

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Келлера Андрея Владимировича на диссертационную работу Городничева Михаила Геннадьевича на тему «Методология создания информационной системы управления транспортными потоками», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.8. «Информатика и информационные процессы» (технические науки)

Актуальность темы диссертационного исследования

Устойчивый рост загрузки улично-дорожных сетей крупных агломераций поставил перед отраслью задачу, которую невозможно решить наращиванием отдельных подсистем автоматизированных систем управления дорожным движением. Требуется переход к единой методологии и увязывающей разнородные функциональные домены интеллектуальных транспортных систем в целостную конструкцию с измеримыми характеристиками. Такая постановка отвечает практической логике управления техническими системами транспорта. Система оправдана лишь тогда, когда архитектурные решения доведены до наблюдаемых на объекте эффектов и подтверждены приёмочными процедурами.

Существующие референсные архитектуры, включая стек C-ITS, домен-ориентированные интерфейсы и платформы обработки данных, по отдельности не закрывают всей совокупности требований по латентности, доступности и интероперабельности. Отсюда следует востребованность интегрирующей методологии, которая объединяет архитектурный, модельный и инфраструктурный уровни. Дополнительную остроту теме придают потребность промышленной эксплуатации в вероятностных гарантиях задержки, отказоустойчивости и горизонтальном масштабировании, а также необходимость системного учёта нормативно-правового поля Российской Федерации и международных стандартов. С

Вход. № 186/26
"21" 09 20 26
подпись

позиций прикладного управления транспортом тема диссертации является актуальной, а её решение имеет ясную практическую перспективу.

Научная новизна результатов диссертационного исследования

Научная новизна работы определяется тем, что соискателем предложена не совокупность разрозненных методов, а единая методология создания информационной системы управления транспортными потоками, построенная вокруг замкнутого интеллектуального контура «мониторинг, прогноз, управление». К наиболее существенным новым результатам, значимым с общесистемной и прикладной точки зрения, относятся следующие:

1. Разработан метод прогнозирования макроскопических характеристик транспортного потока PTSTG, в котором патч-ориентированное временное кодирование рядов дополнено обучаемой стохастической по строкам матрицей смежности, формируемой из латентных вложений узлов без полного задания дорожной топологии, а прогноз на все горизонты формируется за один прямой проход.
2. Разработан метод сбора данных для задач следования за лидером, изначально учитывающий факторы, влияющие на поведение водителя и динамику потока, включая погодные условия и освещённость, а также индивидуальные характеристики водителя, и ориентированный на валидацию в замкнутом контуре и контроль качества данных.
3. Предложен метод динамической коррекции коэффициентов классической модели следования за лидером SSSR-Micro, сформулированный как задача восстановления отображения, которое по текущему состоянию движения адаптирует коэффициенты во времени при сохранении физической интерпретируемости модели.
4. Разработан гибридный метод с внешним ограничителем на базе классической модели SSSR-Micro для замкнутого развёртывания, в которой

редкие аномальные выходы нейросети корректируются внешним контуром, а функции модулей разделены, поскольку модуль, основанный на данных, отвечает за точность воспроизведения динамики, а классический модуль обеспечивает формализуемые ограничения безопасности.

5. Предложен единый формальный аппарат описания разнородных путей данных и вычислительных контуров через мультиграф исполнения с конвейерными оценками задержки и пропускной способности, физическими пределами и вероятностной формулировкой SLA, интегрированной в конвейер непрерывной интеграции, а постановка оптимизации обеспечивает согласованный выбор каналов, параметров пакетизации, параллелизма и репликации под ограничения времени ответа, стоимости и доступности.

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.

Перечисленные результаты обладают новизной и в совокупности формируют завершённую методологическую конструкцию, а не набор частных приёмов.

Теоретическая и практическая значимость результатов

Теоретическая значимость работы состоит в том, что предложена методология создания информационной системы управления транспортными потоками, которая объединяет архитектурный уровень (контур «мониторинг, прогноз, управление», профили SLA по доменам, матрица трассируемости),

модельный уровень (методы прогнозирования и управления безопасной дистанцией) и инфраструктурный уровень (мультиграф исполнения, вероятностные SLA) в единую целостную конструкцию. Ценность такого объединения именно в его системности: соискатель показывает, как разнородные домены и уровни могут быть связаны общей логикой измеримости и приёмки.

