

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени кандидата
технических наук

Орел – 2026

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева».

Научный руководитель -

Еремин Сергей Васильевич
доктор технических наук

Официальные оппоненты:

Кущенко Лилия Евгеньевна
доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры «Эксплуатации и
организации движения автотранспорта»
ФГБОУ ВО «Белгородский
государственный технологический
университет имени В.Г. Шухова»

Феофилова Анастасия Александровна
кандидат технических наук, доцент, доцент
кафедры «Организация перевозок и
дорожного движения» ФГБОУ ВО
«Донской государственный технический
университет»

Ведущая организация -

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Воронежский
государственный лесотехнический
университет имени Г.Ф. Морозова»

Защита диссертации состоится «24» апреля 2026 г. в 11:00 час. на заседании объединенного диссертационного совета 99.2.138.02 на базе ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» по адресу: 302030, г. Орел, ул. Московская, д. 77, ауд. 426.

С диссертацией можно ознакомиться на официальном сайте ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» (<http://oreluniver.ru>) и в фундаментальной библиотеке по адресу: 302028, г. Орел, пл. Каменская, д. 1.

Автореферат разослан «__» _____ 2026 г. Объявление о защите диссертации и автореферат диссертации размещены в сети Интернет на официальном сайте ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» (<http://oreluniver.ru>) и на официальном сайте Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (<https://vak.gisnauka.ru>).

*Отзывы на автореферат, заверенные печатью организации, в двух экземплярах направлять в диссертационный совет 99.2.138.02 по адресу:
302030, г. Орел, ул. Московская, д. 77, тел.: + 79208120727,
e-mail: maxim.ka@mail.ru*

Ученый секретарь
диссертационного совета,
канд. техн. наук, доцент



Кулев Максим Владимирович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Для современных интеллектуальных транспортных систем (ИТС) 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 (БДД).

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.

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.

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.

Степень разработанности темы. Вопросам реализации ИТС 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.

Цель настоящей работы – 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. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

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 управленчески 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 управленческого 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 управленческих признаков, интегрируемых в контур информационного обеспечения интеллектуальных транспортных систем, направленные на повышение оперативности реагирования.

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:

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 управленческих 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 управленческого реагирования.

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

Практическая значимость подтверждается разработкой и внедрением программного обеспечения для интеллектуальной обработки слабоструктурированных данных обращений граждан и их включения в информационный контур действующих ИТС, что сокращает время управленческого 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 управленческого 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»).

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 управленческой 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.).

Реализация результатов работы. Теоретические, научно-методические, прикладные и экспериментальные исследования, связанные с интеллектуальной обработкой слабоструктурированных социальных данных и их внедрением в

архитектуру ИТС; Разработанные методы, модели и алгоритмы реализованы в виде специализированных программных комплексов, обеспечивающих автоматизированный сбор, анализ, формализацию и интерпретацию обращений граждан с последующей передачей результатов в подсистемы ИТС, что позволило использовать социальные данные в качестве сигнального информационного слоя, который не подменяет телематические потоки, а инициирует их целенаправленную проверку, сокращая время реагирования.

Информационная база исследования. Законодательные и нормативные правовые акты, Распоряжение Правительства РФ от 27.11.2021 N 3363-р (ред. от 06.11.2024) «О Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года», 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», Национальный проект «Инфраструктура для жизни», региональные целевые программы развития ИТС, материалы федеральных и региональных органов власти, управлений и ведомств, статистические данные.

Личный вклад автора. Автором были сформулированы цель и задачи диссертационного исследования, определены и формализованы направления теоретических и экспериментальных исследований, включая разработку архитектуры и проведение экспериментов, которые были в полном объеме им проведены.

Соответствие диссертационной работы паспорту специальности. Выполненные исследования соответствуют основным положениям паспорта специальности 2.9.8. Интеллектуальные транспортные системы по пункту 1 «Теоретические основы, методы и алгоритмы интеллектуализации решения прикладных задач управления транспортными системами, процессами и транспортными средствами», пункту 3 «Формализованные методы обработки, анализа и передачи информации в ИТС, применение информационных, телематических и биоинформационных технологий для управления транспортными системами, процессами и транспортными средствами» и пункту 4 «Методы синтеза и эффективного использования специализированного информационного и программного обеспечения, баз и банков данных в ИТС».

Публикации. Основные теоретико-методологические положения и результаты диссертационного исследования опубликованы в 9 печатных работах, в том числе 3 научные статьи в изданиях, из перечня рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций.

В опубликованных работах автору принадлежат научные идеи, теоретические и расчётно-прикладные разработки, заключения и выводы.

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.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность исследования, связанная с необходимостью повышения оперативности управленческого реагирования в рамках регламентированных контуров управления ИТС. Показано, что существующие архитектуры ИТС ориентированы на телематические данные и недостаточно учитывают слабоструктурированные пользовательские информационные потоки. Сформулированы цель и задачи исследования, определены объект и предмет, раскрыта рабочая гипотеза, согласно которой интеграция методов обработки естественного языка и аппарата нечётких множеств при анализе обращений граждан может способствовать сокращению времени управленческой реакции. Представлены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, а также положения, выносимые на защиту, отражающие разработку метода интеллектуальной обработки слабоструктурированных социальных данных и концептуальной модели их интеграции в архитектуру контуров принятия решений ИТС.

