Результатом данного этапа является унифицированный документ, содержащий нормализованный текст, извлечённые сущности и пространственно-временные признаки.

Следующая стадия обработки включает автоматическую тематическую классификацию обращения и последующую интерпретацию вероятностных оценок в модуле нечёткого вывода. Нормализованное обращение передаётся в модуль классификации, где контекстная языковая модель формирует вероятностное распределение по категориям транспортных проблем. Эти оценки поступают в модуль нечёткого вывода, который дополнительно учитывает эмоциональную окраску текста, наличие визуальных подтверждений и повторяемость аналогичных обращений по данной локации. На основе совокупного анализа вычисляется интегральный показатель критичности обращения, используемый для относительного ранжирования обращений в рамках одного временного окна, а не для автоматического выбора управляющего воздействия.

В случаях, когда обращение относится к типовой категории и уровень уверенности модели превышает заданный порог, система формирует автоматическое информационное уведомление. Пользователь уведомляется о регистрации обращения, предполагаемых сроках реагирования и ответственном исполнителе, что позволяет рассматривать данный сценарий как элемент информационного сервиса ИТС, ориентированного на повышение

качества транспортного обслуживания за счёт точности и оперативности информирования пользователей с учётом их ожиданий и интересов, что соответствует организационно-экономическим подходам к оценке эффективности [68].

При недостаточной информативности исходного сообщения активируется сценарий уточнения. Система выявляет отсутствующие или неоднозначные параметры и инициирует диалог с пользователем посредством чат-бота. Уточняющие вопросы формируются целенаправленно и ориентированы на восполнение конкретных пробелов, например указание места или времени события. Полученные ответы интегрируются в исходный документ, после чего выполняется повторная классификация и оценка критичности. Диалоговый контур позволяет повысить достоверность данных без привлечения оператора и формирует адаптивный механизм взаимодействия с гражданами.

Если после уточнения сохраняется высокая степень неопределённости или выявляются противоречия, используется сценарий эскалации. Обращение передаётся оператору и отображается в аналитическом интерфейсе с полным набором сопутствующей информации: исходным текстом, результатами автоматической классификации, описанием сработавших правил нечёткого вывода и оценкой уровня уверенности. Оператор принимает окончательное решение, фиксирует финальную категорию и определяет управленческое действие. Принятое решение сохраняется в системе и используется как эталон при последующем дообучении моделей, что обеспечивает накопление практического опыта и повышение качества автоматической обработки.

В логическом представлении сквозной процесс включает несколько взаимосвязанных уровней. Первый уровень – пользователь и интерфейс подачи обращения. Второй – автоматизированный блок обработки, реализующий предобработку, классификацию и нечёткий вывод. Третий – диалоговая подсистема, предназначенная для уточнения данных. Четвёртый – операторский уровень, подключаемый при невозможности автоматического

принятия решения. На выходе формируется формализованный индикативный сигнал, передаваемый в соответствующие службы и возвращаемая гражданину в виде ответа.

Представленная схема демонстрирует три контура реакции системы: полностью автоматический, диалоговый и экспертный. Такая многоуровневая организация обеспечивает адаптацию к разнородности обращений, позволяет минимизировать время реакции и одновременно сохраняет контроль качества.

На вход системы поступает сообщение через портал, где фиксируется текст и сопутствующие данные. Модуль предобработки очищает текст, приводит слова к леммам, извлекает именованные сущности и выполняет геопривязку. Полученный унифицированный документ передаётся в классификатор, где с помощью трансформерной модели и нечёткой логики вычисляется распределение вероятностей по категориям и определяется уровень критичности.

При высокой уверенности система самостоятельно формирует ответ и передаёт задачу в соответствующую службу. При недостаточности информации запускается чат-бот, который взаимодействует с гражданином, уточняя недостающие детали. После дополнения данных система возвращается к классификации и формирует решение. В случаях, когда данные противоречивы или модель демонстрирует низкий уровень уверенности, принятие решения по сообщению делегируется специалисту. Оператор, опираясь на анализ, принимает окончательное решение и передаёт задачу в службу дорожного хозяйства.

Сквозные сценарии обработки обращений формируют человеко-машинный контур, в котором автоматизация применяется на этапах предварительного анализа и ранжирования. Это обеспечивает баланс между оперативностью, точностью и достоверностью решений. Результаты интеллектуальной обработки используются для информатизации взаимодействия органов публичной власти, эксплуатационных служб и участников дорожного движения, что повышает согласованность

управленческих действий и эффективность организации дорожного движения за счёт цифрового обмена информацией в составе ИТС [79] и соответствует принципам устойчивой городской мобильности, предусматривающим цифровую трансформацию процессов организации дорожного движения и использование ИТС как инструмента согласования транспортных и управлеченческих решений на уровне города [86].

4.4 Качественная оценка эффективности внедрения

Внедрение предлагаемого метода интеллектуальной обработки обращений граждан направлено на повышение показателя эффективности ИТС – оперативности управлеченческого реагирования. Данный параметр определяется как совокупная длительность этапов выявления, интерпретации и принятия решений по инфраструктурным инцидентам, непосредственно влияет на безопасность и устойчивость транспортной системы. Сокращение данного временного интервала достигается за счёт архитектурно согласованного включения в контур ИТС дополнительного информационного слоя – формализованных индикативных сигналов, извлечённых из слабоструктурированных социальных данных. Ключевым результатом главы является количественная оценка эффективности внедрения на основе анализа данных за 2024–2025 гг. (Таблица 5), отражающая динамику изменения показателей оперативности реагирования по основным тематическим категориям обращений.

Снижение среднего значения оперативности реагирования ($\Delta_{ср}$), определяемого как суммарной длительности этапов выявления, первичной интерпретации и маршрутизации обращения на 5,72 дня по сравнению с регламентной процедурой обусловлено внедрением интеллектуальной поддержки на этапах выявления и первичной интерпретации. Исключение промежуточных ручных операций позволяет минимизировать временной лаг между фиксацией проблемы и началом её устранения.

Таблица 5 – Количественная оценка эффективности внедрения

	Категория обращения	Количество обращений	Средняя длительность рассмотрения, дней		Коэффициент сокращения использования нормативного ресурса	Фактическое сокращение времени рассмотрения (Δ , дни)	Относительное улучшение скорости обработки обращений, %
			Нормативно	Факт			
2024	Дефекты дорожного покрытия	45	29,04	22,82	0,79	-	-
	Несоответствие освещения	159	26,96	18,14	0,67	-	-
	Нарушение в работе светофоров	51	27,86	19,47	0,70	-	-
2025	Дефекты дорожного покрытия	21	29,00	17,76	0,61	-5,06	+22,17%
	Несоответствие освещения	91	25,55	13,78	0,54	-4,36	+24,03%
	Нарушение в работе светофоров	28	27,50	11,71	0,43	-7,76	+39,84%

Анализ по тематическим категориям выявил неоднородность эффекта, отражающую специфику управлеченческих процессов. Наиболее значительное сокращение временных затрат зафиксировано для категории «Нарушения в работе светофорных объектов» (39,84%), что объясняется высокой формализуемостью таких инцидентов и их непосредственной связью с безопасностью движения. Для категории «Освещение» снижение составило 24,03%, а для категории «Состояние дорожного покрытия» – 22,17%. Несмотря на то, что устранение дефектов покрытия объективно требует большего времени, интеллектуальная обработка обращений позволяет ускорить этапы выявления, принятия решения и включения работ в план, что отражается на суммарном времени реагирования.

