

Научная статья
УДК 004.89; 629.351

Искусственный интеллект и дорожный трафик

Татьяна Михайловна Ткачева¹, Кирилл Сергеевич Остапенко²

^{1,2}Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),
Москва, Россия

¹tatmihtka@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0781-773X>

²kirill228qaws@mail.ru

Аннотация. Рост населения крупных городов и одновременно рост автомобильного парка вызывают проблемы дорожного трафика: заторы, нарушение экологических норм. Интеллектуальная транспортная система (ИТС) с использованием нейросетей и искусственного интеллекта (ИИ) позволяет снизить нагрузку на дороги. В статье приведены инструменты ИТС с примерами результатов использования в разных мегаполисах Сингапура, Лондона, Шанхая, Мадрида и г. Москва: машинное обучение и прогнозирование, умные светофоры, петлевые датчики, компьютерное зрение, цифровые двойники, интеграция ИИ, 5G и Big Data, технологии спутникового позиционирования (ГЛОНАСС, GPS), мобильные приложения. Приведены результаты: ИТС, ЦУС снижают пробки на 30-50%, повышают безопасность и качество жизни, технологии окупаются за 2-3 года за счет сокращения экономических потерь.

Ключевые слова: дорожный трафик, пробки, экологические проблемы, интеллектуальная транспортная система (ИТС), искусственный интеллект (ИИ), светофоры, датчики.

Для цитирования: Ткачева Т.М., Остапенко К.С. Искусственный интеллект и дорожный трафик // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2025. № 2 (44).

Original article

Artificial intelligence and road traffic

Tatiana M. Tkacheva¹, Kirill S. Ostapenko²

^{1,2}Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia

¹tatmihtka@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0781-773X>

²kirill228qaws@mail.ru

Abstract. The growth of the population in large cities and at the same time the growth of the car fleet causes traffic problems: congestion, violation of environmental standards. An intelligent transport system (ITS) using neural networks and artificial intelligence (AI) can reduce the load on the roads. The article contains ITS tools with examples of the results by them using in different megacities Singapore, London, Shanghai, Madrid and Moscow: machine learning and forecasting, smart traffic lights, loop sensors, computer vision, digital twins, AI integration, 5G and Big Data, satellite positioning technologies (GLONASS, GPS), mobile applications. The results are shown: ITS, DCS reduce traffic jams by 30-50%, improve safety and quality of life, technologies pay off in 2-3 years by reducing economic losses.

Keywords: road traffic, traffic jams, environmental problems, intelligent transport system (ITS), artificial intelligence (AI), traffic lights, sensors.

For citation: Tkacheva T.M., Ostapenko K.S. Artificial intelligence and road traffic. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura.* 2025. № 2 (44).

Введение

По оценкам ООН в настоящее время более 55% населения мира проживает в городах, а к 2050 году эта цифра достигнет 68% [1]. Мегаполисы сталкиваются с критическими нагрузками на транспортную инфраструктуру: пробки, загрязнение воздуха, различные ДТП. Классические схемы управления дорожным движением часто являются жёсткими и не адаптируются к дорожным условиям. Искусственный интеллект (ИИ) становится ключевым инструментом для решения этих проблем, являясь основой Интеллектуальной транспортной системы (ИТС).

ИТС объединяет датчики, камеры и машинные алгоритмы для оптимизации дорожного движения. ИТС ищет быстрые маршруты в режиме реального времени и, благодаря своевременным уведомлениям об аварии или пробке водитель меняет свой маршрут, экономя время и топливо.

Пешеходам ИТС предлагает «умные» переходы», которые распознают количество людей и продлевают зеленый сигнал, датчики, которые подсвечивают переходы в темное время обеспечивая безопасность пешеходов.

ИТС в режиме реального времени реагирует на поток автомобилей и отдает приоритет общественному транспорту – автобусам и трамваям.

Главный «козырь» ИТС – прогнозирование. Анализируя данные видео камер, Глонасс и GPS-трекеров, система предупреждает о риске аварий или заторов до происшествия. Система предсказывает 65% ДТП за час до их возникновения (анализ стиля вождения и погоды) и создает «Зеленые волны» для общественного транспорта.

Цель статьи:

Рассмотреть применения ИТС (цифровых управляющих систем, искусственного интеллекта) для управления дорожной ситуацией, проанализировать эффективность работы ИТС в мире и на примере города Москвы.

Основная часть

Движение на дорогах и обеспечение безопасности регулируются ИИ, то есть цифровыми программами и системами (ЦУС), как частью ИТС. Эффективность управления трафиком увеличивается за счет быстрой реакции на его изменение, внедрения новых форм навигации, создания комфортных условий для пешеходов через регулирование работы светофоров, отслеживания наиболее проблемных переходов.