В первой главе «Теоретические основы использования слабоструктурированных социальных данных в контурах управления интеллектуальных транспортных систем» формируется теоретико-методологическая основа исследования, направленная на уточнение понятийного аппарата и выявление архитектурных ограничений современных ИТС. На основе анализа отечественных и зарубежных научных публикаций, а также нормативно-стратегических документов, включая 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», выявляется структурное несоответствие между требованиями оперативного управления транспортной инфраструктурой и фактически используемыми информационными источниками.

Социальные данные в настоящем исследовании рассматриваются как дополнительный поток слабоструктурированных пользовательских сообщений, формируемых через цифровые каналы обратной связи. В нормативно-правовом контексте эти данные охватывают три основные категории: обращения граждан (предложения, заявления, жалобы), регулируемые Федеральным законом № 59-ФЗ и предусматривающие стандартный срок рассмотрения (от 7 до 60 дней); сообщения, направляемые через регламентированные каналы в рамках экспериментальных процедур согласно Постановлению Правительства № 1802, для которых допустимы сокращённые сроки обработки (от 10 дней); сведения, публикуемые на интернет-площадках, не подпадающие под действие указанных нормативных актов и не имеющие установленных регламентированных сроков реагирования. Такие сообщения часто содержат неполную или разрозненную информацию о событиях и могут выступать ранними сигналами («светофор не работает на ул. Ленина», «ямы у остановки»). Данные характеризуются неформализованной структурой, субъективностью оценок и лингвистической неопределённостью. В отличие от телематических данных, они не отражают физические параметры напрямую, но содержат индикативную информацию о проблемах, рисках и воспринимаемом качестве транспортной среды.

В результате интеллектуальной обработки социальные данные представляются в виде формализованных индикативных признаков, отражающих оценочную вероятность возникновения, пространственную локализацию и относительную критичность инфраструктурных проблем и используемых в качестве сигнального основания для инициирования регламентированных управленческих процедур в ИТС. Индикативные данные не используются для прямого управления транспортными потоками, а служат механизмом раннего обнаружения и приоритизации проблемных ситуаций, требующих дальнейшей верификации с помощью объективных источников. В работе социальные данные рассматриваются как информационный слой ИТС, формирующий гипотезы для последующей проверки и интеграции в контур принятия решений.

Анализ динамики пользовательских обращений, зарегистрированных в Администрации города Орла, свидетельствует об устойчивом росте их объёма при неизменной пропускной способности существующих регламентных процедур обработки (рисунок 1). Выявленный дисбаланс, дополнительно усугубляемый дефицитом кадровых ресурсов и несовершенством организационных процессов, ограничивает возможность масштабирования ручных методов анализа и подтверждает объективную необходимость перехода к интеллектуальным технологиям обработки социальных данных.

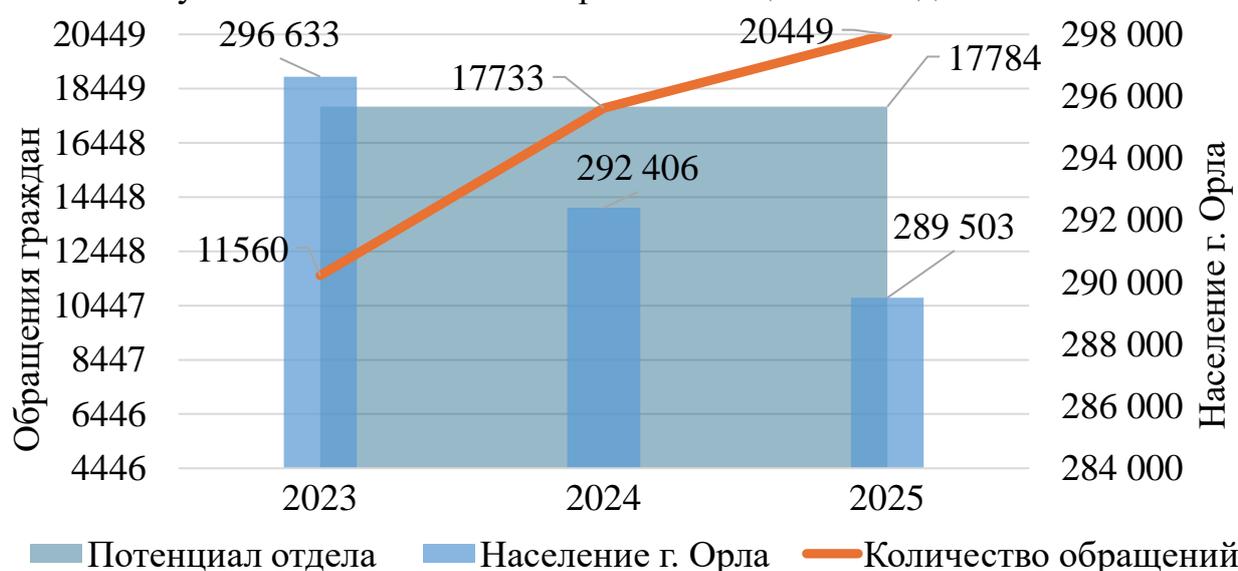


Рисунок 1 – Анализ динамики обращений граждан

В предлагаемом подходе пользовательские обращения интерпретируются не как административная нагрузка, а как дополнительный источник информации, дополняющий телематические данные. Их интеллектуальная обработка создаёт предпосылки для повышения скорости выявления локальных проблем, уточнения их пространственной локализации и учёта социального восприятия транспортной ситуации, что, в свою очередь, способствует повышению оперативности реагирования ИТС.

