

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, доцента Шевцовой Анастасии Геннадьевны на диссертационную работу Городничева Михаила Геннадьевича на тему «Методология создания информационной системы управления транспортными потоками», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.3.8. «Информатика и информационные процессы» (технические науки)

Актуальность темы диссертационного исследования

Для организации дорожного движения центральной проблемой остаётся управление перегруженными участками улично-дорожной сети, где цена ошибки выражается в заторах, потерях времени участников движения и росте риска дорожно-транспортных происшествий. Современные средства управления требуют достоверного краткосрочного прогноза характеристик потока и адекватного микроскопического описания взаимодействия транспортных средств, прежде всего режима следования за лидером, от которого зависят суррогатные показатели безопасности. Рассматриваемая диссертация направлена на то, чтобы эти задачи решались не изолированно, а в составе единой информационной системы управления транспортными потоками, доведённой до проверяемых эксплуатационных требований.

Особую значимость теме придаёт состояние натурной базы данных о движении. Распространённые зарубежные наборы траекторных данных собраны в иных дорожных и климатических условиях и не отражают специфику отечественной эксплуатации, включая зимние режимы, снегопады и гололёд, которые заметно влияют на выбор дистанции и характер продольных манёвров. Ограниченность калибровочной и валидационной базы сдерживает как настройку классических моделей следования за лидером, так и обучение моделей, основанных на данных. Поэтому поставленная соискателем задача многолетнего собственного сбора корпуса натуральных

Вход. № 191/26
«25» 09 20 26
подпись

данных с фиксацией погодного и сезонного контекста. отвечает первоочередным запросам предметной области. Актуальность работы подтверждается и тем, что предложенные решения доведены до уровня информационной системы, пригодной к эксплуатации в реальных дорожных условиях. Тема исследования является актуальной и практически значимой.

Научная новизна результатов диссертационного исследования

Диссертация содержит совокупность результатов, обладающих научной новизной и охватывающих все уровни создаваемой информационной системы, от предметной постановки до вычислительной инфраструктуры. К числу новых научных результатов относятся следующие.

1. Разработан метод пространственно-временного прогнозирования макроскопических характеристик транспортного потока PTSTG, отличающийся от существующих синтезом патч-ориентированного временного кодирования с адаптивной стохастической по строкам матрицей смежности, обучаемой из данных без использования фиксированной дорожной топологии, и вычислительно простым графовым уточнением узловых представлений.

2. Разработан метод динамической коррекции коэффициентов классической модели следования за лидером, отличающийся от существующих, динамической адаптацией параметров во времени на основе текущего состояния движения при сохранении физической интерпретируемости параметров модели.

3. Разработан гибридный метод прогнозирования микроскопических характеристик транспортного потока, основанный на данных, отличающийся от существующих реализацией функционального разделения модулей, при котором блок, основанный на данных, обеспечивает точность воспроизведения динамики (краткосрочное и долгосрочное окно), а классический блок задаёт формализуемые ограничения и подавляет аномальные воздействия в замкнутом контуре.

4. Разработана комплексная методология построения архитектуры исполнения моделей искусственного интеллекта в интеллектуальных транспортных системах, отличающаяся от существующих формализацией архитектуры в виде ориентированного мультиграфа исполнения с параметризованными вершинами и рёбрами, введением вероятностных ограничений по задержке и устойчивости по интенсивности входа, и обеспечением воспроизводимого синтеза и выбора конфигурации исполнения на основе измеримых метрик.

5. Разработана архитектура системы сбора, хранения и обработки больших разнородных данных для интеллектуальных транспортных систем, отличающаяся от существующих структурированием по функциональным зонам, охватывающая весь процесс функционирования системы начиная со сбора данных до аналитики, хранения и визуализации.

6. Разработана методология построения инфраструктуры интеллектуальных транспортных систем, отличающаяся от существующих тем, что объединяет архитектуру обработки больших данных с механизмом децентрализованной кластеризации серверов на основе метрики сетевого расстояния (RTT), консенсуса Raft и автоматического выбора лидера сервисом Agent, а также специализированным алгоритмом динамического распределения приоритетных задач при ограничении по времени выполнения и методом генерации статистически обоснованных синтетических данных транспортного потока.

Совокупность перечисленных результатов формирует новый инструментарий анализа и управления транспортными потоками, доведённый до программной реализации и экспериментальной проверки.

Теоретическая и практическая значимость результатов

Теоретическая значимость работы состоит в развитии аппарата построения информационных систем в задаче транспортного моделирования. В рамках исследования для классической модели следования за лидером разработан метод динамической адаптации коэффициентов к дорожному,

сезонному и погодному контексту при сохранении физической интерпретируемости. Гибридный метод связал нейросетевое прогнозирование динамики с формализуемыми ограничениями безопасности, что важно для корректного поведения моделей при последовательном применении. Обучаемая матрица смежности дала способ описания функциональных связей участков сети, которые возникают из-за маршрутизации и координации светофорного управления и не сводятся к физической топологии.