Инструментами ИТС являются:

1. Машинное обучение и прогнозирование

Анализ имеющихся данных о проблемах на дорогах в реальном времени позволяет предсказывать возможные задержки движения, корректировать маршруты общественного транспорта и перенаправлять потоки машин. Сведения, переданные видео камерами, датчиками движения, серверами отслеживания GPS и ГЛОНАСС, обрабатываются с помощью алгоритмов Deep Learning. Прогнозирование дорожного движения на основе системы глобального позиционирования (GPS/ГЛОНАСС) – одна из преобладающих

технологий в современную технологическую эпоху, которая обеспечивает плавную навигацию и сокращает время в пути. Для прогнозирования заторов и задержек в движении используются сохранённые данные и текущее местоположение GPS/ГЛОНАСС смартфона пользователя.

В работе [2] отмечается, что правильно спрогнозировать заторы и задержки в движении без знания классифицированного количества и типа транспортных средств довольно трудно. Важно знать соотношение площади, занимаемой транспортным средством на проезжей части, и количества пассажиров в нем. Рядом на проезжей части могут находиться автобусы, легковые автомобили, грузовики или трамваи, соответственно распределение пассажиров будет неравномерным. Следовательно, наложение информации о GPS-локации на количество транспортных средств и их категории, позволяет лучше оценивать загруженность дорог и задержки в движении.

2. Адаптивные светофоры

Адаптивные светофоры – это «умные» системы, которые в реальном времени анализируют трафик с помощью датчиков, камер и IoT-устройств, автоматически регулируя длительность сигналов. Их цель – сократить пробки, время ожидания и аварийность [3]. Примеры использования в мире приведены ниже.

В Сингапуре с 1990-х годов действует система GLIDE (Green Link Determining System). Она использует камеры и индукционные петли для подсчёта машин. Алгоритм оптимизирует фазы светофоров каждые 2-3 секунды. Например, если на боковой улице скапливается 10+ машин, главная дорога получает красный сигнал раньше запланированного. Результат: на 25% меньше задержек на перекрёстках. В часы пик система сокращает время в пути на 15-20% [4].

В Лондоне внедрена система SCOOT (Split Cycle Offset Optimization Technique) в 1980-х годах. Датчики, расположенные под покрытием

автомобильной дороги, отслеживают плотность потока, а алгоритм корректирует циклы светофоров каждые 4 минуты. Дополнительно проводятся исследования транспортного управления Лондона по введению контроля и ценообразования на парковки. По результатам исследования удалось на 15% снизить количество автомобилей, припаркованных в центральной части Лондона и, соответственно, снизить нагрузку на движение. Система SCOOT синхронизирует зелёные волны, позволяя машинам проезжать несколько перекрёстков без остановок, что снизило заторы на 12%, число аварий на 15%, а выбросы CO₂ – на 6% [5].

Центр управления мобильностью в Мадриде использует модели прогнозирования дорожного движения на основе искусственного интеллекта для оптимизации транспортных потоков. С момента внедрения в 2014 году эта система сократила время реагирования на чрезвычайные ситуации на 25% и количество смертей в результате ДТП на 30%. В Барселоне внедрение интеллектуальных транспортных систем позволило сократить время реагирования экстренных служб на 35%. Подразделение по управлению дорожным движением (UOCT) в Сантьяго (Чили) управляет более чем 3000 светофорами и 200 камерами. Благодаря этой системе средняя скорость движения увеличилась на 15%, а выбросы сократились примерно на 20% [6].

Адаптивная система управления светофорами SCOOT используется в Шанхае, обеспечивая корректировку длительности сигнала светофоров. В Шанхае, где среднесуточный трафик на автомагистралях достигает 1.3-1.35 млн автомобилей, используют дроны как полицейских с камерами и громкоговорителями, обеспечивая оперативную реакцию на аварии и нарушения, сокращая заторы на 60% [5, 7].

3. Компьютерное зрение для анализа трафика

Видеокамеры со встроенным ИИ могут распознать аварии, нарушения ПДД и определить количество пешеходов в конкретном месте города.

Современные мегаполисы активно внедряют системы компьютерного зрения для мониторинга и управления транспортными потоками. Эта технология позволяет в реальном времени: распознавать типы транспортных средств (легковые, грузовики, автобусы), оценивать скорость и плотность потока, выявлять нарушения ПДД и аварийные ситуации, распознавать агрессивный стиль вождения, оптимизировать работу светофорных объектов [8].