Оперативность реагирования ИТС в рамках работы формализуется как интегральная временная характеристика управленческого контура ИТС, количественно измеряемая по длительности этапов выявления, интерпретации,

принятия решения и инициирования управляющего воздействия. Данный показатель рассматривается как ключевой критерий эффективности системы, рассматриваемый как значимый фактор обеспечения безопасности дорожного движения и устойчивости транспортной инфраструктуры.

Под архитектурно согласованной интеграцией в исследовании понимается включение результатов интеллектуальной обработки социальных данных в сервисно-ориентированную архитектуру интеллектуальной транспортной системы в соответствии с положениями стандарта ISO 14813-1:2024 «Интеллектуальные транспортные системы. Архитектура эталонной модели для интеллектуальных транспортных систем. Часть 1. Сервисные домены в области интеллектуальных транспортных систем, сервисные группы и сервисы» и ориентированное на обеспечение семантической, информационной и функциональной согласованности с существующими телематическими и аналитическими подсистемами. Такая интеграция допускает использование формализованных результатов обработки обращений граждан в сервисных доменах безопасности, управления дорожным движением и информирования пользователей.

Показано, что существующие архитектуры ИТС ориентированы преимущественно на обработку формализованных машинно-генерируемых данных, что может приводить к формированию «информационных слепых зон», в которых остаются неучтёнными сигналы, поступающие от непосредственных пользователей транспортной инфраструктуры. Отсутствие системных механизмов включения слабоструктурированных пользовательских данных в управленческий контур увеличивает временные задержки выявления проблем и снижает адаптивность процессов принятия решений.

Анализ зарубежного опыта внедрения цифровых платформ гражданской обратной связи показывает, что использование пользовательских данных в управлении городской инфраструктурой в ряде случаев способствует сокращению времени реагирования и повышению адресности управленческих воздействий. Однако без формализованных методов интеллектуальной обработки и приоритизации такие данные остаются ограниченно масштабируемыми и не обеспечивают системного эффекта.

В связи с этим обосновывается целесообразность формирования гибридной методологии обработки социальных данных, сочетающей методы обработки естественного языка для извлечения семантического содержания, алгоритмы машинного обучения для классификации и тематической идентификации сообщений, а также аппарат нечёткой логики для формализации лингвистически неопределённых и субъективных оценок пользователей. Нечёткая логика используется для интерпретации вероятностных оценок, формируемых классификационными моделями, в формализованные интерпретируемые показатели критичности, пригодные для использования в контурах поддержки принятия решений.

Обзор существующих подходов к анализу текстовой информации показывает ограниченность классических статистических методов, основанных на частотных характеристиках, при работе с короткими, эмоционально

окрашенными и контекстно насыщенными сообщениями. Для решения задач семантического анализа и учёта контекста обосновывается применение моделей глубокого обучения на основе архитектур трансформеров, адаптированных к русскоязычным корпусам.

Во второй главе «Метод интеллектуальной обработки слабоструктурированных социальных данных для поддержки управленческих решений в ИТС» изложен разработанный метод интеллектуальной обработки слабоструктурированных социальных данных и представлены принципы его реализации, ориентированные на использование результатов анализа в автоматизированных контурах управления ИТС.

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

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

В рамках исследования требуется преобразовать данный корпус в множество структурированных управленческих сигналов, используемых в автоматизированных управленческих процедурах ИТС:

$$S = \{s_j \mid j = 1, \dots, M\}, \quad (2)$$

Каждый управленческий сигнал формализуется в виде кортежа:

$$s_j = \langle c_j, l_j, t_j, R_j, r_j \rangle, \quad (3)$$

где c_j – категория проблемы транспортной инфраструктуры или организации дорожного движения;

$l_j = (x_j, y_j)$ – пространственная привязка;

t_j – временная метка;

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

r_j – формализованная рекомендация по управленческому воздействию.

Для решения поставленной задачи разработана гибридная архитектура метода интеллектуальной обработки социальных данных (рисунок 2).

Представленная архитектура отражает многоуровневую организацию гибридной модели интеллектуальной обработки и интерпретации слабоструктурированных пользовательских данных, формируемых через различные цифровые каналы обратной связи. Центральным элементом архитектуры является конвейер обработки данных, реализующий последовательные этапы унификации, очистки, лингвистического анализа, извлечения признаков и тематической классификации сообщений. Интеграция модуля нечёткого вывода, реализованного на основе моделей Мамдани и ANFIS, ориентирована на интерпретацию вероятностных оценок классификаторов и формализацию экспертных представлений в условиях неполноты и противоречивости исходной информации. Результаты анализа визуализируются на операционной панели мониторинга и передаются во внешние системы посредством REST API, что обеспечивает замыкание управленческого цикла «социальный сигнал – анализ – поддержка управленческого решения».

Первый уровень гибридной архитектуры соответствует этапу предобработки и векторизации текстовых сообщений и реализует конвейер

очистки и лингвистического обогащения данных, включающий удаление шумовых элементов, нормализацию и лемматизацию текста.

