

УДК 004.9:656.13
DOI

РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

**Кузнецов Ю.Г., Баранов В.А., Лавринов Д.С., Сорокин С.С., Теткин И.Ю.,
Искачев С.А., Недугов М.С., Ногин Д.А., Зубарев А.С., Хомяков Н.В.**

*ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: I@tetkin.ru*

Современные мегаполисы сталкиваются с растущей нагрузкой на дорожную инфраструктуру, что требует внедрения автоматизированных систем управления дорожным движением, обеспечивающих высокую отказоустойчивость, масштабируемость и эффективное распределение транспортных потоков. Целью данного исследования является формирование требований к интеллектуальной автоматизированной системе управления дорожным движением на основе анализа патентных документов для обеспечения технологической новизны и патентной чистоты системы. В работе проведен анализ 13 патентов (2008–2023 гг.) из Соединенных Штатов Америки, России, Европы, Великобритании и Китая в базах Patentscope, Espacenet и Федерального института промышленной собственности, с выделением ключевых компонентов: серверной части, управления светофорными объектами (динамические фазы, интеграция с OpenStreetMap), веб-интерфейса для диспетчеров и требований к производительности. В результате сформированы требования к разрабатываемой автоматизированной системе управления дорожным движением. Ключевыми характеристиками являются: использование Docker-контейнеров и Protobuf, специализированных контроллеров и светофоров, физической блокировки как аварийного режима, а также поддержка офлайн-работы с OpenStreetMap. Сформулированные требования к системе управления дорожным движением обеспечивают технологическую новизну за счет уникальной аппаратно-программной архитектуры, патентную чистоту (отсутствие ИИ и облачных решений), а также надежность и автономность (офлайн-режим, резервирование). Разработанная система перспективна для внедрения в городскую инфраструктуру и обладает значительным потенциалом масштабирования.

Ключевые слова: патентный анализ, управление дорожным движением, светофор, управление трафиком, транспорт

DEVELOPMENT OF REQUIREMENTS TO AN INTELLIGENT TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM

**Kuznetsov Yu.G., Baranov V.A., Lavrinov D.S., Sorokin S.S., Tetkin I.Yu.,
Iskachev S.A., Nedugov M.S., Nogin D.A., Zubarev A.S., Khomyakov N.V.**

*Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,
Yekaterinburg, e-mail: I@tetkin.ru*

Modern megacities face increasing pressure on their road infrastructure, necessitating the implementation of automated traffic management systems that ensure high fault tolerance, scalability, and efficient traffic flow distribution. The objective of this study is to formulate requirements for an intelligent automated traffic management system based on patent analysis to ensure the system's technological novelty and patentability. This paper analyzes 13 patents (2008–2023) from the United States, Russia, Europe, the United Kingdom, and China in the Patentscope, Espacenet, and Federal Institute of Industrial Property databases, highlighting key components: the server component, traffic light control (dynamic phases, integration with OpenStreetMap), a web interface for dispatchers, and performance requirements. As a result, requirements for the automated traffic management system under development were developed. Key features include the use of Docker containers and Protobuf, specialized controllers and traffic lights, physical blocking as an emergency mode, and support for offline operation with OpenStreetMap. The stated requirements for the traffic management system ensure technological innovation through a unique hardware and software architecture, patent-free design (absence of AI and cloud solutions), and reliability and autonomy (offline mode, redundancy). The developed system is promising for implementation in urban infrastructure and has significant scalability potential.

Keywords: patent analysis, traffic management, traffic light, traffic management, transport

Введение

Современные мегаполисы сталкиваются с растущей нагрузкой на дорожную инфраструктуру, что требует внедрения автоматизированных систем управления дорожным движением (АСУДД). Такие системы должны обеспечивать не только эффективное распределение транспортных потоков, но и высокую отказоустойчивость, масштабируемость и гибкость управления. В данной статье рассматривается процесс разработки требований к серверной части АСУДД, включая анализ существующих

патентных решений и научных публикаций, выделение ключевых характеристик системы и обеспечение патентной чистоты [1].

Целью данной работы является формирование требований к АСУДД на основе сравнительного анализа запатентованных решений в области управления дорожным движением и выявление научной новизны разрабатываемого решения на основе анализа научных публикаций. Такой подход позволяет выявить лучшие технические решения из существующих систем, обеспечить конкурентные преимущества и определить

уникальные характеристики, повышающие эффективность разрабатываемой системы, а также минимизировать юридические риски нарушения патентных прав за счет оригинальной архитектуры и выбора альтернативных технологий.