4. Интернет вещей (IoT) и Big Data

В последние годы интеграция Интернета вещей (IoT) и искусственного интеллекта (AI) набрала обороты в развитии умных городов. [9]. IoT – это сеть взаимосвязанных физических устройств, таких как датчики или камеры, которые собирают и обмениваются данными через Интернет. Показатели IoT датчиков, умных парковок и подключенных к ЦУС автомобилей собираются в единой платформе, которая создает цифровую копию транспортных потоков (Big Data). Одним из наиболее значительных преимуществ подключения автомобилей к IoT является потенциал снижения транспортных заторов. Подключенные транспортные средства – водители – могут общаться друг с другом, обмениваться данными о дорожных условиях в режиме реального времени и соответствующим образом корректировать свое поведение при вождении. При обнаружении интенсивного трафика IoT автоматически перенаправляет автомобили по другим маршрутам, чтобы избежать заторов. Паттерны перемещений жителей определяют развитие общественного транспорта.

В Сингапуре работает Virtual Singapore – 3D-платформа, которая анализирует данные с 5000+ IoT-датчиков и каждые 5 минут их обновляет. В результате количество заторов в часы пик снизилось на 22%. В Лондоне Big Data использует данные с 15 000 таксометров, показатели 3000+ дорожных сенсоров, тарифы платных зон, расписание общественного транспорта, маршруты объездов. Эффект: сокращение пробок на 18% за 3 года.

5. Цифровые двойники

Цифровые двойники представляют собой виртуальные модели дорожных ситуаций с использованием данных различных событий, случившихся в реальном времени [10]. Математическая модель дает прогнозы по выполнению принимаемых ИТС решений, выявляет риски и стратегию избавления от них, корректирует действия дорожных служб и устройств, повышая эффективность оперативных действий, обеспечивающих безопасность. В создании виртуальной копии физических транспортных средств применяют: IoT-датчики (камеры, радары, дорожные сенсоры), ГЛОНАСС и GPS-треки транспорта, мобильные данные пользователей. Для анализа полученных данных учитывают 3D-карты города с точностью до метра, ИИ-алгоритмы, прогнозирующие пробки. Производится тестирование сценариев, возникающих в дорожном движении: ремонт дорожного покрытия, различные ДТП, сбои в работе светофоров, общественные и массовые мероприятия (велo и мотогонки, уличный марафон), манера вождения отдельных водителей и т.д. В результате проводится гибридное моделирование (трафик + погода + события), просчитываются возможные негативные последствия некоторых событий и предлагаются варианты обеспечения безопасности и улучшения транспортных потоков.

Социальный и экономический эффекты ИТС

Внедрение ИТС создает социальный эффект за счет возникновения комфорта при поездках на любом виде транспорта при уменьшении времени в пути из-за исчезновения пробок на 20%. ИТС помогает минимизировать количество аварий на 25% благодаря системам видеонаблюдения, автоматическому распознаванию нарушений и прогнозированию опасных ситуаций. ИТС напрямую способствует сохранению здоровья и жизни людей.

Экономические последствия от работы ИТС заключаются в:

- оптимизации транспортных потоков, что приводит к сокращению расхода топлива и выбросов вредных веществ в атмосферу;
- снижении затрат на транспортные услуги и операционных издержек городских властей за счет автоматизации процессов управления транспортной сетью;
- развитии цифровой экономики, которое стимулирует создание новых рабочих мест в сфере разработки программного обеспечения, управления данными и обслуживания инфраструктуры;
- развертывании системы электронного продажи билетов, мобильных приложений и платформ для планирования маршрутов;
- формировании новых бизнес-моделей, что усиливает конкурентоспособность городов на глобальном уровне.

Кейс «Умный город – Москва»

Масштабы проблемы:

- население Москвы – 13 млн жителей + 4 млн ежедневных приезжих;
- автомобильный парк – 5,8 млн машин (данные ГИБДД на 2024 г.);
- ежедневные пробки: пиковые часы – 8:00-10:00 и 17:00-20:00 (в Москве среднее время пробок достигает 50-70 минут в день);
- переполненный общественный транспорт, включая метро, МЦК и МЦД;
- экономические потери: увеличение затрат на топливо, упущенные рабочие часы, загрязнение воздуха.

Цифровизация как ответ:

В Москве с 2012 года внедрена Интеллектуальная транспортная система (ИТС). В 2024 году на Москву приходится более 30 млрд рублей контрактов на развитие ИТС – крупнейший объем средств по России [11]. ИТС анализирует:

- данные с 13613 видео камер с AI-аналитикой и 160 000 датчиков;
- управляет адаптивными светофорами на 3500 перекрестков;
- прогнозирует возникновение автомобильных пробок с точностью до 92%, учитывая пиковые часы 8.00-10.00 и 17.00-20.00;
- определяет возможное изменение уровня загрязнения воздуха при увеличении или при уменьшении времени простоя или из-за неадекватной работы светофора;
- определяет новые маршруты автобусов, строительство станций метро, МЦК и МЦД, пересадочных узлов и других видов городского транспорта;
- использует цифровой след мобильных приложений.