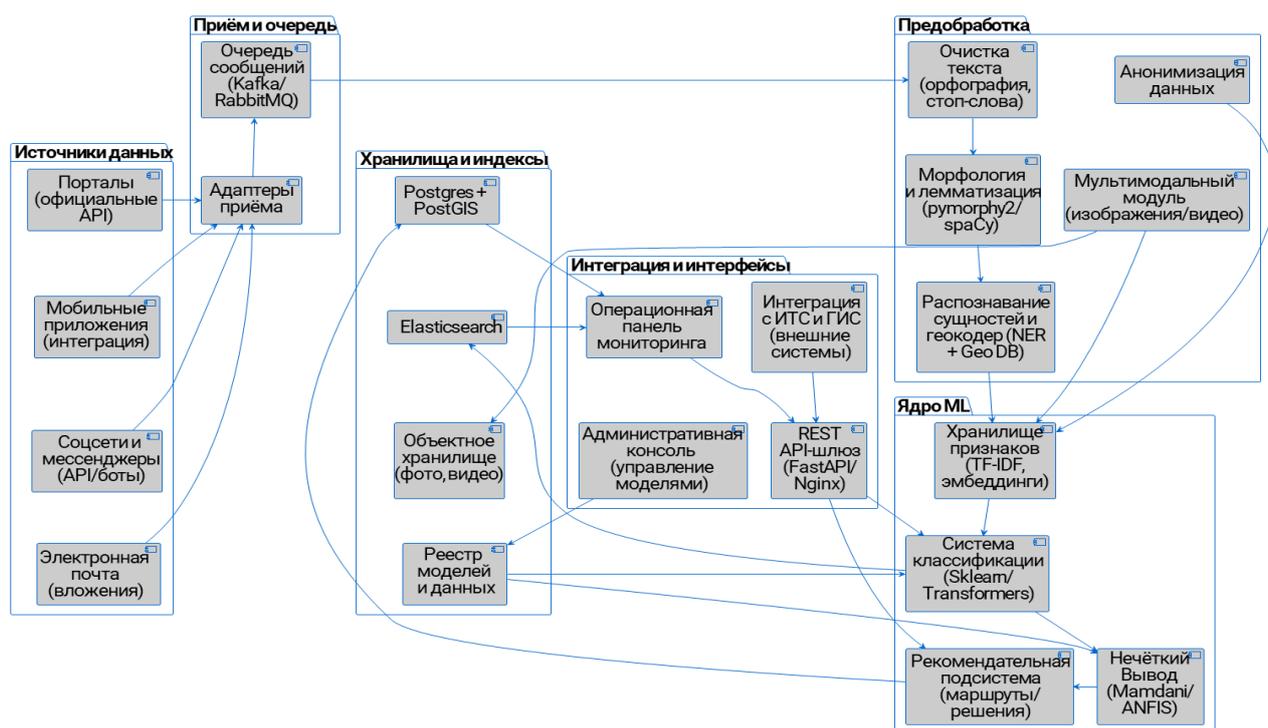


Рисунок 2 – Архитектура гибридной модели интеллектуальной обработки и интерпретации слабоструктурированных социальных данных

Выполняется извлечение именованных сущностей с приоритетом на топонимы, которые подвергаются обязательному геокодированию, что обеспечивает пространственную привязку пользовательских сообщений. Для инициализации семантических представлений текста используются предобученные эмбединги.

Второй уровень гибридной архитектуры реализует вероятностную тематическую классификацию сообщений на основе контекстной языковой модели RuBERT. В результате обработки каждого сообщения d_i формируется вероятностный вектор:

$$p(d_i) = (p_1(d_i), p_2(d_i), \dots, p_K(d_i)), \sum_{k=1}^K p_k(d_i) = 1, \quad (4)$$

где $p_k(d_i)$ отражает вероятность принадлежности сообщения к одной из тематических категорий, связанных с состоянием транспортной инфраструктуры и организацией дорожного движения. Основная категория определяется по правилу максимальной апостериорной вероятности:

$$c_i = \arg \max_k p_k(d_i) \quad (5)$$

Использование контекстной языковой модели способствует повышению устойчивости классификации при вариативности формулировок, разговорной лексике и эмоциональной окраске пользовательских сообщений.

Третий уровень гибридной архитектуры представляет собой модуль нечёткого вывода, предназначенный для интерпретации вероятностных и

оценочных признаков и количественной оценки критичности выявленных проблем. Входной вектор нечёткого модуля имеет вид:

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

где $p_{c_i}(d_i)$ – вероятность основной категории,

e_i – нормированная оценка эмоциональной окраски сообщения;

u_i – степень неопределённости текстового описания.

На основе системы продукционных правил по типу Мамдани и процедуры дефаззификации по методу центра тяжести вычисляется интегральный показатель критичности:

$$R_i = \mathcal{F}(z_i), \quad (7)$$

который используется для приоритизации обработки обращений и поддержки реагирования в управленческом контуре ИТС. Для формирования очередности реагирования используется агрегированный приоритет:

$$\pi(d_i) = R_i \cdot w_{c_i}, \quad (8)$$

где w_{c_i} – вес категории проблемы с точки зрения безопасности дорожного движения и устойчивости транспортной системы.

Модульная организация системы, включающая источники данных, подсистемы обработки, аналитическое ядро и интерфейсы интеграции (рисунок 3) представляет сквозную архитектуру обработки данных от момента их поступления до интеграции результатов в системы управления. Начальный этап включает консолидацию данных из разнородных цифровых каналов, их буферизацию и первичную адаптацию. Далее выполняется предобработка, включающая очистку, нормализацию, анонимизацию, обработку мультимедийных вложений и лингвистический анализ с выделением сущностей и геопривязкой. Полученные результаты сохраняются в специализированных хранилищах, обеспечивающих возможность поддержки полнотекстового и пространственного поиска.