Дополнительным количественным индикатором эффективности выступает коэффициент использования нормативного ресурса, определяемый как отношение фактического времени обработки обращения к установленному регламенту. Его снижение до диапазона 0,43–0,61 указывает на устранение избыточных бюрократических задержек и более рациональное использование временных рамок, предусмотренных нормативными документами. Данный результат имеет не только операционное, но и институциональное значение,

так как свидетельствует о повышении дисциплины и прозрачности управленческих процедур.

Экономический эффект, заключающийся в оптимизации использования ресурсов дорожных и эксплуатационных служб, в рамках настоящего исследования носит индикативный характер и оценивается качественно. Механизм приоритизации, основанный на количественной оценке критичности обращений, позволяет дифференцировать реакции в зависимости от потенциальных рисков, что соответствует риск-ориентированным подходам к обеспечению безопасности дорожного движения, реализуемым в рамках концепции Vision Zero и основанным на использовании статистических моделей оценки транспортного риска [97]. Аварийно-опасные ситуации получают немедленное внимание, тогда как обращения низкой срочности включаются в плановые мероприятия. Это снижает число необоснованных выездов, уменьшает нагрузку на персонал и сокращает эксплуатационные издержки. Дополнительный эффект формируется за счёт сокращения повторных обращений по одним и тем же локациям, поскольку своевременное устранение проблемы снижает потребность граждан в повторной коммуникации.

Социальный эффект внедрения выражается в снижении неопределённости взаимодействия граждан с органами управления и повышении предсказуемости регламентных процедур. Автоматическая регистрация обращений, формирование первичных ответов и использование диалоговых механизмов уточнения создают ощущение прямого и прозрачного взаимодействия. Фиксация сроков и статусов обработки снижает уровень неопределённости и способствует росту доверия к институтам управления. В долгосрочной перспективе это приводит к увеличению объёма и качества входящих данных, что, в свою очередь, расширяет аналитические возможности системы и повышает точность мониторинга транспортной ситуации.

Косвенный социально-экономический эффект формируется через снижение транспортных потерь. Оперативное устранение дефектов дорожного покрытия, неисправностей светофорных объектов и локальных нарушений организации движения способствует сокращению заторов, аварийных ситуаций и вынужденных объездов, что соответствует результатам анализа отечественного и зарубежного опыта внедрения интеллектуальных транспортных систем как инструмента снижения аварийности и социально-экономических потерь в условиях роста автомобилизации [100]. Это приводит к уменьшению времени в пути, снижению расхода топлива и сокращению негативного воздействия на окружающую среду. В совокупности данные эффекты трансформируются в макроэкономический результат, выражющийся в снижении транспортных издержек и повышении общей эффективности городской мобильности.

Аспект безопасности дорожного движения также подтверждает эффективность предложенного подхода. Разработанный метод, обеспечивая раннее выявление и приоритизацию инфраструктурных отклонений, направлен на снижение риска дорожно-транспортных происшествий, обусловленных внешними факторами и влиянием человеческого фактора в системе «человек – автомобиль – дорога – среда». Экономический эффект от предотвращения аварий в рамках данного исследования количественно не оценивался, однако полученные результаты – сокращение времени реакции и повышение точности выявления проблем – формируют объективные предпосылки для такого анализа и согласуются с методиками интегральной оценки уровня безопасности дорожного движения, ориентированными на поддержку приоритетных управленческих решений в сфере БДД [54].

Институциональный эффект внедрения выражается в перераспределении кадровых ресурсов и изменении логики управления. Снижение нагрузки на операторов позволяет сосредоточить усилия на аналитических и стратегических задачах. Накопленные и формализованные данные обращений формируют базу знаний, пригодную для прогнозирования,

планирования ремонтов и оценки эффективности реализованных мероприятий. Тем самым система выходит за рамки оперативного реагирования и становится инструментом долгосрочного развития транспортной инфраструктуры.

Следовательно, результаты количественной оценки эффективности внедрения показывают, что интеллектуальная обработка обращений граждан формирует взаимосвязанный комплекс эффектов – управленческих, экономических, социальных и институциональных. Сокращение времени реагирования, оптимизация ресурсов, повышение безопасности и рост доверия общества подтверждают целесообразность предложенного метода и его соответствие задачам устойчивого развития ИТС.

4.5 Оценка эффективности и верификация модели

Оценка эффективности внедрения разработанного метода и реализованной программной архитектуры проводилась с позиции их применимости в реальных условиях функционирования интеллектуальных транспортных систем и соответствия нормативным, организационным и эксплуатационным ограничениям. В комплекс нормативных ограничений были включены требования действующего законодательства и подзаконных актов, регулирующих внедрение и функционирование ИТС, а также вопросы защиты данных и стандартизации цифровых технологий в транспортной сфере [77]. В отличие от экспериментальной главы, где основное внимание уделялось алгоритмической точности и устойчивости моделей, в данном разделе акцент смещается на верификацию архитектурных и процессных решений в контуре практической эксплуатации.

Ключевым критерием верификации являлась возможность сквозной обработки обращений без нарушения действующих регламентов и с сохранением совместимости с существующими подсистемами ИТС. Проведённый анализ показал возможность интеграции подсистемы интеллектуальной обработки обращений без модификации базовых

компонентов ИТС. Использование сервисно-ориентированного подхода и взаимодействие через защищённые API обеспечивают изоляцию функциональных блоков и устойчивость системы при изменении внешних условий.

Верификация архитектурных решений была ориентирована на проверку их совместимости с действующими регламентами и эксплуатационными ограничениями ИТС. Во-первых, оценивалась корректность включения социальных данных в стандартизованные информационные потоки ИТС. Формализованные результаты обработки обращений – категории проблем, пространственная привязка, временные метки и показатели критичности – успешно интегрировались в сервисы мониторинга состояния дорожной инфраструктуры и выявления инцидентов. Это подтверждает соответствие архитектурных решений требованиям ГОСТ Р ИСО 14813-1 и ГОСТ Р 56294 в части сервисной архитектуры и распределения функций между доменами ИТС.

Во-вторых, анализировалась устойчивость системы к росту нагрузки и вариативности входных данных. Микросервисная организация и асинхронная обработка сообщений позволили обеспечить стабильную работу при увеличении объёма обращений без деградации времени отклика. Разделение вычислительно затратных операций (векторизация, логический вывод языковых моделей, нечёткий вывод) по специализированным сервисам снизило риск узких мест и обеспечило масштабируемость решения.

Отдельное внимание уделялось верификации человека-машинного контура принятия решений. Практика эксплуатации показала, что автоматическая обработка охватывает большую часть типовых обращений, тогда как оператор подключается преимущественно для сложных или противоречивых случаев. Такой режим работы подтвердил целесообразность выбранной архитектуры: система снижает нагрузку на специалистов, не исключая их из процесса принятия критически важных решений. Данные, возвращаемые операторами при обработке сложных случаев, использовались

для итеративной актуализации правил нечёткого вывода и дообучения классификационных моделей.