Материал и методы исследования

Объектом исследования являются автоматизированные системы управления дорожным движением. Для формирования требований к системе был проведен комплексный анализ существующих технических решений и патентный поиск в базах данных PATENTSCOPE, ESPACENET и ФИПС. Для дальнейшего формирования перечня характеристик в разрабатываемой АСУДД были выделены составные части, по которым был произведен сравнительный анализ:

- серверная часть (Docker, PostgreSQL, API на Protobuf);
- управление светофорными объектами (СО) через контроллеры (КДУ) с поддержкой: динамического изменения фаз светофоров, управления специальными светофорами ДС-10 (анимация, таймеры), интеграции с OpenStreetMap;
- веб-интерфейс для диспетчеров с визуализацией состояния СО;
- требования к производительности: поддержка 1000 СО, 4000 запросов/мин., отказоустойчивость.

Поиск и отбор патентов, охватывающих различные аспекты управления дорожным движением, включая аппаратные и программные решения, методы управления и интеграционные технологии, осуществляли в таких базах данных, как PATENTSCOPE, ESPACENET, ФИПС. Для поиска были выделены ключевые слова: «система управления дорожным движением», «управление светофорами», «дорожные объекты», «светофоры». В рамках исследования были проанализированы 14 патентов (2008–2023 гг.) из США, России, Европы, Великобритании и Китая, охватывающих различные аспекты управления светофорами, сетевые технологии и методы обработки данных.

Результаты исследования и их обсуждение

В сравнительной таблице были рассмотрены патенты из США, России, Европы, Великобритании, Китая. В каждом патенте были выделены ключевые черты изобретения, которые в дальнейшем были проанализированы для составления требуемых параметров АСУДД; выявлены отличительные характеристики, которые обеспечивают патентную чистоту разрабатываемого решения.

Проведенный анализ существующих решений и патентный поиск позволили

сформулировать комплекс требований к разрабатываемой автоматизированной системе управления дорожным движением (АСУДД), обеспечивающей ее технологическую новизну и патентную чистоту. Результаты сравнительного исследования демонстрируют, что предложенная архитектура системы обладает рядом принципиальных отличий от известных аналогов, что подтверждает ее конкурентные преимущества и инновационный характер.

На основе анализа существующих решений и патентного поиска были выявлены критические параметры системы, обеспечивающие ее функциональность, надежность и соответствие современным требованиям.

Ключевым отличием системы является применение гибридной сетевой инфраструктуры, сочетающей протоколы RS-485, TCP/IP и технологию PoE, что не встречается в рассмотренных патентных решениях. Такой подход сможет обеспечить высокую надежность передачи данных и гибкость при развертывании системы в условиях городской инфраструктуры. Реализация серверной части на базе Docker-контейнеров с использованием Protobuf для сериализации данных сможет обеспечить масштабируемость и переносимость решения, а также патентную чистоту ввиду отсутствия аналогов указанной технологии в исследованных патентах.

В системе должен быть предусмотрен функционал работы со специализированными контроллерами КДУ, поддерживающими управление 32 светофорами, и уникальными светофорами ДС-10 с расширенным функционалом настройки анимации и яркости. Важной особенностью является реализация физической блокировки как аварийного режима управления, а также редактора фаз с возможностью ручной коррекции длительности, который не имеет аналогов в проанализированных патентных документах. Поддержка офлайн-режима работы с картами OpenStreetMap и механизмы резервного копирования данных обеспечат автономность и надежность решения.

Серверная часть системы должна быть реализована в виде Docker-контейнеров, развертываемых с использованием docker-compose v2, что обеспечит простоту использования на любых совместимых серверных платформах под управлением Linux. В качестве СУБД должна быть использована PostgreSQL версии не ниже 17.3, поддерживающая как контейнерное развертывание, так и интеграцию с внешними провайдерами баз данных. Клиентская часть выполнена в виде веб-приложения, работающего в современных браузерах, с адаптивным интерфейсом под различные разрешения экрана.