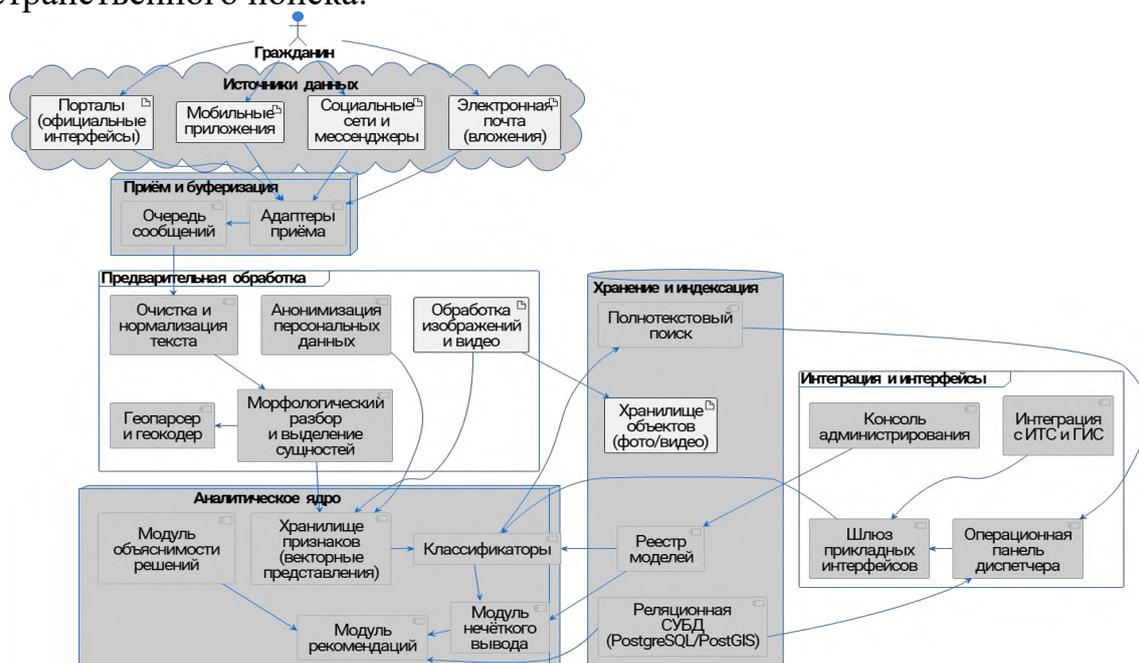


Рисунок 3 – Многоуровневая архитектура конвейера анализа и интерпретации пользовательских данных

Аналитическое ядро системы включает классификационные модели, модуль нечёткого вывода и модуль формирования рекомендаций. Для обеспечения прозрачности и доверия к результатам реализован механизм объяснимости решений. Управление версиями данных и моделей осуществляется через централизованный реестр. Итоговые результаты визуализируются на операционной панели и передаются во внешние интеллектуальные транспортные и геоинформационные системы, что обеспечивает архитектурно согласованное включение социальных данных в контур управления.

Третья глава «Экспериментальная оценка эффективности метода интеллектуальной обработки социальных данных» представляет верификацию разработанного метода на реальных пользовательских обращениях, поступающих по цифровым каналам обратной связи. Цель экспериментальных исследований – подтверждение эффективности, устойчивости и практической применимости предложенной гибридной модели в задачах поддержки управленческих решений в ИТС.

Экспериментальная часть исследования выполнена на репрезентативном корпусе, включающем 18 730 сообщений жителей г. Орла за 2024–2025 гг., собранных из социальных сетей ВКонтакте и Telegram, а также соответствующие официальные ответы органов исполнительной власти.

Для подготовки данных использован разработанный в рамках исследования конвейер предобработки, включающий очистку текстов, нормализацию, лемматизацию, извлечение именованных сущностей и анонимизацию персональных данных, что обеспечивает соответствие требованиям законодательства и повышает качество последующего анализа.

Экспериментальные результаты демонстрируют преимущество гибридной модели (RuBERT + нечёткий вывод) над базовыми подходами. Для сравнительной оценки использовалась F1-мера (гармоническое среднее точности и полноты), что обусловлено несбалансированностью категорий обращений и требованием минимизировать как пропуск инцидентов (ложноотрицательные срабатывания), так и ложные тревоги (ложноположительные срабатывания). Значение метрики составило 0,92 для гибридной архитектуры, 0,88 для изолированной модели RuBERT и 0,79 для классических статистических методов на TF-IDF. Наибольший прирост точности классификации (до +14%) получен для категории «Нарушение в работе светофоров», что объясняется способностью модуля нечёткого вывода эффективно интерпретировать контекстуальную неопределённость и субъективные формулировки («мигает», «работает неправильно», «путает»), плохо поддающиеся формализации в рамках чисто статистических моделей. Для визуализации структуры обращений выполнено лексико-семантическое исследование (рисунок 4), на основе которого построены частотные профили лемм и тематические кластеры, отражающие основные проблемные зоны транспортной инфраструктуры, упоминаемые гражданами.