Дополнительным аспектом верификации стала проверка корректности формирования управленческих рекомендаций. Сопоставление автоматически сгенерированных приоритетов с фактическими решениями дорожных служб показало высокую степень согласованности. В случаях расхождений анализ причин выявлял либо недостаточность исходных данных, либо влияние внешних факторов, не отражённых в обращениях. Это подтверждает, что система выполняет функцию индикативного слоя ИТС, формируя обоснованные гипотезы для дальнейшей проверки, а не подменяя собой объективные источники контроля, при этом такой подход согласуется с исследованиями, в которых анализ накопленных данных рассматривается как основа для построения прогнозных моделей аварийности и снижения рисков за счёт упреждающего выявления опасных условий движения с применением методов машинного обучения [65].

С точки зрения эксплуатационной надёжности система продемонстрировала устойчивость к ошибкам входных данных и частичной недоступности внешних сервисов. Механизмы очередей и повторной обработки предотвращали потерю сообщений, а деградация отдельных компонентов не приводила к остановке всей системы. Это имеет принципиальное значение для использования в муниципальной инфраструктуре, где отказоустойчивость является обязательным требованием, особенно учитывая, что функционирование ИТС в режиме реального времени критически зависит от устойчивости телекоммуникационной инфраструктуры. Качество каналов связи напрямую влияет на полноту и своевременность поступления данных, а ограничения, связанные с нестабильностью GSM-сигнала и неоднородностью радиопокрытия, выступают существенным внешним фактором при внедрении распределённых систем онлайн-мониторинга [88].

В результате, проведённая верификация показала, что разработанный метод и его архитектурная реализация не только обеспечивают улучшение показателей оперативности, но и соответствуют требованиям практической эксплуатации в составе ИТС. Возможность интеграции результатов интеллектуальной обработки обращений в действующие управлочные контуры подтверждает, что подобные решения могут рассматриваться как элемент цифровой трансформации транспортной отрасли, ориентированной на повышение обоснованности управлочных решений, прозрачности процессов и эффективности взаимодействия между участниками транспортной системы [72], при этом учёт выявленных в практике регионов проблем внедрения ИТС подчёркивает необходимость архитектурной гибкости и поэтапной интеграции таких решений в условиях неоднородности цифровой зрелости транспортных систем [80].

4.6 Выводы по главе

В четвёртой главе представлены архитектурные и процессные решения, реализующие разработанный метод в составе ИТС. Рассмотрена архитектура программной реализации метода интеллектуальной обработки слабоструктурированных обращений граждан, обеспечивающая полный цикл работы с данными – от их сбора из разнородных цифровых каналов до формирования формализованных управлочных сигналов и их передачи в контуры управления ИТС.

Показано, что модульная сервисно-ориентированная архитектура системы допускает архитектурную согласованность с действующими ИТС без необходимости их структурной перестройки. Использование микросервисного подхода, асинхронного обмена данными и стандартизованных интерфейсов интеграции создаёт условия для масштабируемости, отказоустойчивости и поэтапного внедрения решения в муниципальной транспортной инфраструктуре. Реализованная функционально-структурная организация системы соответствует требованиям

нормативных документов, регламентирующих архитектуру и сервисные домены ИТС, и допускает расширение за счёт подключения новых источников данных и аналитических модулей.

Рассмотренные сквозные сценарии обработки обращений показали, что интеграция автоматической классификации, нечёткого вывода, диалогового уточнения и операторской эскалации формирует адаптивный гибридный контур, который позволяет обеспечить баланс между скоростью обработки и точностью принимаемых решений, снижая нагрузку на специалистов и одновременно сохраняя контроль над критическими ситуациями. Возвратная связь от операторов и исполнителей используется как источник накопления знаний и адаптации модели к изменяющимся условиям эксплуатации.

Количественная оценка эффективности внедрения зафиксировала устойчивое сокращение времени управленческого реагирования на инфраструктурные инциденты и обращения граждан по сравнению с регламентной процедурой без интеллектуальной поддержки. Полученные результаты следует рассматривать в контексте целеполагания интеллектуальных транспортных систем, где технологии выступают инструментом достижения общественно значимых эффектов, а не самоцелью. Проведённый анализ демонстрирует, что внедрение метода привело к оптимизации распределения ресурсов, снижению бюрократических задержек и повышению результативности взаимодействия органов управления с населением. При этом эффективность применения оказалась неоднородной: наибольший прирост оперативности был достигнут для задач, требующих немедленного реагирования, таких как устранение неисправностей светофорных объектов и элементов освещения. Повышение оперативности управления, снижение рисков для безопасности дорожного движения и ориентация на потребности пользователей, достигнутые в исследовании, полностью согласуются с современной концепцией эффективности ИТС. Эта концепция предполагает комплексную интеграцию технологических,

организационных и социально-экономических аспектов в рамках цифровой трансформации транспортной отрасли [74].

Верификация архитектурных и процессных решений в условиях практической эксплуатации подтвердила устойчивость системы к вариативности и неполноте входных данных, а также её способность функционировать в качестве индикативного слоя ИТС. Формализованные результаты обработки обращений выступают источником ранних сигналов о проблемах транспортной инфраструктуры и дополняют данные телематических и сенсорных подсистем, повышая адаптивность управлеченческих контуров.

Таким образом, в четвёртой главе показано, что разработанный метод интеллектуальной обработки слабоструктурированных социальных данных реализуем в виде архитектурно и нормативно согласованного программного решения. Практическая апробация показала возможность применения разработанного метода для интеграции в ИТС муниципального уровня и может служить основой для дальнейшего масштабирования, тиражирования и оценки долгосрочного социально-экономического эффекта внедрения. Полученные результаты свидетельствуют о достижении цели исследования, сформулированной во введении, и обеспечивают логическую связность экспериментальной, архитектурной и прикладной частей диссертации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена актуальная научная задача, заключающаяся в разработке метода интеллектуальной обработки слабоструктурированных социальных данных и архитектурно согласованной интеграции результатов их анализа в контур ИТС с целью сокращения среднего времени управлеченческой реакции. Полученные результаты свидетельствуют о достижении цели и обеспечивают научно обоснованное расширение информационной базы ИТС за счёт использования пользовательской обратной связи без подмены регламентных и телематических источников информации.

В ходе исследования уточнено содержание понятия оперативности реагирования ИТС как совокупной временной характеристики управлеченческого контура, включающей этапы выявления проблемной ситуации, её интерпретации, формирования управлеченческого решения и инициации управляющего воздействия. Показано, что повышение оперативности реагирования может быть достигнуто за счёт включения слабоструктурированных социальных данных в статусе индикативных сигналов, инициирующих процедуры верификации на основе объективной информации.

Достижение цели исследования подтверждается последовательным решением следующих задач:

1. системный анализ позволил выявить фундаментальное противоречие: между потребностью ИТС в оперативном выявлении локальных проблем и архитектурной ориентацией систем исключительно на формализованные телематические и сенсорные потоки, что формирует «информационные слепые зоны». Установлено, что слабоструктурированные социальные данные, генерируемые пользователями, обладают высоким сигнальным потенциалом, однако их неформализованная природа и лингвистическая неопределенность делают их непригодными для прямого использования в контуре управления. На основании этого противоречия обоснована

необходимость разработки гибридного подхода, интегрирующего методы обработки естественного языка, машинного обучения и аппарат нечётких множеств.