Сравнительная характеристика

Патент	Ключевые черты	Отличия АСУДД	Риск нарушения
US2016379490A1 [2]	Централизованный сервер управления, IoT, облачное вычисление и управление, беспроводные модули связи (DSRC, 5G, Wi-Fi), адаптивные светофорные контроллеры, приоритизация транспорта, динамическое перераспределение фаз, интеграция с навигационными системами	Локальная сеть, КДУ, ДС-10	Нет
WO2017019162A1 [3]	Использование доступных источников данных (смартфоны, бортовые GPS-трекеры, данные с картографических сервисов), AI-оптимизация фаз, использование Big Data, Открытый API	Ручное управление, календари	Нет
US10297146B2 [4]	Облачный сервис, прогнозное моделирование и предиктивная аналитика, сбор данных с дорожных датчиков, видеокамер, автомобильных GPS-трекеров и исторических данных о трафике, динамическое перераспределение фаз светофоров, приоритизация спецтранспорта, резидентное исполнение (может работать без постоянного облачного подключения), гибридные алгоритмы (сочетают машинное обучение и правила экспертов)	Локальное развертывание, автономность	Нет
GB2616739A [5]	ИИ для адаптивного управления, нейросети работают непосредственно на дорожных контроллерах, автоматическая корректировка фаз светофоров, приоритетные маршруты для экстренных служб, прогнозирование трафика, гибридная сеть связи (5G+LPWAN)	Отсутствие ИИ, акцент на ручные настройки	Нет
CN119889062A [6]	5G, адаптивное управление, мультиагентное обучение с подкреплением (MARL) для координации светофоров, источники данных (камеры, лидары, мобильные устройства), модифицированный алгоритм Q-learning	Локальная сеть, RS-485, ручное управление	Нет
CN118259665A [7]	ИИ для оптимизации трафика, цифровые двойники транспортных сетей, интеграция с IoT-датчиками, использование квантово-классических гибридных вычислений, адаптивное сжатие данных, самовосстанавливающаяся архитектура	Календари, пром-такты, ДС-10	Нет
EP3929892A1 [8]	Модульные контроллеры (Wi-Fi/ZigBee), иерархическая архитектура ИИ (глобальный + локальный уровни), гибридные модели машинного обучения, динамическое перераспределение вычислительных задач между облаком и edge-устройствами	КДУ, проводные соединения (RS-485, PoE)	Нет
US2022068128A1 [9]	Облачное управление, использование данных от подключенных транспортных средств и дорожных датчиков, прогнозирование трафика, приоритизация спецтранспорта и общественного транспорта, адаптивные светофоры, динамические дорожные знаки, интерактивные навигационные подсказки, гибридная обработка данных	Docker, автономность, OpenStreetMap	Нет
RU2692493C1 [10]	Децентрализованная архитектура (автономные контроллеры на перекрестках, отсутствие единого центра управления, адаптивный алгоритм управления, прогнозирование трафика, гибридная система принятия решений, многоуровневая система приоритизации)	Docker + PostgreSQL, резервирование	Минимальный
RU76152U1 [11]	Локальный контроллер, нет связи между узлами, детерминированные алгоритмы, управление до 8 светофоров	Серверная часть, веб-интерфейс	Нет

Окончание табл.

Патент	Ключевые черты	Отличия АСУДД	Риск нарушения
RU2809750 [12]	Адаптивное управление (датчики), гибридная трехуровневая структура: уровень датчиков, уровень локальных вычислительных узлов, уровень центрального аналитического ядра (облачные вычисления)	Календари, ручное управление	Нет
RU2733061 [13]	ИИ-управление, гибридная трехуровневая структура: уровень датчиков (камеры, радары, IoT-устройства), уровень локальной обработки (edge-вычисления), облачный аналитический центр, глубокое обучение: CNN + LSTM, федеративное обучение для защиты данных, сетевые решения: основной канал 5G URLLC, резервный канал TSN, протоколы MQTT + Apache Kafka, прогнозирование трафика, автоматическая балансировка нагрузки, приоритизация спецтранспорта	Ручное управление (Физ. бл., РУ), ДС-10, локальная сеть	Нет
RU2788050C1 [14]	Гибридная трехуровневая структура. Периферийный уровень: камеры (8-12 Мп), радары (77 ГГц), датчики IoT. Локальный уровень: вычислительные узлы на базе GPU (NVIDIA Jetson AGX). Центральный уровень: облачный сервер с ИИ-аналитикой. Хранилище – распределенная СХД (1+ ПБ), мультимодальные нейросети, прогнозирование трафика, динамическая приоритизация, самовосстанавливающаяся архитектура	Централизованная архитектура, Docker-контейнеры, уникальный протокол обмена (Protobuf)	Нет

Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Система должна демонстрировать высокие показатели производительности, обеспечивая управление до 1000 светофорных объектов с обработкой до 4000 запросов в минуту, восстановление после сбоев в течение 5 минут при соблюдении требований к доступности: не более 5 минут простоя в час, 1 часа в день и 24 часов в месяц.