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. Введён 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 околореального 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 с данными 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 5 – Интеграция результатов исследования в порядок рассмотрения обращений граждан

Для оценки устойчивости и переносимости разработанного метода проведено тестирование на независимой выборке, включающей 3141 сообщение жителей г. Мценска. Снижение точности классификации при переносе модели составило 5,2%, что указывает на устойчивость и способность подхода к обобщению на данные из других муниципальных образований. Верификация результатов дополнена сопоставлением выводов интеллектуальной системы с независимыми экспертными оценками специалистов в области организации дорожного движения. Анализ показал высокую степень согласованности: совпадение оценок в 89% случаев для типовых ситуаций и в 76% случаев для сложных мультифакторных обращений. Проведённые эксперименты показывают, что предложенная гибридная модель демонстрирует высокую точность тематической классификации обращений граждан и формирует интерпретируемые, количественно обоснованные оценки их критичности, пригодные для интеграции в автоматизированные системы управления ИТС.

Четвертая глава «Архитектурная реализация и оценка внедрения метода в интеллектуальные транспортные системы» описывает реализацию методологических разработок в функционирующее программное средство, ориентированное на эксплуатацию в условиях городской транспортной инфраструктуры. Функциональная организация кроссплатформенного модуля системы и его интерфейсная реализация представлены на визуализации

интерфейса (рисунок 6), демонстрирующего последовательность обработки пользовательских данных и формирование аналитических материалов, используемых при принятии управленческих решений.

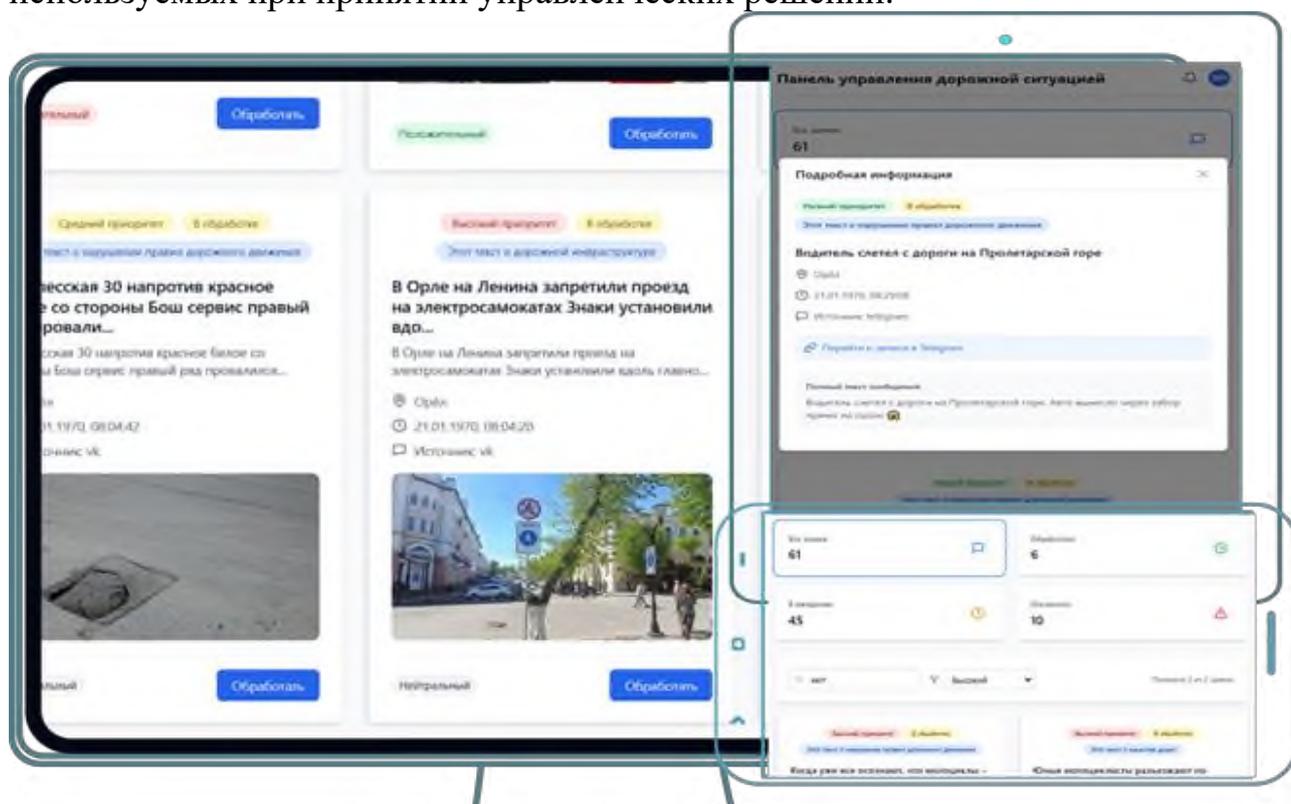


Рисунок 6 – Адаптивный кроссплатформенный интерфейс интеллектуальной подсистемы обработки обращений

В главе представлена детализированная архитектура программного комплекса, реализованного в виде двух зарегистрированных программ для ЭВМ (рисунок 7). На схеме отображена гибридная архитектура интеллектуальной системы с интеграцией в ИТС г. Орла, включающая модули сбора телематических данных, нечётко-онтологический блок, хранилище обращений, векторное пространство признаков, блок машинного обучения и модуль генерации уточняющих вопросов. Система реализует полный цикл обработки: от сбора данных из открытых источников (официальные порталы, соцсети через API) до генерации структурированных событий для ИТС. Её функционально-структурная организация, построенная по модульному принципу, ориентирована на гибкость, масштабируемость и возможность бесшовной интеграции в существующую ИТС-инфраструктуру без её кардинальной перестройки.