2. разработаны частные процедуры и алгоритмы в составе метода интеллектуальной обработки слабоструктурированных социальных данных, включающий процедуры предобработки, семантического анализа и формализации пользовательских сообщений. В качестве семантического ядра метода применена контекстная языковая модель RuBERT, обеспечивающая устойчивую тематическую классификацию сообщений в условиях вариативности формулировок. Использование аппарата нечётких множеств позволило формализовать субъективные и оценочные характеристики текстов, переведя их в количественные показатели. Полученные формализованные сигналы выступают не как директивные команды, а как триггеры для запуска процедур верификации с привлечением объективных данных ИТС, что обеспечивает баланс между автоматизацией и экспертным контролем.

3. сформированы алгоритмы преобразования выделенных признаков в сигналы поддержки принятия управлеченческих решений, предназначенные для автоматизированного выявления, категоризации и ранжирования локальных проблем транспортной инфраструктуры. Разработанная гибридная модель агрегирует вероятностные оценки тематической классификации, эмоциональную окраску и степень неопределённости описания, формируя интегральный показатель критичности, отражающий социальную значимость проблемы в контексте транспортной инфраструктуры и её потенциальное влияние на БДД. Полученные сигналы используются для автоматизированного выявления, категоризации и приоритезации локальных инфраструктурных проблем, что обеспечивает сокращение среднего времени управлеченческой реакции.

4. спроектирована модель интеграции результатов интеллектуальной обработки социальных данных в сервисно-ориентированную архитектуру

интеллектуальных транспортных систем, обеспечивающая их архитектурную согласованность. Разработанная модель реализует выделенный контур обработки пользовательской обратной связи и организует сопряжение слабоструктурированных данных с формализованными телематическими и информационными потоками, что расширяет функциональные возможности ИТС без нарушения их целостности и регламентных процедур управления.

Теоретические положения и разработанные алгоритмы прошли экспериментальную апробацию на реальных данных. Экспериментальные исследования включали формирование обучающей и контрольной выборок, анализ чувствительности результатов к изменению параметров модели и сопоставление с базовыми алгоритмами тематической классификации. Результаты вычислительных экспериментов подтверждают эффективность предложенного метода и реализующей его гибридной модели, обеспечившей значение $F1$ на уровне 0,92 и высокую согласованность с экспертными оценками. Практическая значимость работы подтверждена внедрением разработанных решений в ИТС Орловской городской агломерации, что позволило сократить среднее время управленческой реакции на инфраструктурные инциденты в среднем на 5,72 дня относительно регламентной процедуры, не использующей интеллектуальную обработку социальных данных. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности интеграции слабоструктурированных данных в контур ИТС при их использовании в качестве дополнительного источника информации на этапе выявления и приоритизации проблем. Разработанный метод реализует согласованную обработку пользовательских и телематических данных, обеспечивая сокращение времени формирования управляющих воздействий и увеличение доли решений, основанных на формализованных индикативных данных.

Проведённое исследование развивает научные основы интеллектуальных транспортных систем в части методов обработки и интеграции слабоструктурированных данных. Разработанный метод и

архитектурные решения могут быть использованы при проектировании и модернизации ИТС муниципального и регионального уровня. Перспективы дальнейших исследований связаны прежде всего с расширением предложенного подхода на мультимодальные социальные данные и разработкой прогностических моделей, основанных на совместном анализе социальных и телематических сигналов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента РФ от 14.11.2025 N 841 "Об утверждении Стратегии повышения безопасности дорожного движения в Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года" // <https://www.consultant.ru>

2. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» // <https://www.consultant.ru>

3. О Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства РФ от 27.11.2021 N 3363-р (ред. от 06.11.2024) // <https://www.consultant.ru>

4. О безопасности дорожного движения [Электронный ресурс]: федер. закон от 10.12.1995 № 196-ФЗ (ред. от 28.11.2025) // <https://www.consultant.ru>

5. Методические рекомендации по разработке заявок (включая локальные проекты по созданию и модернизации интеллектуальных транспортных систем) субъектов Российской Федерации на получение субсидий из федерального бюджета бюджетами субъектов Российской Федерации в целях реализации мероприятия «Внедрены интеллектуальные транспортные системы, предусматривающие автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы» : распоряжение Министерства транспорта РФ от 27 апреля 2024 г. № АК-95-р // <https://www.consultant.ru>

6. Об утверждении Концепции создания и функционирования национальной сети интеллектуальных транспортных систем на

автомобильных дорогах общего пользования: распоряжение Министерства транспорта РФ от 30 сентября 2022 г. № АК-247-р // <https://www.consultant.ru>.

7. ГОСТ Р 56294–2014. Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем = Intelligent transport systems. Requirements for functional and physical architectures of intelligent transport systems : национальный стандарт Российской Федерации; издание официальное; утверждён и введён в действие Приказом от 11.12.2014 № 1966-ст; дата введения 2015–07–01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Москва: Стандартинформ, 2014. — 12 с.

8. ГОСТ Р 71096–2023. Интеллектуальные транспортные системы. Подсистема светофорного управления. Общие требования: национальный стандарт Российской Федерации; издание официальное; введён впервые; введён 2024–06–01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Москва: Стандартинформ, 2024. — 20 с.

9. ГОСТ Р 59898–2021. Оценка качества систем искусственного интеллекта. Общие положения = Quality assurance of artificial intelligence systems. General: национальный стандарт Российской Федерации; издание официальное; введён впервые; дата введения 2022–03–01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Москва: Стандартинформ, 2021. — 24 с.

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 = Intelligent transport systems. Reference model architecture(s) for the ITS sector. Part 1. ITS service domains, service groups and services: национальный стандарт Российской Федерации; издание официальное; дата введения 2012–03–01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Москва: Стандартинформ, 2011. — 32 с.

11. Госавтоинспекция [Электронный ресурс]: Показатели состояния безопасности дорожного движения URL: <http://стат.гидд.рф/> (дата обращения: 22.10.2025)
12. Al-Zibaree H. K. Y., Konur M. Fuzzy analytic hierachal process for sustainable public transport system //Journal of Operations Intelligence. – 2023. – Т. 1. – №. 1. – С. 1-10.
13. Bhuvana M., Ramkumar A. Fuzzy logic architecture for availing E-governance healthcare services by rural citizens //Transforming Public Services– Combining Data and Algorithms to Fulfil Citizen's Expectations. – Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. – С. 207-222.
14. Chernov A. V. et al. A study of fuzzy sets similarity and its application in intelligent transportation systems //Global Journal of Pure and Applied Mathematics. – 2016. – Т. 12. – №. 6. – С. 5095.
15. Choosakun A., Yeom C. Developing evaluation framework for intelligent transport system on public transportation in Bangkok metropolitan regions using fuzzy AHP //Infrastructures. – 2021. – Т. 6. – №. 12. – С. 182.
16. Frayudha A. D. Road Flood Warning Detection Using Wireless Sensors and Fuzzy Logic to Support Gresik Smart City //MATICS: Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (Journal of Computer Science and Information Technology). – 2024. – Т. 16. – №. 2. – С. 108-121.
17. He Jianwei, Zeng Zhenxiang, Li Zhiheng. Benefit Evaluation Framework of Intelligent Transportation Systems[J]. Journal of Transportation Systems Engineering & Information Technology, 2010, 10(1): 81-87. DOI:10.1016/S1570-6672(09)60025-8.
18. Iqbal K. et al. Intelligent transportation system (ITS) for smart-cities using Mamdani fuzzy inference system //International journal of advanced computer science and applications. – 2018. – Т. 9. – №. 2.
19. Jamshidnejad A., De Schutter B. A combined probabilistic-fuzzy approach for dynamic modeling of traffic in smart cities: Handling imprecise and

uncertain traffic data //Computers and Electrical Engineering. – 2024. – T. 119. – C. 109552.