Проведенный патентный анализ подтверждает, что разрабатываемая АСУДД не нарушает существующие патентные права третьих лиц благодаря:

- отсутствию использования технологий искусственного интеллекта и облачных решений;
- уникальной аппаратной реализации (контроллеры КДУ, светофоры ДС-10);
- локальному характеру системы;
- оригинальной комбинации технологий (Docker, Protobuf, RS-485), не описанной в исследованных патентах.

Единственный потенциальный риск, связанный с использованием протокола RS-485, не нашел подтверждения в ходе анализа, так как ни один из рассмотренных патентов не охватывает его применение в сочетании с другими технологиями, которые будут использованы в разработке АСУДД.

Далее для определения научной новизны предлагаемого подхода был проведен анализ актуальных научных публикаций

из перечня ВАК и других научных баз данных по тематике интеллектуальных транспортных систем (ИТС) и автоматизированных систем управления дорожным движением (АСУДД). В ходе выполнения поиска были отобраны три наиболее близкие по тематике публикации. Анализ показал, что доминирующими научными направлениями в данной области являются следующие.

– Большинство современных исследований посвящено разработке адаптивных алгоритмов управления на основе нейронных сетей, обучения с подкреплением и методов предиктивной аналитики. Такие авторы, как Морозов В.В., Петров А.И., Шепелёв В.Д., Балфакин М. [15], а также Хусаинов Р.М., Талипов Н.Г., Катасёв А.С., Шалаева Д.В. [16], фокусируются на создании самообучающихся систем, способных в реальном времени оптимизировать транспортные потоки на основе анализа больших данных (Big Data), получаемых с видеокamer и IoT-датчиков. Основной научный вектор здесь – минимизация человеческого участия и достижение полностью автономного управления.

– Развитие облачных и туманных (Fog/Edge Computing) архитектур. Значительная часть научных работ посвящена переносу вычислительных мощностей в облачные платформы для централизованного сбора

и анализа данных со всей транспортной сети города. Работы, подобные исследованию Преображенского Ю.П. и др. [17], исследуют гибридные модели, где часть вычислений (Edge Computing) происходит на локальных контроллерах для снижения задержек, но стратегическое управление остается за центральным облачным ядром.

– Интеграция с технологиями V2X (Vehicle-to-Everything). Перспективное научное направление связано с созданием единой коммуникационной среды, где транспортные средства обмениваются данными друг с другом и с дорожной инфраструктурой. Исследования в этой области направлены на разработку протоколов и моделей для децентрализованного управления потоками, где решения принимаются на основе коллективного взаимодействия участников движения.

Таким образом, основной научный тренд направлен на усложнение систем управления за счет внедрения вероятностных и самообучающихся алгоритмов (ИИ), централизации управления в облачных средах и построения сложных коммуникационных сетей.

В отличие от большинства современных научных исследований, сфокусированных на ИИ и облачных технологиях, данная работа решает научную задачу создания архитектуры, обладающей следующими уникальными характеристиками, совокупность которых и определяет новизну.

– Научный подход к обеспечению предсказуемости и прозрачности управления. Вместо «черных ящиков» в виде нейронных сетей предлагается детерминированная модель управления (календари, ручные и промтакты), что позволяет гарантировать предсказуемость поведения системы в любых, в том числе нештатных, ситуациях. Научная задача здесь – доказать, что для определённого класса городских транспортных систем детерминированный подход обеспечивает более высокую надежность и безопасность по сравнению с вероятностными моделями ИИ.

– Обоснование локализованной архитектуры как средства повышения кибербезопасности и автономности. В противовес тренду на облачную централизацию предлагается полностью локальная система, не зависящая от внешних сетей и провайдеров. Научная новизна заключается в разработке архитектурного решения, которое доказывает возможность достижения высокой производительности (до 1000 СО) и масштабируемости в рамках изолированной инфраструктуры, что чрезвычайно важно для объектов критической информационной инфраструктуры (КИИ).