Практическая значимость имеет несколько составляющих. Самостоятельной ценностью обладает натурный корпус данных, покрывающий пять классов сценариев движения, включая магистраль М-11, Третье транспортное кольцо, коридоры, городскую дорогу и жилые кварталы, при сезонном и погодном охвате. Такой корпус пригоден для калибровки моделей следования за лидером, исследований безопасности и за пределами данной работы. Предложенные методы применимы в контурах информационных систем управления дорожным движением при работе с перегруженными участками, при обосновании мероприятий по повышению безопасности, а также при испытаниях ИТС на синтетических данных. О практической востребованности результатов свидетельствуют 15 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, использование материалов в учебном процессе МТУСИ и МАДИ и акты внедрения АО «Минимакс-94», ООО «ТранснавигСофт» и ООО «Эр Си Технолоджис».

Достоверность и апробация полученных результатов

Достоверность результатов опирается прежде всего на натурный характер экспериментальной базы и полноту сопоставления с существующими подходами. Корпус данных собран за три года наблюдений в реальном движении с участием 37 водителей и 21 автомобиля при пробеге более 1 800 км, а материалы прошли фильтрацию, синхронизацию и разметку, в результате чего из 32 632 исходных записей в корпус включено 23 175. Помимо собственных данных методы проверены на шести общепризнанных

траекторных наборах (highD, NGSIM, das1, das2, Waymo, Lyft), а макроскопический метод на наборах METR-LA, PEMS-BAY и LargeST. Сравнение проведено как с классическими моделями следования за лидером, так и с нейросетевыми архитектурами. Качество оценивалось не только ошибками прогноза, но и показателями безопасности, включая долю столкновений и плавность движения, причём проверка выполнялась в замкнутом контуре последовательного применения модели. Нулевая доля столкновений на всех семи наборах подтверждает корректность принятой гибридной схемы. Выводы работы согласуются с опубликованными результатами соискателя и материалами внедрения.

Оценка содержания диссертационной работы

Диссертация включает введение, пять глав, заключение, список литературы и одиннадцать приложений. Введение содержит постановку научной проблемы, цель и задачи, объект и предмет исследования, характеристику новизны и значимости, а также положения, выносимые на защиту. Задачи исследования согласованы со структурой глав, что облегчает проверку полноты полученных результатов.

В первой главе выполнен анализ предметной области. Интеллектуальная транспортная система определена по ГОСТ Р 56829-2015, введён замкнутый контур «мониторинг, прогноз, управление» и построена типология девяти функциональных доменов, охватывающая управление дорожным движением, информирование участников, приоритет общественного транспорта, кооперативные сервисы V2X, дорожную метеорологию и безопасность. Для доменов заданы профили качества обслуживания. Определены иерархия управления от отдельного объекта до сети в целом, горизонты прогнозирования 5, 15, 30 и 60 минут и приёмочные пороги, в том числе расхождение расчётного и фактического переключения. Проанализирована нормативная база организации дорожного движения от федеральных законов до профильных стандартов. Глава корректно связывает инженерные требования дорожной отрасли с архитектурой создаваемой системы.

Во второй главе представлен метод прогнозирования макроскопических характеристик потока PTSTG. Временная динамика кодируется патч-ориентированным трансформером, а пространственные связи участков сети описываются обучаемой стохастической по строкам матрицей смежности, что позволяет модели улавливать функциональные зависимости между сечениями сети без полного задания её топологии. Прогноз на горизонты 15, 30 и 60 минут формируется за один прямой проход. На наборе METR-LA на горизонте 15 минут получены MAE 2.85, RMSE 5.33 и MAPE 7,7%, на горизонте 60 минут соответственно 4.19, 7.69 и 12,67%. На наборе PEMS-BAY на горизонте 15 минут достигнуты значения 1.55, 3.12 и 3,43%. На крупномасштабном наборе LargeST при 880 тыс. параметров получены средние MAE 17.50, RMSE 28.18 и MAPE 11,07%. Важно, что автор фиксирует ограничения метода, включая статичность матрицы смежности и сглаживание коротких нестационарных изменений патчами. Для задач управления перегруженными участками достигнутая точность представляет практический интерес.

В третьей главе соискателем описан метод сбора микроскопических данных транспортного потока. Описан натурный эксперимент: за три года с участием 37 водителей на 21 автомобиля, пройдено более 1800 км, сформировано 32 632 записи с шагом 1 с, после фильтрации и синхронизации в корпус вошло 23 175 записей по пяти классам сценариев при сезонном и погодном покрытии. Разработан метод SSSR-Micro динамической коррекции коэффициентов классической модели следования за лидером на основе информации об окружающей среде. Разработан гибридный метод LSTM-Informer с ограничителем SSSR-Micro, и проверен на шести эталонных наборах и собственном корпусе.

Четвёртая глава переводит методологию на уровень вычислительной инфраструктуры. Маршруты обработки данных описаны ориентированным мультиграфом исполнения, для путей которого рассчитываются задержка и пропускная способность, а требования к времени ответа заданы в вероятностной форме. Проработаны девять канонических контуров

исполнения с контрольными порогами и автоматической проверкой конфигураций. Для транспортных приложений это означает возможность заранее удостовериться, что прогнозные и управляющие сервисы укладываются в отведённые временные рамки.