20. Kabir M. H., Islam M. S., Hoque M. J. Fuzzy Based Intelligent Transportation Systems for Smart Cities to Mitigate Road Traffic Congestion //2024 International Conference on Innovations in Science, Engineering and Technology (ICISET). – IEEE, 2024. – C. 1-6.

21. Khan A., Abbas S. Intelligent transportation system for smart-cities using fuzzy logic //Lahore Garrison University Research Journal of Computer Science and Information Technology. – 2018. – T. 2. – №. 2. – C. 64-79.

22. Kulev A. V. Quality Ratios for Public Transport Services / A. V. Kulev, A. N. Novikov, S. V. Eremin [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2021. - Vol. 1118, No. 1. - P. 012019. - DOI 10.1088/1757-899x/1118/1/012019

23. Li Yang, Zhai Jun, Chen Yan. Using ontology to realize semantic integration of intelligent transportation system[J]. Information Technology, 2005, 29(6):4. DOI:10.3969/j.issn.1009-2552.2005.06.003.

24. Mendel J. M. Uncertain rule-based fuzzy logic systems: introduction and new directions. Prentice //Upper Saddle River. – 2001.

25. Naumov V. et al. Fuzzy-logic approach to estimate the passengers' preference when choosing a bus line within the public transport system //Communications-Scientific letters of the University of Zilina. – 2021. – T. 23. – №. 3. – C. A150-A157.

26. Novikov A. Adaptation capacity of the traffic lights control system (TSCS) as to changing parameters of traffic flows within intellectual transport systems (ITS) / A. Novikov, I. Novikov, A. Katunin, A. Shevtsova // Transportation Research Procedia Cep. «12th International Conference «Organization and Traffic Safety Management in Large Cities», SPbOTSIC 2016» 2017. - P. 455-462.

27. Razali R., Jaafar J. Fuzzy Based Approach for Complaint Management //International Conference on Informatics Engineering and Information Science. – Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011. – C. 386-400.

28. Roy S., Jana D. K., Mishra A. Linguistic interval type 2 fuzzy logic-based exigency vehicle routing: IoT system development for smart city applications with soft computing-based optimization //Franklin Open. – 2024. – Т. 6. – С. 100057.
29. Sharkadi M., Dorovtsi A. BUILDING A FUZZY MODEL FOR DETERMINING THE LEVEL OF SOCIAL WELL-BEING OF THE POPULATION //Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2024. – Т. 130. – №. 4.
30. Swain N. K. A survey of application of fuzzy logic in intelligent transportation systems (ITS) and rural ITS //Proceedings of the IEEE SoutheastCon 2006. – IEEE, 2006. – С. 85-90.
31. Yusupov F. X. X., Ibragimov M. F., Babayazov S. P. Prediction of Interactions Between Social Groups and Decision-Making Using Fuzzy Models //2024 IEEE 3rd International Conference on Problems of Informatics, Electronics and Radio Engineering (PIERE). – IEEE, 2024. – С. 1520-1523.
32. Zadeh, L. A.: The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I. *Information Sciences* 8, 199–249 (1975)
33. Агапов А. А. Синтез интеллектуальных алгоритмов управления транспортными системами с использованием квазиоптимальных законов и нечеткого логического вывода: диссертация ... кандидата технических наук: 2.9.8. / Агапов Александр Андреевич. – Ростов-на-Дону, 2023. – 149 с.
34. Агафонов А. А. Методы и алгоритмы обработки гетерогенной информации и адаптивного управления в интеллектуальной транспортной системе : диссертация ... доктора технических наук: 2.3.1. / Агафонов Антон Александрович. – Самара, 2023. – 397 с.
35. Бакулов П. А. Разработка экспертной системы поддержки пользователей в сфере технического сервиса легкового автотранспорта: диссертация ... кандидата технических наук: 05.22.10 / Бакулов Петр Андреевич. – Москва, 2020. – 111 с.

36. Балашов Е. Б. Устойчивое развитие и цифровая трансформация инфраструктурных отраслей жизнеобеспечения крупнейших городов: методология исследования и практика реализации: автореферат диссертация ... доктора экономических наук: 5.2.3. / Балашов Евгений Борисович. – Москва, 2025. – 360 с.
37. Басков В. Н., Исаева Е. И. Оценка уровня интеллектуализации дорожнотранспортной системы // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 2(77). – С. 76-84. – DOI 10.33979/2073-7432-2022-77-2-76-84. – EDN GNKUNP.
38. Беев А. П. Анализ и оптимизация городской транспортной системы / А. П. Беев, Ю. А. Меркулов, С. В. Перфильев, Н. И. Федотов // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. – 2015. – № 7(77). – С. 59-61.
39. Белешев Д. А. Проблемы развития российских интеллектуальных транспортных систем / Д. А. Белешев // Вестник гражданских инженеров. – 2020. – № 2(79). – С. 152-160. – DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-2-152-160. – EDN JVBLJW.
40. Булатова О. Ю. Адаптация транспортной инфраструктуры к системе "умный город" // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – № 2(73). – С. 92-98. – DOI 10.33979/2073-7432-2021-73-2-92-98. – EDN CRQHGS.
41. Булатова О. Ю. Применение элементов интеллектуальных транспортных систем при организации транспортно-логистического обслуживания во время проведения массовых городских мероприятий / О. Ю. Булатова // Дороги и мосты. – 2022. – № 1 (47). – С. 294-304.
42. Булатова О. Ю. Принципы функционирования транспортной инфраструктуры в умных городах / О. Ю. Булатова // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 3-1 (78). – С. 73-78.
43. Бычкова К. А. Современные методы сбора и обработки данных о дорожно-транспортных происшествиях / К. А. Бычкова, А. В. Подкопаев,

А. Г. Шевцова, В. В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. – 2025. – № 1- 4(88). – С. 74-80. – DOI 10.33979/2073-7432-2025-1-4(88)-74-80.

44. Власов В. М. Повышение безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах на основе использования современных методов контроля качества работ по их содержанию / В. Н. Богумил, В. М. Власов, Ю. В. Гусейналиев, А. А. Неретин // Мир транспорта и технологических машин. – 2025. – № 2-1(89). – С. 60-67. – DOI 10.33979/2073-7432-2025-2-1(89)-60-67. – EDN ZWKURT.

45. Гребенкина С. А. Интеллектуальные транспортные системы как фактор социально-экономического развития / С. А. Гребенкина, И. А. Гребенкина, А. Л. Благодир // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. – 2020. – № 2. – С. 317-329. – DOI 10.15593/2224-9354/2020.2.23. – EDN WUZLHA.

46. Донченко Д. С. Прогнозирование степени тяжести последствий ДТП с использованием методов машинного обучения / Д. С. Донченко, Н. П. Садовникова, Д. С. Парыгин // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2019. – № 4(31). – С. 176-180.

47. Еремин С. В. Методология организации перевозок пассажиров городским общественным транспортом в условиях перспективного территориального развития города: диссертация ... доктора технических наук: 2.9.4. / Еремин Сергей Васильевич. – Орел, 2022. – 299 с.