В результате за три года использования ИТС на 27% снизилось количество простоев и увеличилась средняя скорость движения с 22 км/час до 32 км/час в центре Москвы, время прибытия скорой помощи уменьшилось на 7 минут, скорость наземного общественного транспорта увеличилась на 15%. На Тверской улице время ожидания зеленого знака светофора сократилось на 40% (данные ЦОДД). Переразметка дорог Москвы добавила 140 дополнительных полос на сложных участках, где водители теряли время в пути [11].

ИТС предлагает цифровую навигацию на остановках общественного транспорта, показывая прогноз погоды, время прибытия автобуса или поезда метро и степень загруженности вагонов прибывающего поезда. Вводится оплата проезда по биометрии на всех видах общественного транспорта. В 2024 году для пешеходов обустроено более 400 новых переходов и 328 островков безопасности.

Благодаря уменьшению времени работы мотора на холостом ходу в пробке или у светофора зафиксировано сокращение выброса CO₂ на 18%. Общественный транспорт – эффективный способ сократить выбросы CO₂ и

сделать город более экологичным. Полностью загруженный автобус может заменить до 50 автомобилей, сокращая выбросы CO₂ на 37% за одну поездку. Согласно исследованию Международной ассоциации общественного транспорта (UITP), города могут избежать выбросов CO₂ в количестве до 300 миллионов тонн в год за счёт расширения объектов общественного транспорта. Важную роль здесь играют электрические и гибридные автобусы.

Ежегодная экономия средств возникает благодаря перенаправлению маршрутов, «зеленых волн» движения и минимизации расходов на ремонт дорожного покрытия. По данным Министерства транспорта в 2024 году от снижения количества пробок сэкономили 85 млрд рублей [11].

В Москве тестируют беспилотные транспортные средства: грузовики с 2023 года, а беспилотный трамвай начали тестировать уже в 2025 году. На скоростной автомагистрали М-11 «Нева» используются высокоточные цифровые двойники для управления движением на трассе.

В Москве разработан план гибкого тарифа для оплаты парковок вплоть до полной отмены оплаты при условии большого количества свободных мест (больше 50%), появилось 15 тысяч новых парковочных мест. ЦУС следит за парковочными местами в городе: датчики парковок передают данные в мобильные приложения «Яндекс Карты» и «Московский транспорт». Водители экономят до 15 минут в день на поиске места для парковки.

Благодаря непрерывному развитию городских цифровых технологий за последние четыре года Москва в третий раз входит в число «умных городов» мира по версии Smart21 и во второй – в топ-7 Smart Communities.

Нерешенными проблемами остаются:

- конфиденциальность данных: не все водители готовы использовать предлагаемые решения и отключают навигаторы;
- кибербезопасность: хакерские атаки на ЦУС и сбои в сети интернета;

- высокие затраты на развитие инфраструктуры мегаполиса;
- необходимость межведомственной кооперации.

Заключение

Направлениями развития ИИ для транспортных потоков мегаполиса являются: развитие автономности, подключение беспилотного транспорта, мгновенная передача данных (на основе 5G) использование глобальных платформ типа Mobility-as-a-Service (MaaS).

Искусственный интеллект трансформирует транспортные системы крупных городов, делая их эффективными и экологичными. Примеры Москвы, Сингапура, Лондона, Шанхая и других городов доказывают: будущее городской мобильности началось уже сегодня.

Искусственный интеллект, цифровые системы в городском управлении уже не роскошь, а «хлеб насущный» для сохранения здоровья и миллионов часов для интересной и насыщенной жизни жителей мегаполисов.