Пятая глава посвящена разработке методологии создания инфраструктуры интеллектуальной транспортной системы. Предложены метод автоматической кластеризации серверов на основе сетевых задержек и консенсуса Raft с сервисом Agent, алгоритм распределения приоритетных задач и метод генерации синтетических данных транспортного потока, позволяющий проводить воспроизводимые испытания при ограниченной доступности реальных данных. Работоспособность решений подтверждена стендовыми испытаниями.

Публикации, отражающие основное содержание работы

Основные результаты диссертации опубликованы в 63 научных работах, в том числе 16 без соавторов. В изданиях перечня ВАК опубликовано 10 работ, в изданиях, индексируемых Scopus и Web of Science 38 работ, из которых 6 отнесены к квартилю Q1 и 2 к квартилю Q2 и приравниваются к публикациям категории K1 согласно рекомендации ВАК от 21.12.2023. Получено 15 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ. Объём и уровень публикаций полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, и обеспечивают достаточное отражение основного содержания работы.

Замечания по диссертационной работе

1. В базовой реализации PTSTG обучаемая матрица смежности остаётся неизменной для различных входных окон и, следовательно, не отражает смену транспортных режимов. Это ограничение особенно существенно для прогнозирования на перегруженных участках, где структура потоков может изменяться под влиянием пиковых нагрузок, инцидентов и перераспределения движения. Учёт динамической зависимости матрицы смежности от текущего

состояния сети мог бы повысить устойчивость прогноза на дальних горизонтах.

2. В работе отмечается, что связи обучаемого графа не следует напрямую отождествлять с физической топологией улично-дорожной сети. Вместе с тем интерпретация матрицы смежности как инструмента выявления транспортных коридоров, характеризующихся совместным возникновением заторов, не сопровождается её визуализацией и сопоставлением с реальной конфигурацией сети, и режимами регулирования. Такое сопоставление сделало бы выводы об интерпретируемости обученного графа более аргументированными.

3. Определение пары лидер-ведомый и оценка межмашинной дистанции основаны на GPS-координатах смартфонов. Стоит отметить, что точность GPS-оценки дистанции сильно уступает точности LiDAR или радара. В работе не приведена оценка погрешности определения дистанции, практическая интерпретация ошибки прогнозирования и её влияния на калибровку коэффициентов C_0 , C_1 , C_2 .

4. Представленный корпус данных охватывает различные сценарии движения, сезоны и погодные условия, однако его репрезентативность для редких режимов требует дополнительного уточнения. Отсутствие распределения 23 175 записей по сезонам, сценариям и погодным классам затрудняет оценку представленности снега, гололёда и тумана. Кроме того, используемое кодирование погоды преимущественно отражает интенсивность дождя и снега, не выделяя туман и гололёд в самостоятельные категории.

Указанные замечания носят характер пожеланий и указывают на направления дальнейшего развития и не снижают общей положительной оценки диссертационного исследования.

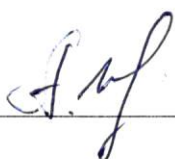
Заключение

Диссертация Городничева Михаила Геннадьевича «Методология создания информационной системы управления транспортными потоками» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в

которой на основании выполненных исследований разработаны теоретические положения и практические решения, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной проблемы вносящей значительное достижение в области информатики и информационных процессов применительно к управлению транспортными потоками. Работа соответствует требованиям пунктов 9-11, 13, 14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора наук. С учётом изложенного считаю, что Городничев Михаил Геннадьевич заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.3.8 «Информатика и информационные процессы» (технические науки).

Официальный оппонент:

доктор технических наук, доцент, директор института дополнительного образования и профессионального обучения «Высшая технологическая школа БГТУ имени В. Г. Шухова», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова»

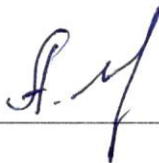
 Анастасия Геннадьевна Шевцова

«22» сентября 2026 г.

докторская диссертация защищена по специальности 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта

Я, Шевцова Анастасия Геннадьевна, согласна на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 55.2.002.02 на базе ордена Трудового Красного Знамени федерального

государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» и их дальнейшую обработку и размещение.



Анастасия Геннадьевна Шевцова

«26» сентября 2026 г.

Институт дополнительного образования и профессионального обучения
«Высшая технологическая школа БГТУ имени В. Г. Шухова»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова»

Адрес: 308012, Российская Федерация, Белгородская область, г. Белгород,
ул. Костюкова, 46

Телефон: +7(4722)-54-20-87

Адрес электронной почты: rector@bstu.ru

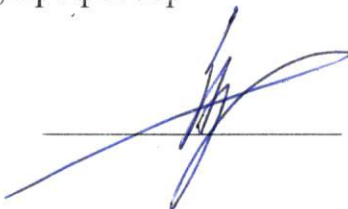
Подпись официального оппонента Шевцовой Анастасии Геннадьевны
заверяю:

Первый проректор БГТУ им. В. Г. Шухова,

Доктор технических наук, профессор



«26» сентября 2026 г.



Евгений Иванович Евтушенко