48. Еремин С. В. Управление информационными потоками в транспортнодорожном комплексе (региональный аспект) / С. В. Еремин // Информационно-управляющие системы. – 2012. – № 6(61). – С. 94-96. – EDN PIWQIF.

49. Жанказиев С. В. Интеллектуальные транспортные системы в обеспечении безопасности дорожного движения / С. В. Жанказиев // Актуальные проблемы деятельности по обеспечению безопасности дорожного движения (состояние, проблемы, пути совершенствования) : материалы

МНПК, Санкт-Петербург, 26 февраля 2019 года /

Составители: А. В. Вашкевич, А. В. Ефимовский. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет МВД РФ, 2019. – С. 124- 128. – EDN RSEIZW.

50. Жанказиев С. В. Научные основы и методология формирования интеллектуальных транспортных систем в автомобильно-дорожных комплексах городов и регионов: диссертация ... доктора технических наук: 05.22.01 / Жанказиев Султан Владимирович. – Москва 2012. – 451 с.

51. Жанказиев С. В. Решение задачи регулирования дорожного движения на основе автоматизированной системы управления [Текст] / В. Е. Медведев, А. В. Соломатин, О. О. Варламов, А. М. Ивахненко // Журнал «В мире научных открытий» - Красноярск: Научно-инновационный центр, Проблемы науки и образования, № 2. 6 (26)2012, – С. 124-129.

52. Зайцева А. А., Дудаев Н. О., Зайцев Е. А., Кильмаков Д. К. Высокопроизводительный вычислительный комплекс для интеллектуальной транспортной системы // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2022. – Т. 18, № 2. – С. 107-120. – DOI 10.17122/1999-5458-2022-18-2-107- 120. – EDN AIJRLH.

53. Зырянов В. В. Развитие архитектуры интеллектуальных транспортных систем / В. В. Зырянов, Е. О. Андреев, С. В. Жанказиев, А. С. Павлов // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2024. – Т. 18, № 1. – С. 38-43. – DOI 10.36724/2072-8735-2024-18-1-38-43. – EDN HNTJMK.

54. Ильина И. Е. Индексы для оценки уровня безопасности дорожного движения в регионах / И. Е. Ильина, Е. Е. Витвицкий // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2025. – Т. 22, № 1(101). – С. 68-77. – DOI 10.26518/2071-7296-2025-22-1-68-77.

55. Кабашкин И. В. Интеллектуальные транспортные системы: интеграция глобальных технологий будущего / И. В. Кабашкин // Транспорт Российской Федерации. – 2010. – № 2(27). – С. 34-38. – EDN LTASLL.

56. Карташов О. О. Методы представления слабоструктурированных данных и извлечения знаний для интеллектуального анализа ситуаций:

диссертация ... кандидата технических наук: 05.13.17 / Карташов Олег Олегович. – Ростов-на-Дону, 2019. – 164 с.

57. Кочерга В. Г. Основы функционирования интеллектуальных транспортных систем в организации движения и перевозок диссертация ... доктора технических наук: 05.22.01 / Кочерга Виктор Григорьевич. – Москва, 2001. – 345 с.

58. Криволапова О. Ю. Оценка эффективности организации дорожного движения при перераспределении транспортных потоков : диссертация ... кандидата технических наук: 05.22.10 / Криволапова Ольга Юрьевна. – Ростов-на-Дону, 2016. – 155 с.

59. Криволапова О. Ю., Ли В. Опыт применения интеллектуальных транспортных систем в Китайской народной республике // Мир транспорта и технологических машин. – 2018. – № 1(60). – С. 88-93. – EDN XMPWPB.

60. Кулев А. В. Повышение безопасности дорожного движения в городе Орле с применением средств имитационного моделирования / А. В. Кулев, М. В. Кулев, Д. О. Ломакин // Мир транспорта и технологических машин. – 2025. – № 2-4(89). – С. 28-34. – DOI 10.33979/2073-7432-2025-2-4(89)-28-34. – EDN IWASNJ.

61. Куликов А. В. Разработка системы принятия решений при проектировании умной остановки в транспортно-пересадочных узлах городского пассажирского транспорта / А. В. Куликов // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 4-1(87). – С. 3-11. – DOI 10.33979/2073-7432-2024-4-1(87)-3-11. – EDN XCRYNA.

62. Куракина Е. В. Методология обеспечения безопасности движения по критерию «нулевой смертности» в дорожно-транспортных происшествиях: диссертация ... доктора технических наук: 2.9.5 / Куракина Елена Владимировна. Орел, 2022. – 424.

63. Куракина Е. В., Склярова А. А. Повышение уровня безопасности дорожного движения в системе "Участник дорожного движения - Транспортное средство - Дорога - Внешняя среда"

/ Е. В. Куракина, А. А. Склярова // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2020. – Т. 17, № 4(74). – С. 488-499. – DOI 10.26518/2071-7296-2020-17-4-488-499.

64. Кущенко Л. Е. Научные основы повышения безопасности дорожного движения в городских агломерациях: диссертация ... доктора технических наук: 2.9.5. / Кущенко Лилия Евгеньевна. – Орел, 2024. – 301 с.

65. Кущенко Л. Е. Прогнозирование ДТП как один из способов снижения смертности / Л. Е. Кущенко // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 2(81). – С. 67-73. – DOI 10.33979/2073-7432-2023-2(81)-67-73.

66. Макарова Е. А. Модели и алгоритмы обработки слабоструктурированных текстовых данных на основе методов искусственного интеллекта: диссертация ... кандидата технических наук: 2.3.1. / Макарова Елена Андреевна. – Брянск, 2023. – 166 с.

67. Малыгин И. Г., Комашинский В. И., Королев О. А. Внедрение когнитивных технологий обеспечения безопасности дорожного движения в интеллектуальные транспортные системы // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2018: Материалы МНПК, Санкт-Петербург, 13–14 ноября 2018 года. Том 2. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2018. – С. 7-13. – EDN WIWJFK.

68. Меренков А. О. Организационно-экономические аспекты формирования интеллектуальных транспортных систем в сфере городского пассажирского транспорта: диссертация ... кандидата экономических наук: 08.00.05 / Меренков Артем Олегович; [Место защиты: Гос. ун-т упр.]. – Москва, 2016. – 179 с.

69. Митряев И. С. О возможности извлечения информации из открытых источников для интеллектуальных транспортных систем

/ И. С. Митряев // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ - 2024): Сборник научных статей 16-й Международной научно-технической конференции, Курск, 15 ноября 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 75-78. – EDN EXTUAN.

70. Митряев И. С. Использование интеллектуальной транспортной системы для повышения безопасности дорожного движения / И. С. Митряев // Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования. – 2021. – № 1(4). – С. 310-315. – EDN QXBKCI.

71. Митряев И. С. Методы повышения точности извлечения информации из социальных сетей для интеллектуальных транспортных систем / И. С. Митряев, А. Н. Новиков, А. А. Кравченко, С. В. Еремин // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 4-2(87). – С. 114-121. – DOI 10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-114-121. – EDN BMDYRE.

72. Митряев И. С. Особенности и перспективы цифровой трансформации транспортной отрасли при помощи интеллектуальных систем / И. С. Митряев // Актуальные вопросы административно-правовой деятельности органов внутренних дел: Сборник статей. – Орел: Орловский юридический институт МВД РФ имени В.В. Лукьянова, 2022. – С. 62-65. – EDN ZAHKUX.