Практическая значимость подтверждается прикладной применимостью предложенных методов для краткосрочного прогнозирования потоков, микроскопического управления безопасной дистанцией, построения отказоустойчивой распределённой инфраструктуры и генерации синтетических данных. Практические измерения инфраструктурного слоя носят конкретный характер. Получено 15 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ. Результаты внедрены в учебный процесс МТУСИ и МАДИ, а также в производственную деятельность АО «Минимакс-94», ООО «ТранснавиСофт» и ООО «Эр Си Технолоджис», что свидетельствует о востребованности работы.

Степень достоверности и обоснованность полученных результатов

Достоверность результатов обеспечивается опорой на действующую нормативную базу, включая международные стандарты, использованием общепризнанных эталонных наборов данных и собственного натурного корпуса объёмом 23175 отфильтрованных записей, строгими математическими постановками (в частности, выпуклой калибровкой коэффициентов динамического габарита и вероятностными ограничениями на задержку), а также согласованностью прогнозных, вычислительных и инфраструктурных метрик с заданными приёмочными порогами. Обоснованность выводов подтверждается апробацией результатов в публикациях и на лабораторных стендах, а также актами о внедрении. Совокупность этих факторов позволяет считать основные научные положения и выводы диссертации достоверными.

Оценка содержания диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и 11 приложений. Во введении корректно обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи, определены объект и предмет исследования, изложены научная новизна, теоретическая и практическая значимость, а также положения, выносимые на защиту. Логика введения выстроена так, что все частные результаты подчинены единой цели создания методологии, что для работы общесистемного характера принципиально важно.

Первая глава является методологическим фундаментом диссертации и заслуживает особого внимания. Построена типология девяти доменов с указанием функций, источников данных и временных горизонтов, а также приведена таблица SLA с конкретными ориентирами. Заданы иерархия управления L0–L3 и приёмочные пороги, среди которых расхождение расчётного и реального переключения фазы не более 250 мс. Наиболее ценным результатом главы является сквозная матрица трассируемости, которая задаёт доказуемость для всей работы.

Вторая глава посвящена методу пространственно-временного прогнозирования PTSTG, сочетающему патч-ориентированный временной кодировщик, обучаемую матрицу смежности и лёгкие графовые блоки. Метод даёт многогоризонтный прогноз на 15, 30 и 60 мин за один прямой проход. На наборе METR-LA для горизонта 15 мин достигнуты значения MAE 2,85 и RMSE 5,33, на PEMS-BAY MAE 1,55, вычислительный профиль подтверждает пригодность метода к развёртыванию. Результаты главы значимы как модельная составляющая методологии.

Третья глава содержит один из ключевых прикладных вкладов работы. Собран собственный корпус микроскопических натуральных данных по итогам трёхлетних экспериментов с участием 37 водителей и 21 автомобиля, при пробеге свыше 1800 км и объёме 32632 исходных записи, из которых после

фильтрации и синхронизации оставлено 23175. Предложен метод динамической коррекции коэффициентов модели SSSR-Micro, а также двунаправленная модель управления колонной. Итоговый гибрид LSTM-Informer в сочетании с SSSR-Micro оценён на шести эталонных наборах и собственном корпусе и показал среднее значение MSE 19,42, MAE 3,46, RMSE 4,33 и нулевую долю столкновений на всех семи наборах. С позиций прикладного управления транспортом важно, что здесь метод доведен до управляющего контура.

Четвёртая глава формализует вычислительную инфраструктуру как ориентированный мультиграф исполнения. Введены декомпозиция сквозной задержки и вероятностное ограничение, аналитические модели скорости обслуживания, автомасштабирования и доступности ансамбля реплик, проработаны девять канонических инфраструктурных контуров с контрольными порогами и CI-верификацией путей. Обобщающая методология оценивает задержку и пропускную способность пути, вводит многокритериальную оптимизацию и мультипликативный индекс эффективности с критерием превосходства при значении индекса больше единицы.

Пятая глава посвящена разработке методологии построения инфраструктуры интеллектуальной транспортной системы. Задача автокластеризации серверов формализована через двустороннюю задержку с ограничением на минимальный размер подкластера, отвечающим кворуму. Предложена эталонная архитектура с сервисом Agent на основе алгоритма консенсуса, реализован прототип на семи физических хостах. Измерения подтверждают работоспособность решения. Метод статистической генерации синтетических данных транспортных потоков дополняет инфраструктурный слой и снабжён нагрузочными тестами хранилища.