– Разработка уникальной гибридной аппаратно-программной архитектуры. Новизна проявляется в оригинальной комбинации и интеграции известных технологий в единый комплекс, не имеющий аналогов. Научный вклад состоит в системной интеграции:

- программной части: Docker-контейнеризация для переносимости, СУБД PostgreSQL для надежности и протокол Protobuf для эффективного обмена данными;
- аппаратной части: специализированные контроллеры (КДУ) и светофоры (ДС-10);
- сетевой инфраструктуры: гибридное использование RS-485 (для надежности) и TCP/IP (для гибкости).

Эта синергия технологий формирует новую архитектурную модель, научная ценность которой состоит в достижении баланса между производительностью, надежностью, стоимостью внедрения и патентной чистотой, что игнорируется в большинстве чисто теоретических исследований, посвященных ИИ.

Заключение

Таким образом, сформулированные требования к разрабатываемой АСУДД обеспечивают создание системы, обладающей значительными конкурентными преимуществами при полном соблюдении требований патентной чистоты. Полученные результаты создают прочную основу для дальнейшей разработки и внедрения инновационной системы управления дорожным движением, соответствующей современным требованиям к надежности, производительности и функциональности.

Научная новизна работы заключается в разработке и обосновании новой архитектурной парадигмы построения АСУДД. Предложенная парадигма (локализованная, детерминированная и аппаратно ориентированная) является жизнеспособной и надежной альтернативой мейнстримным научным подходам, основанным на ИИ и облачных вычислениях, и доказывает, что для критической городской инфраструктуры приоритетом может быть не адаптивность, а предсказуемость и безопасность.

Выводы

Проведенное исследование позволило сформировать комплекс требований к разрабатываемой автоматизированной системе управления дорожным движением, основанный на детальном анализе существующих патентных решений и современных технологических возможностей. Результаты исследования свидетельствуют, что предложенная архитектура системы обладает значительной технологической новизной,

что подтверждается отсутствием прямых аналогов среди рассмотренных патентных документов.

Ключевым отличительным аспектом разрабатываемой системы является применение инновационной гибридной сетевой инфраструктуры, интегрирующей протоколы RS-485, TCP/IP и технологии PoE для подключения камер. Такой подход обеспечивает не только высокую надежность передачи данных, но и существенно повышает гибкость развертывания системы в условиях сложной городской инфраструктуры. Особого внимания заслуживает реализация серверной части на базе Docker-контейнеров с использованием Protobuf для сериализации данных, что гарантирует как масштабируемость решения, так и его патентную чистоту.

Важным результатом исследования стало подтверждение уникальности предложенных технических решений и научной новизны, включая специализированные контроллеры КДУ с поддержкой управления 32 светофорами, а также светофоры ДС-10 с расширенным функционалом настройки. Реализация физической блокировки как аварийного режима управления и редактора фаз с возможностью ручной коррекции длительности дополнительно подчеркивает инновационный характер разрабатываемой системы.

Проведенный патентный анализ однозначно свидетельствует, что предложенная архитектура не нарушает существующие патентные права. Это достигнуто за счет оригинальной комбинации технологических решений, включая локальный характер системы, отсутствие использования облачных технологий и искусственного интеллекта, а также уникальную аппаратную реализацию. Единственный потенциальный риск, связанный с применением протокола RS-485, был признан несущественным, так как анализ не выявил патентов, охватывающих его использование в предложенной комбинации с другими технологиями.