73. Митряев И. С. Социальные аспекты взаимодействия граждан с интеллектуальными транспортными системами: вызовы и возможности / И. С. Митряев // Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования: Сборник материалов XVIII МНПК. В 2-х частях, Орёл, 25–26 апреля 2024 года. – Орёл: Орловский юридический институт МВД РФ им. В. В. Лукьянова, 2024. – С. 57-61. – EDN MYIHDT.

74. Митряев, И. С. Аспекты эффективности интеллектуальных транспортных систем / И. С. Митряев // Мир транспорта и технологических

машин. – 2024. – № 4-3(87). – С. 89-95. – DOI 10.33979/2073-7432-2024-4-3(87)-89-95. – EDN QNWUVJ.

75. Николаева Р. В. Совершенствование транспортной системы на основе развития интеллектуальных транспортных систем / Р. В. Николаева // Современные проблемы безопасности жизнедеятельности: интеллектуальные транспортные системы : Материалы IV МНПК, Казань, 25–26 февраля 2016 года. – Казань: Научный центр безопасности жизнедеятельности, 2016. – С. 387-392. – EDN YPACUN.

76. Новиков А. Н. Современная оценка проблемы безопасности дорожного движения: монография / А. Н. Новиков, И. А. Новиков, А. Г. Шевцова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2021. – 108 с.

77. Новиков А. Н. Публично-правовое регулирование сферы дорожного хозяйства в Российской Федерации / А. Н. Новиков, И. С. Митряев // Научный вестник Орловского юридического института МВД России имени В.В. Лукьянова. – 2024. – № 3(100). – С. 100-108. – EDN GATXJV.

78. Новиков А. Н. Пути повышения безопасности функционирования общественного транспорта в условиях перспективного развития города / А. Н. Новиков, С. В. Еремин, А. Г. Шевцова. – Белгород-Орел : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2023. – 239 с. – ISBN 978-5-361-01180-3.

79. Новиков А. Н. Совершенствование организаций дорожного движения путем информатизации взаимодействия органов публичной власти с участниками дорожного движения и иными организациями / А. Н. Новиков, И. С. Митряев // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 3-3(82). – С. 109-115. – DOI 10.33979/2073-7432-2023-3-3(82)-109-115. – EDN ZPULRU.

80. Новиков А. Н., Еремин С. В., Кулев А. В., Ломакин Д. О. Проблемы внедрения интеллектуальных транспортных систем в регионах // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – № 1(72). – С. 47-54. – DOI 10.33979/2073-7432-2021-72-1-47-54. – EDN LJEINH.

81. Новиков И. А., Научно-методологический подход к снижению аварийности на дорогах Российской Федерации / И. А. Новиков, А. А. Кравченко, А. Г. Шевцова, В. В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. - № 3 (66). – С. 58-64.

82. Остапенко И. Н. Опыт Японии развития интеллектуальных транспортных систем / И. Н. Остапенко, Р. С. Усенко // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2018. – № 11(117). – С. 36. – EDN UEUQFE.

83. Парыгин Д. С. Управляемое данными развитие урбанизированных территорий / Д. С. Парыгин. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2021. – 124 с. – ISBN 978-5-9948-4043-6. – EDN OGBLZM.

84. Пирогов Я. Е. Концепция информационно-аналитической платформы в дорожно-транспортной системе мегаполиса / Я. Е. Пирогов, С. С. Евтюков, А. В. Терентьев // Вестник гражданских инженеров. – 2022. – № 5(94). – С. 123-129. – DOI 10.23968/1999-5571-2022-19-5-123-129.

85. Прохорова А. А., Сабинин А. А. Перспективы развития интеллектуальной транспортной системы в Российской Федерации // Современное состояние и перспективы обеспечения безопасности дорожного движения: теория и практика: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Орёл, 27 ноября 2020 года. – Орёл: Орловский юридический институт МВД РФ имени В. В. Лукьянова, 2020. – С. 88-94. – EDN BKCRHY.

86. Пугачев И. Н. Разработка планов устойчивой городской мобильности и цифровая трансформация в области организации дорожного движения, путь к дальнейшему развитию городов и страны в целом / И. Н. Пугачев, Д. В. Капский // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 3-2(82). – С. 92-99. – DOI 10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-92-99.

87. Ризаева Ю. Н. Интеллектуальные методы управления транспортными системами: монография / А. С. Сысоев, С. А. Ляпин, А. В. Галкин [и др.]. - 3-е изд. - Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2023. - 192 с. - ISBN 978-5-394-05235-4.
88. Родимцев, С. А. Оценка уровня GSM сигнала для решения задач цифровой трансформации сельхозпроизводства / А. Я. Гааб, Т. И. Гуляева, С. А. Родимцев // Информационные системы и технологии. – 2021. – № 5(127). – С. 55-64. – EDN FDPXUV.
89. Розенберг И. Н. Интеллектуальные транспортные системы как системы управления / И. Н. Розенберг // Славянский форум. – 2016. – № 4(14). – С. 204-211. – EDN XBWCCJ.
90. Савин Г. В. Интеллектуальная транспортная система: оптимизация потоковых процессов в городе - наброски будущих изменений // Russian Economic Bulletin. – 2020. – Т. 3, № 6. – С. 101-108. – EDN UFXRTI.
91. Сафиуллин Р. Р. Комплексные подходы внедрения интегрированных интеллектуальных технологий в транспортные системы / Р. Р. Сафиуллин, Л. А. Симонова. – Москва: ООО «Директ-Медиа», 2024. – 500 с. – ISBN 978-5-4499-4374-3. – DOI 10.23681/712933. – EDN TSBCKB.
92. Семкин А. Н. Совершенствование управления процессами перевозки пассажиров в городских агломерациях на основе интеллектуальных транспортных систем: диссертация ... кандидата технических наук: 2.9.8. / Семкин Александр Николаевич. – Орел, 2024. – 189 с.
93. Толстой О. В. Метод повышения уровня безопасности местных автомобильных дорог / О. В. Толстой, А. Г. Шевцова // Научный портал МВД России. – 2024. – № 1(65). – С. 60-68.
94. Филиппова Н. А. Синергия интеллектуальных и транспортных систем для обеспечения связности территорий как фактор повышения качества жизни населения России: Учебное пособие / Н. А. Филиппова, И. А. Башмаков, А. А. Неретин. – Москва: Общество с ограниченной

ответственностью "Техполиграфцентр", 2025. – 348 с. – ISBN 978-5-94385-229-9. – EDN DJEQPH.

95. Фроленкова Л. Ю. Совершенствование дорожного движения в городе Красноярске на основе интеллектуальных транспортных технологий / Л. Ю. Фроленкова, С. В. Еремин, А. Н. Новиков, А. В. Кулев, М. В. Кулев, // Мир транспорта и технологических машин. - 2023. - № 1-1(80). - С. 76-86. - DOI 10.33979/2073-7432-2023-1(80)- 1-76-86.

96. Чепрасова А. А. Интеллектуальная логистика: новые горизонты с искусственным интеллектом / А. А. Чепрасова, О. В. Сторожева, С. В. Дорохин, // Современные системы и технологии на транспорте: проблемы и перспективы : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, Воронеж, 24–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2025. – С. 80-83. – DOI 10.58168/MSTT2025_80-83. – EDN FJXTFS.