Публикации, отражающие основное содержание работы

Основные результаты диссертации достаточно полно отражены в публикациях. Всего опубликовано 63 научные работы, в том числе 16 без соавторов. В изданиях перечня ВАК опубликовано 10 работ, в изданиях Scopus и Web of Science 38 работ, из которых 6 отнесены к квартилю Q1 и 2 к квартилю Q2, что приравнивается к публикациям категории K1 согласно Рекомендации ВАК от 21.12.2023. Получено 15 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ. Автореферат соответствует содержанию диссертации и адекватно отражает её основные положения.

Замечания по диссертационной работе

1. Представляется целесообразным более явно отразить связь между системной методологией первой главы и методом прогнозирования PTSTG, рассмотренным во второй главе. В частности, результаты его оценки по показателям MAE, RMSE и MAPE могут быть дополнены анализом в контексте заданных ограничений по задержке, приёмочных критериев и механизмов событийного анализа.

2. Стоило бы уточнить границы экспериментального подтверждения двунаправленного управления и функционирования управляющего контура. В третьей главе предложены модель «заднего привода» и концепция кооперативного двунаправленного управления колонной, тогда как экспериментальная проверка преимущественно относится к однонаправленному следованию и офлайн-моделированию на записанных траекториях. Практическая апробация информационной системы подтверждает работоспособность подсистемы сбора данных, однако оценка управляющего контура в реальных дорожных условиях требует дополнительного рассмотрения.

3. Методологию четвёртой главы стоило бы дополнить результатами натурных испытаний. В настоящее время сравнение девяти вариантов выполнено преимущественно на качественном уровне, а контрольные значения задержки используются как заданные пороговые ориентиры. Включение количественных результатов экспериментальных прогонов позволило бы полнее обосновать предложенные инфраструктурные решения.

4. В четвёртой главе подробно рассмотрены инфраструктурные аспекты исполнения ИИ-моделей, включая маршруты исполнения, SLA, CI-верификацию, доступность и задержки. Вместе с тем методология жизненного цикла моделей может быть дополнена вопросами мониторинга дрейфа данных и моделей, версионирования датасетов, трассировки признаков, отката версий, контроля качества после развёртывания, переобучения и независимого аудита. Расширение итоговой проверки конфигурации исполнения в этих направлениях позволило бы полнее представить архитектуру.

5. В пятой главе можно более явно раскрыть интеграцию прототипа кластеризации на базе RethinkDB и ZeroMQ с системой мониторинга, использующей Yugabyte, Kafka и Kubernetes. Дополнительного пояснения также требует методика оценки улучшения на 87,5%, поскольку базовое значение ручного администрирования принято расчётно, а испытания проведены в лабораторной среде ограниченного масштаба.

Указанные замечания носят рекомендательный характер и указывают направления дальнейшего развития работы. Они не снижают общей положительной оценки диссертации и не влияют на итоговый вывод о её высоком научном уровне.

Заключение

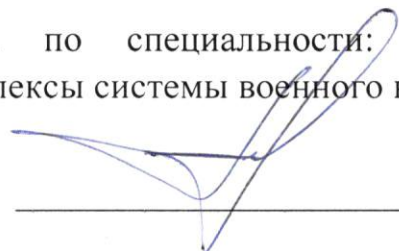
Диссертационная работа Городничева Михаила Геннадьевича «Методология создания информационной системы управления транспортными потоками» представляет собой завершённую научно-квалификационную исследование, в котором на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения и получены прикладные результаты, совокупность которых можно квалифицировать как решение крупной научной проблемы, имеющей важное значение для развития информационных систем управления транспортными потоками. Работа соответствует пунктам 9–14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора наук, а её автор, 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, профессор, директор Набережночелнинского института (филиала) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Докторская диссертация защищена по специальности: 20.02.14 – «Вооружение и военная техника. Комплексы системы военного назначения»

08 сентября 2026 г.



А.В. Келлер

Я, Келлер Андрей Владимирович, согласен 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.

А.В. Келлер

08 сентября 2026 г.

Набережночелнинский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Адрес: 423812, Российская Федерация, Республика Татарстан, г. Набережные Челны, пр. Сююмбике, д. 10А. (11/29)

Телефон: +7(8552)-39-71-40

Адрес электронной почты: chelny@kpfu.ru

Подпись официального оппонента Келлера Андрея Владимировича заверяю:



2026 г.