Список источников

1. UN DESA “The 2018 Revision of World Urbanization Prospects” [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html> (Дата обращения 26.03.2025).
2. Pandey, Amar Deep et al. A Machine Learning-Based Overlay Technique for Improving the Mechanism of Road Traffic Prediction Using Global Positioning System. Available at SSRN: [Электронный ресурс]. – URL: <https://ssrn.com/abstract=4426225>.
3. Князькина, О. В. «Умные светофоры» в концепции «умного транспорта» / О. В. Князькина, Р. М. Хамитов, К. С. Зайленко // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2024. – № 4(42). – EDN BCSCFX.
4. Glide into Smoother Traffic: The Green Wave You Want to Ride | Land Transport and Authority? Posted 28.03.2024. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.lta.gov.sg/content/ltagov/en/who_we_are/statistics_and_publications/Connect/GLI_DE.html (Дата обращения 26.03.2025).
5. Лыткина, А. А. Применение адаптивных систем управления движением при обеспечении приоритета городского пассажирского транспорта общего пользования на регулируемых пересечениях / А. А. Лыткина // ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ и

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ОБЩЕСТВА, науки и ОБРАЗОВАНИЯ : сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 23 ноября 2019 года. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2019. – С. 71-73. – EDN COJYGG.

6. INTETRAFFIC, PREES AND MEDIA 03.10.2024 “Emergency Response in Latin America and Spain” [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.intertraffic.com/news/traffic-management/intelligent-traffic-management-public-safety-latin-america-spain> (Дата обращения 24.03.2025).

7. ДРОНУС. Беспилотные летательные аппараты и другие дроны. «В Шанхае появились полицейские дроны регулировщики» /Dronus/ 20.03.2024 [Электронный ресурс]. – URL: <https://dronus.ru/za-rubezhom/politsejskie-drony-regulirovshhiki> (Дата обращения 24.03.2025).

8. Zhichen, Eden Guo. The Evolution of Traffic Lights: A Comprehensive Analysis of Traffic Management Systems in Shanghai / Eden Guo Zhichen // Journal of Electronic Research and Application.–2025. – Vol 9, No 1. – P. 330-336. – DOI:10.26689/jera.v9i1.9636.

9. Интернет вещей (IoT) и его влияние на умные города / М. Д. Муленко, Д. О. Лескова, Т. В. Сафонова, А. В. Мокряк // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. – 2024. – № 3(51). – С. 73-78. – EDN OJDLAM.

10. Николаева, Р. В. Управление транспортной инфраструктурой на основе цифровых двойников / Р. В. Николаева, Р. Ф. Валиев // Вестник НЦБЖД. – 2024. – № 3(61). – С. 75-80. – EDN IOIEUA.

11. TADVISER Государство.Бизнес.Технологии Интеллектуальная транспортная инфраструктура (ИТС) в России. [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Интеллектуальная_транспортная_инфраструктура_\(ИТС\)_Россия](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Интеллектуальная_транспортная_инфраструктура_(ИТС)_Россия).

References

1. URL: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>.

2. Pandey, Amar Deep and Kumar, Brind and Parida, Manoranjan and Chouksey, Ashish Kumar and Mishra, Rahul, Available at SSRN: URL: <https://ssrn.com/abstract=4426225>.

3. Knyazkina O.V., Khamitov R.M., Zaylenko K.S. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*, 2024, no. 4 (42).

4. URL: https://www.lta.gov.sg/content/ltagov/en/who_we_are/statistics_and_publications/Connect/GLI_DE.html.

5. Lytkina A. A. *Intellektual'nyy kapital i innovatsionnoye razvitiye obshchestva, nauki i obrazovaniya*, Sbornik statey, Penza, Nauka i Prosveshcheniye (IP Gulyayev G.YU.), 2019, pp. 71-73.
6. URL: <https://www.intertraffic.com/news/traffic-management/intelligent-traffic-management-public-safety-latin-america-spain>.
7. URL: <https://dronus.ru/za-rubezhom/politsejskie-drony-regulirovshhiki> .
8. Zhichen Eden Guo. *Journal of Electronic Research and Application*, 2025, vol. 9, no. 1, pp. 330-336.
9. Mulenko M.D., Leskova D.O., Safonova T.V., Mokryak A.V. *Informatsionnyye tekhnologii i sistemy: upravleniye, ekonomika, transport, pravo*, 2024, no. 3(51), pp. 73-78.
10. Nikolaeva R.V., Valiev R.F. *Vestnik NTSBZHD*, 2024, no. 3(61), pp. 75-80.
11. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/>.

Рецензент: А.Ф. Смык, д-р физ.-мат. наук, проф., МАДИ

Информация об авторах

Ткачева Татьяна Михайловна, канд. физ.-мат. наук, доц., МАДИ.

Остапенко Кирилл Сергеевич, студент, МАДИ.

Information about the authors

Tkacheva Tatiana M., Candidate of Sciences (Physical and Mathematical),
associate professor, MADI.

Ostapenko Kirill S., student, MADI.

Статья поступила в редакцию 14.05.2025; одобрена после рецензирования 18.06.2025; принята к публикации 19.06.2025.

The article was submitted 14.05.2025; approved after reviewing 18.06.2025; accepted for publication 19.06.2025.