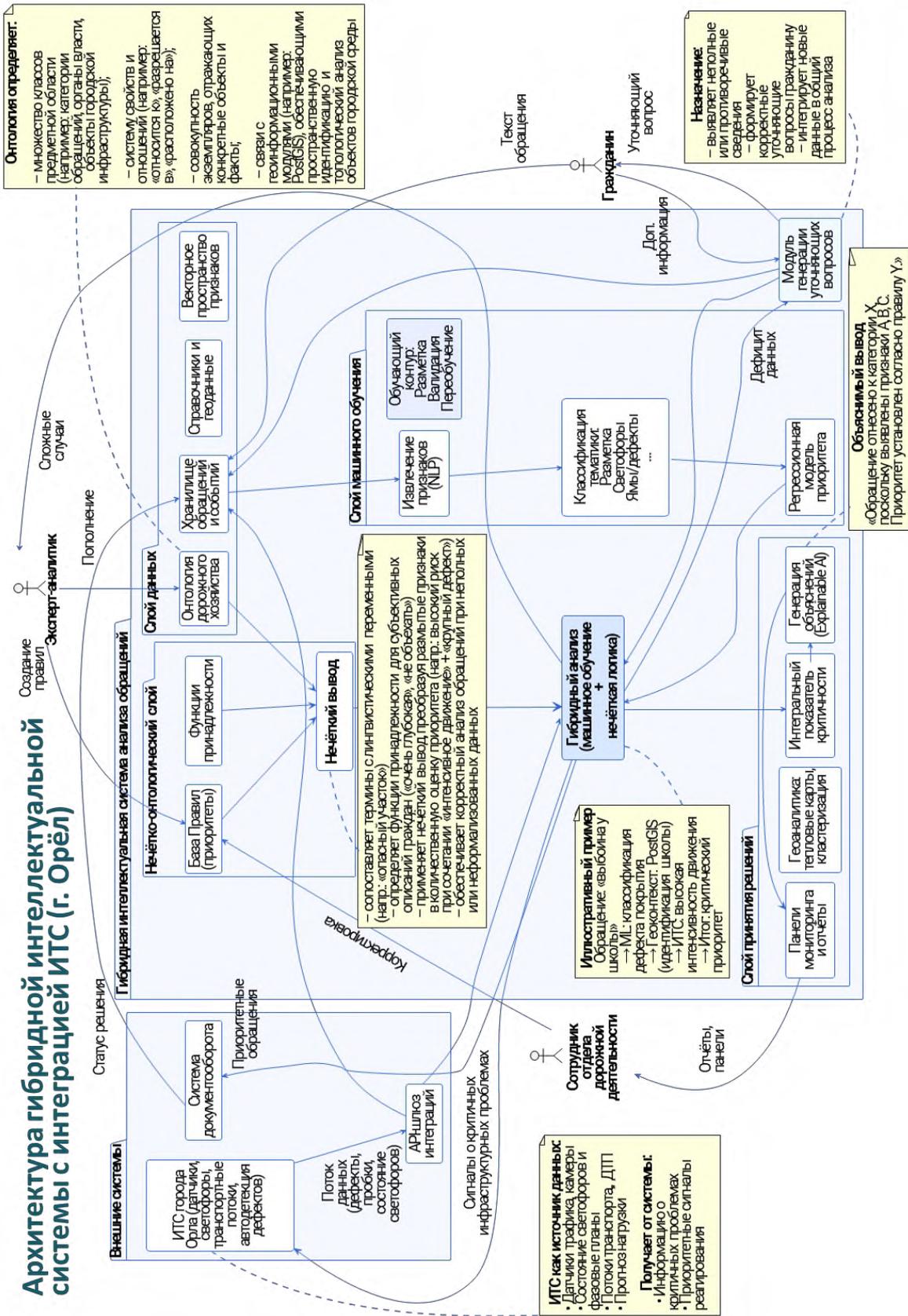


Рисунок 7 – Архитектура гибридной интеллектуальной системы с интеграцией в ИТС г. Орла

Разработана модель интеграции слабоструктурированных социальных данных (рисунок 8), формируемых в результате мультиканального взаимодействия пользователей транспортной инфраструктуры, в ИТС, соответствующая требованиям ГОСТ Р ИСО 14813-1. Модель охватывает полный цикл обработки данных, поступающих по официальным цифровым

решения согласуется с требованиями модульности, интероперабельности и стандартизации, зафиксированным в актуальных нормативных документах.

Проработаны сквозные сценарии функционирования системы (рисунок 9), включающие автоматическую классификацию, генерацию первичных ответов, уточняющий диалог и эскалацию сложных кейсов к оператору.