97. Чупин А. Л. Интеллектуальные транспортные системы как фактор формирования единого транспортного пространства ЕАЭС: на примере международных автомобильных перевозок грузов: диссертация ... кандидата экономических наук: 5.2.5. / Чупин Александр Леонидович. – Москва, 2023. – 176 с.

98. Шевцова А. Г. Валидность закона Смида в условиях реализации программы Vision Zero / А. Г. Шевцова // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – № 4(75). – С. 49-57. – DOI 10.33979/2073-7432-2021-75-4-49-57.

99. Шевцова А. Г. Методология управления городскими транспортными потоками на основе обеспечения безопасности дорожного движения: диссертация ... доктора технических наук: 2.9.5. / Шевцова Анастасия Геннадьевна. Орел, 2022. – 305 с.

100. Шевцова А. Г. Роль интеллектуальных транспортных систем в повышении безопасности дорожного движения: зарубежный опыт и

российские перспективы / А. Г. Шевцова, А. В. Подкопаев, И. Н. Гвоздевский, С. Е. Савотченко // Актуальные вопросы административно-правовой деятельности органов внутренних дел : Сборник научных статей научно-практических конференций, Орёл, 21 мая – 27 2025 года. – Орел: Орловский юридический институт МВД РФ им. В.В. Лукьянова, 2025. – С. 88-93. – EDN ZNTTZL.

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

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Акты внедрения

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель начальника
управления строительства,
дорожного хозяйства и
благоустройства
Соломкин М.В.

дорожного хозяйства и
благоустройства
Соломкин М.В.



AKT

внедрения результатов диссертационного исследования

Повышение оперативности реагирования интеллектуальных транспортных систем на основе архитектурно согласованной интеграции слабоструктурированных социальных данных» соискателя Митряева И.С.

Мы нижеподписавшиеся, комиссия в составе:

Заместитель начальника отдела ИТС Тарусина Т.А.

Главный специалист отдела ИТС Холченков О.И.

Главный специалист отдела ИТС Кухарев К.С.

Составлен настоящий акт о том, что в результате выполнения диссертационного исследования соискателем Митряевым И.С. по теме «Повышение оперативности реагирования интеллектуальных транспортных систем на основе архитектурно согласованной интеграции слабоструктурированных социальных данных» в деятельность были внедрены:

ограмма для ЭВМ «Система сбора слабоструктурированных данных из открытых источников для анализа транспортной ситуации».

ограмма для ЭВМ «Система интеллектуальной обработки обращений граждан для интеграции в интеллектуальные транспортные системы».

Указанные программные средства внедрены в интеллектуальную транспортную систему Орловской городской агломерации и способствуют повышению эффективности управления дорожным движением.

Председатель комиссии:

Члены комиссии:

Тарусина Т.А.

Холченков О.И.

Кухарев К.С.



МВД России

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ КАЗЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ОРЛОВСКИЙ ЮРИДИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ МИНИСТЕРСТВА ВНУТРЕННИХ ДЕЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИМЕНИ В.В. ЛУКЬЯНОВА»**

(Орловский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации
имени В.В. Лукьянова, Орловский юридический институт МВД России имени
В.В. Лукьянова, ОрЮИ МВД России имени В.В. Лукьянова, Орловский ЮИ МВД России
имени В.В. Лукьянова)

ул. Игнатова, д. 2, г. Орел, 302027, тел. (4862) 41-00-29, факс 41-48-56,
E-mail: orui@mvd.ru

АКТ

**Внедрения результатов диссертационного исследования «Повышение
оперативности реагирования интеллектуальных транспортных систем
на основе архитектурно согласованной интеграции
слабоструктурированных социальных данных»**

Митряева Ивана Сергеевича

Федеральное государственное казенное образовательное учреждение
высшего образования «Орловский юридический институт Министерства
внутренних дел Российской Федерации имени В.В. Лукьянова» настоящим
актом подтверждает что результаты диссертационного исследования
Митряева Ивана Сергеевича внедрены и используются в учебном процессе
при изучении дисциплин - «Организация дорожного движения» и
«Использование специальных учетов и автоматизированных
информационных систем в деятельности подразделений по обеспечению
безопасности дорожного движения» - направление подготовки:
40.03.02 Обеспечение законности и правопорядка Административная
деятельность полиции (деятельность сотрудника подразделения по
обеспечению безопасности дорожного движения). Исследование размещено в
электронной информационно-образовательной среде института.

Заместитель начальника института
по научной работе



Д.Ф. Флоря

ООО "ДОРИНВЕСТ"

ул. Лескова, д. 19, пом. 32, г. Орел, 302000, тел. (4862) 510-571, факс 510-571,
E-mail: dorznak2007@yandex.ru

АКТ

Внедрения результатов диссертационного исследования «Повышение оперативности реагирования интеллектуальных транспортных систем на основе архитектурно согласованной интеграции слабоструктурированных социальных данных»
Митряева Ивана Сергеевича

Общество с ограниченной ответственностью «Доринвест» настоящим актом подтверждает внедрение и аprobацию в масштабах г. Орла результатов диссертационного исследования Митряева Ивана Сергеевича, а именно информационно-цифровой системы интеллектуализации обработки слабоструктурированных данных обращений граждан. В производственную деятельность организации интегрированы программные решения, разработанные Митряевым И.С.: *Система сбора слабоструктурированных данных из открытых источников для анализа транспортной ситуации: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025687872 / И.С. Митряев, дата регистрации: 06.10.2025, дата публикации: 15.10.2025; Система интеллектуальной обработки обращений граждан для интеграции в интеллектуальные транспортные системы: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025692451 / И.С. Митряев, дата регистрации: 11.11.2025, дата публикации: 21.11.2025*

Система аprobирована на данных г. Орла по направлениям, относящимся к компетенции ООО «Доринвест», включая обслуживание светофорных объектов и элементов разметки. Применение разработанных модулей обеспечило: ускорение обработки обращений граждан по указанным категориям и повышение эффективности использования трудовых и временных ресурсов при обслуживании объектов.

ООО «Доринвест» подтверждает практическую значимость внедрённых решений и возможность их дальнейшего применения в регулярной деятельности.

Генеральный директор

Абрамков С. В.



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

Объекты интеллектуальной собственности

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2025687872

Система сбора слабоструктурированных данных из
открытых источников для анализа транспортной
ситуации

Правообладатель: **Митряев Иван Сергеевич (RU)**Автор(ы): **Митряев Иван Сергеевич (RU)**

Заявка № 2025686909

Дата поступления **06 октября 2025 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **15 октября 2025 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 00a570e4f7add8d531d4b8818e75f29506
Владелец Зубов Юрий Сергеевич
Действителен с 04.09.2025 по 28.11.2026

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2025692451

**Система интеллектуальной обработки обращений
граждан для интеграции в интеллектуальные
транспортные системы**

Правообладатель: **Митряев Иван Сергеевич (RU)**Автор(ы): **Митряев Иван Сергеевич (RU)**

Заявка № 2025690656

Дата поступления **11 ноября 2025 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **21 ноября 2025 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 00a5704e47faa58053104b8818e75f29506
Владелец: **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 04.11.2025 по 28.11.2026

Ю.С. Зубов