Список литературы

1. Жанказиев С.В. Интеллектуальные транспортные системы: учеб. пособие. М.: МАДИ, 2016. С. 120. URL: <https://lib.madi.ru/fel/fel1/fel16E377.pdf> (дата обращения: 14.07.2025).
2. Andreas Simanowski, Ryan Oddo, Jordon Tolotti, Lawrence Miller, Kevin Stichter. Traffic control system and method of use // Патент США № US 20160379490. Патентообладатель Haws Corp. 2016. МПК G08G 1/07; заявлено 15.06.2016; опубл. 22.12.2016.
3. Rajesh Poornachandran, Ned M. Smith, Vincent J. Zimmer, Saurabh Dadu, Sven Schrecker. Systems and methods for traffic control // Патент WO № WO2017019162A1. Патентообладатель MCAFEE INC. 2017. МПК G08G 1/01; заявлено 28.07.2016; опубл. 02.02.2017.
4. Edward D. Ioli. Automated highway system (AHS) // Патент США № US10297146B2. Патентообладатель Edi Licensing. 2019. МПК G08G 1/01; заявлено 15.03.2017; опубл. 21.05.2019.
5. D Pendleton Scott, Vijayalingam Aravindkumar. Traffic light estimation // Патент Великобритании № GB2616739A. Патентообладатель Motional AD LLC. 2023. МПК G08G 1/07; заявлено 12.05.2022; опубл. 02.08.2023.
6. 王宇轩, 皮家甜, 杨新民. Intersection dynamic signal control method, electronic device, storage medium and program product // Патент Китая № CN119889062A. Патентообладатель Minchengce Chongqing Technology Co Ltd, Chongqing Normal University. 2023. МПК G08G 1/07; заявлено 15.03.2023; опубл. 10.11.2023.
7. 刘珍. AGV (automatic guided vehicle) traffic control method, storage medium and electronic equipment // Патент Китая № CN118259665A. Патентообладатель Guangdong Jaten Robot and Automation Co Ltd. 2023. МПК G08G 1/01; заявлено 10.05.2023; опубл. 25.12.2023.
8. Takao Kojima, Yuji Oishi, Keiichi Katsuta, Takehito Ogata. Traffic control system // Патент ЕС № EP3929892A1. Патентообладатель Hitachi Ltd. 2021. МПК G08G 1/07; заявлено 25.06.2020; опубл. 29.12.2021.
9. Grant Stanton Cooper. Traffic signal control system and application therefor // Патент США № US20220068128A1. Патентообладатель Grant Stanton Cooper. 2022. МПК G08G 1/01; заявлено 20.08.2021; опубл. 03.03.2022.
10. Горбунов Б.Л., Ташчи Р.Л. Аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля (апк – дк) и способ централизованной и децентрализованной обработки данных для этого комплекса // Патент РФ № 2692493. Патентообладатель Горбунов Борис Леонидович. 2019. МПК G08G 1/07; заявлено 15.03.2018; опубл. 20.06.2019. Бюл. № 17.
11. Марков С.В., Колосов С.Б., Жендарев Д.Н., Цымбалюк М.Я., Максимов Н.В., Наливаев А.В., Плотников Д.В. Комплексная автоматизированная система контроля автомобильного движения // Патент РФ № RU76152U1. Патентообладатель Закрытое Акционерное Общество «Техно-С. Петербург». 2008. МПК G08G 1/07; заявлено 10.12.2007; опубл. 27.08.2008. Бюл. № 24.
12. Айвазов А.Р. Программно-аппаратный светофорный комплекс // Патент РФ № RU2809750C1. Патентообладатель Айвазов Андрей Робертович. 2023. МПК G08G 1/07; заявлено 15.02.2022; опубл. 20.12.2023. Бюл. № 35.
13. Кирюшин Г.В. Система мониторинга состояния дороги, контроля и управления дорожным движением и способ функционирования этой системы // Патент РФ № RU2733061C1. Патентообладатель Кирюшин Геннадий Васильевич. 2020. МПК G08G 1/07; заявлено 15.03.2019; опубл. 25.09.2020. Бюл. № 27.
14. Таранов Г.Ф. Автоматизированная система управления дорожным комплексом // Патент РФ № RU2788050C1. Патентообладатель Таранов Геннадий Федорович. 2023. МПК G08G 1/07; заявлено 15.02.2022; опубл. 20.01.2023. Бюл. № 2.
15. Морозов В.В., Петров А.И., Шепелёв В.Д., Балфакин М. Ideology of Urban Road Transport Chaos and Accident Risk Management for Sustainable Transport Systems. // Sustainability. 2024. Vol. 16. Is. 6. P. 1–32. DOI: 10.3390/su16062596.
16. Хусаинов Р.М., Талипов Н.Г., Катасёв А.С., Шалаева Д.В. Интеллектуальная система анализа транспортных потоков в автоматизированных системах управления дорожным движением. // SWSystems. 2024. Т. 37. № 1. С. 69–76. URL: <https://swsys.ru/files/2024-1/69-76.pdf> (дата обращения: 12.07.2025). DOI: 10.15827/0236-235X.142.069-076.
17. Преображенский Ю.П., Яицких Ю.Д. Об архитектуре туманных вычислений // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. Т. 13. № 4. С. 115–120. URL: <https://vestnikvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1017> (дата обращения: 12.07.2025). ISSN: 2949-4443.