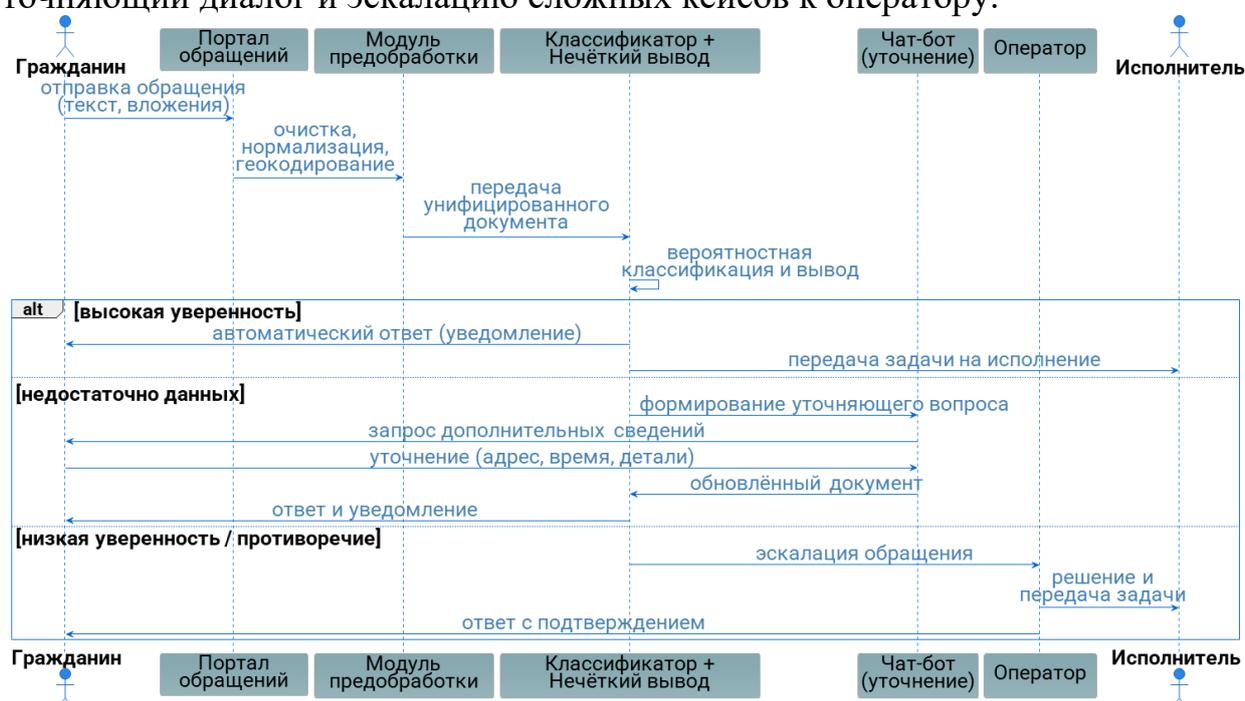


Рисунок 9 – Схема сквозного процесса обработки обращений граждан с использованием интеллектуальной классификации и чат-бота для уточнения данных

Ключевым результатом главы является количественная оценка эффективности внедрения на основе анализа данных за 2024-2025 гг. (Таблица 1).

Таблица 1 – 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%

К числу основных практических результатов внедрения относится сокращение среднего значения показателя оперативности реагирования ($\Delta_{\text{ср}}$) на инфраструктурный инцидент в среднем на 5,72 дня по сравнению с регламентной процедурой рассмотрения обращений без интеллектуальной поддержки. Анализ по тематическим категориям выявил неоднородный эффект: для категории «Нарушение в работе светофоров» снижение временных затрат составило 39,84%, для категории «Несоответствие освещения» – 24,03%, для категории «Дефекты дорожного покрытия» – 22,17%. Коэффициент использования нормативного ресурса, определяемый как отношение фактического времени обработки к установленному регламенту, снизился до диапазона 0.43-0.61, что свидетельствует об устранении бюрократических задержек и оптимизации процессов. Полученные в ходе экспериментальной апробации результаты свидетельствуют о формировании совокупного социально-экономического эффекта, обусловленного повышением оперативности управленческих процедур в контуре ИТС, снижением вероятности возникновения аварийно-опасных ситуаций за счёт раннего выявления инфраструктурных отклонений, сокращением трудоёмкости обработки обращений граждан и повышением результативности информационного взаимодействия органов управления с гражданами.

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 управленческой 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 управленческого контура, включающей этапы выявления проблемной ситуации, её интерпретации, формирования управленческого решения и инициации управляющего воздействия. Показано, что повышение оперативности реагирования может быть достигнуто за счёт включения слабоструктурированных социальных данных в статусе индикативных сигналов, иницирующих 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 неопределённость

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 управленческих 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 управленческой 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.

Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных журналов для опубликования основных научных результатов диссертаций (ВАК)

1. **Митряев, И. С.** Совершенствование организации 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.

2. **Митряев, И. С.** Аспекты эффективности интеллектуальных транспортных систем / И. С. Митряев // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 4-3(87). – С. 89-95.

3. **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.

Объекты интеллектуальной собственности

4. **Митряев, И. С.** Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025687872 Российская Федерация. Система сбора слабоструктурированных данных из открытых источников для анализа транспортной ситуации: заявл. 06.10.2025; опубл. 15.10.2025 / И. С. Митряев.

5. **Митряев, И. С.** Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025692451 Российская Федерация. Система интеллектуальной обработки обращений граждан для интеграции в интеллектуальные транспортные системы: заявл. 11.11.2025; опубл. 21.11.2025 / И. С. Митряев.

Публикации в изданиях, входящих в базы РИНЦ

6. **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.
7. **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 Министерства внутренних дел Российской Федерации имени В.В. Лукьянова, 2022. – С. 62-65.
8. **Митряев, И. С.** Понятие и формы общественного контроля / И. С. Митряев // Образование. Наука. Научные кадры. – 2020. – № 2. – С. 91-94.
9. **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 Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Орёл, 25–26 апреля 2024 года. – Орёл: Орловский юридический институт МВД РФ им. В. В. Лукьянова, 2024. – С. 57-61.
10. **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.
11. **Митряев, И. С.** 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.