

Научная статья  
УДК 004.8:629.3

## «Умные светофоры» в концепции «умного транспорта»

Ольга Владимировна Князькина<sup>1</sup>, Ренат Минзашарифович Хамитов<sup>2</sup>  
Ксения Сергеевна Зайленко<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Сибирский государственный индустриальный университет (СибГИУ), Новокузнецк, Россия

<sup>2</sup>Казанский государственный энергетический университет (КГЭУ), Казань, Россия

<sup>1</sup>dmtov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1448-3061>

<sup>2</sup>hamitov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9949-4404>

<sup>3</sup>ks\_zaylenko@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены актуальные вопросы, связанные с применением искусственного интеллекта для организации движения транспорта в целях повышения безопасности на транспорте и снижения заторов на автомобильных дорогах. Описывается система «умный светофор», которая ориентирована на рост пропускной способности дорог, снижение аварийности за счет способности системы в режиме реального времени измерять загруженность полос движения и оценивать скопление пешеходов, на основе чего выбирать оптимальный режим работы светофорного объекта. Обсуждается значимость интеграции системы «умных светофоров» в существующие механизмы управления дорожным движением. Представлен принцип функционирования «умного светофора», включающий описание различных режимов работы, и детально освещается процедура работы системы «умный светофор». Анализируются как положительные, так и отрицательные аспекты, возникающие при внедрении системы «умный светофор».

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, автомобильный транспорт, «умный светофор», «умный транспорт», светофорный объект, управление дорожным движением.

**Для цитирования:** Князькина О.В., Хамитов Р.М., Зайленко К.С. «Умные светофоры» в концепции «умного транспорта» // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2024. №4 (42).

Original article

## "Smart traffic lights" in the concept of "smart transport"

Olga V. Knyazkina<sup>1</sup>, Renat M. Khamitov<sup>2</sup>, Kseniya S. Zaylenko<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Siberian State Industrial University (SibSIU), Novokuznetsk, Russia

<sup>2</sup>Kazan State Energy University (KSPEU), Kazan, Russia

<sup>1</sup>dmtov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1448-3061>

<sup>2</sup>hamitov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9949-4404>

<sup>3</sup>ks\_zaylenko@mail.ru

**Abstract.** The article deals with topical issues related to the use of artificial intelligence for the organization of traffic in order to improve transport safety and reduce congestion on highways. The smart traffic light system is described, which is focused on increasing road capacity, reducing accidents due to the system's ability to measure traffic congestion in real time and assess pedestrian congestion, based on which to choose the optimal mode of operation of a traffic light object. The importance of integrating the "smart traffic lights" system into existing traffic management mechanisms is discussed. The principle of operation of the "smart traffic light" is presented, including a description of various operating modes, and the procedure for the operation of the "smart traffic light" system is covered in detail. Both positive and negative aspects arising from the implementation of the smart traffic light system are analyzed.

**Keywords:** artificial intelligence, automobile transport, "smart traffic light", "smart transport", traffic light object, traffic management.

**Keywords:** artificial intelligence, automobile transport, "smart traffic light", "smart transport", traffic light object, traffic management.

**For citation:** Knyazkina O.V., Khamitov R.M., Zaylenko K.S. "Smart traffic lights" in the concept of "smart transport". *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura.* 2024. № 4 (42).

### Введение

На рубеже XX–XXI веков наметилась тенденция по сосредоточению населения в городах, что ведет к росту городов и превращению их в мегаполисы, организация жизни в которых зачастую не приспособлена для управления ростом населения, в результате, в городах стали отмечаться негативные последствия как для окружающей среды, так и для жителей, а также наблюдаться ухудшение экологической ситуации, волнения среди населения, проблемы с организацией движения транспортных средств и, как следствие, возникновение заторов на дорогах, что негативно сказывается на уровне жизни населения. Обеспечить безопасность на дорогах и сделать поездки более комфортными – одна из основных задач, которые решает нацпроект «Безопасные и качественные дороги» [1]. Для сведения к минимуму заторов на дорогах, которые выступают в качестве значимой проблемы в урбанистических агломерациях по всему миру, оказывая негативное воздействие на широкий спектр областей, включая логистику,

производительность труда, экологическую обстановку и другие, исследователи активно разрабатывают новаторские подходы и технологии для оптимизации управления транспортными потоками.

### **Основные понятия**

«Умный транспорт» в основном рассматривается как инструмент разрешения городских проблем в условиях растущей урбанизации. «Умный транспорт» это новый подход к организации работы транспорта, в основе которых лежат передовые цифровые решения и технологии искусственного интеллекта (ИИ) [2]. В рамках «умного транспорта» одним из решений освобождения автодорог от частых заторов является интеграция в существующую инфраструктуру управления дорожным трафиком системы «умных светофоров», которые смогли бы полностью автоматически переключаться на основе онлайн информации о загруженности дорог и времени простоя автомобилей на перекрестке, а также статистических данных о загруженности дорог в определенное время суток в определенный день недели.

Система «умный светофор» – это аппаратно-интеллектуальный комплекс, нацеленный на увеличение пропускной способности автомобильных дорог, снижения дорожно-транспортных происшествий и повышения уровня безопасности дорожного движения за счет способности измерять загруженность направлений движения транспортных средств и пешеходов, и в зависимости от этой величины выбирать оптимальный режим работы светофорного объекта, самостоятельно менять продолжительность красного или зеленого сигнала. «Умный светофор» использует «свободные окна» на перекрестках автодорог, когда в одном направлении нет автомобильного трафика или он минимален, а в другом идет перегрузка и скапливается затор, а также бесполезное выделение времени на пешеходные переходы, когда нет пешеходов. В таком случае автоматическое регулирование светофора повышает пропускную способность автодороги,

как правило, на 15-20% [5]. А объединение нескольких ближайших перекрестков в единую систему позволяет еще больше повысить пропускную способность автодорог за счет применения режима высокоскоростного движения без остановок.

### Принцип работы «умных светофоров»

Суть работы «умного светофора» заключается в управлении в режиме реального времени данными (рис. 1), поступающими в центральную систему управления. Существенный эффект дает применение технологии ИИ, при которой «умный светофор» определяет наиболее оптимальные режимы движения для каждого момента времени с учетом интересов всех участников дорожного движения. ИИ просчитывает множество вариантов проезда всех автомобилей и прохода всех пешеходов, которые он фиксирует в районе перекрестка и выбирает тот, в котором обеспечивается общая наибольшая пропускная способность.

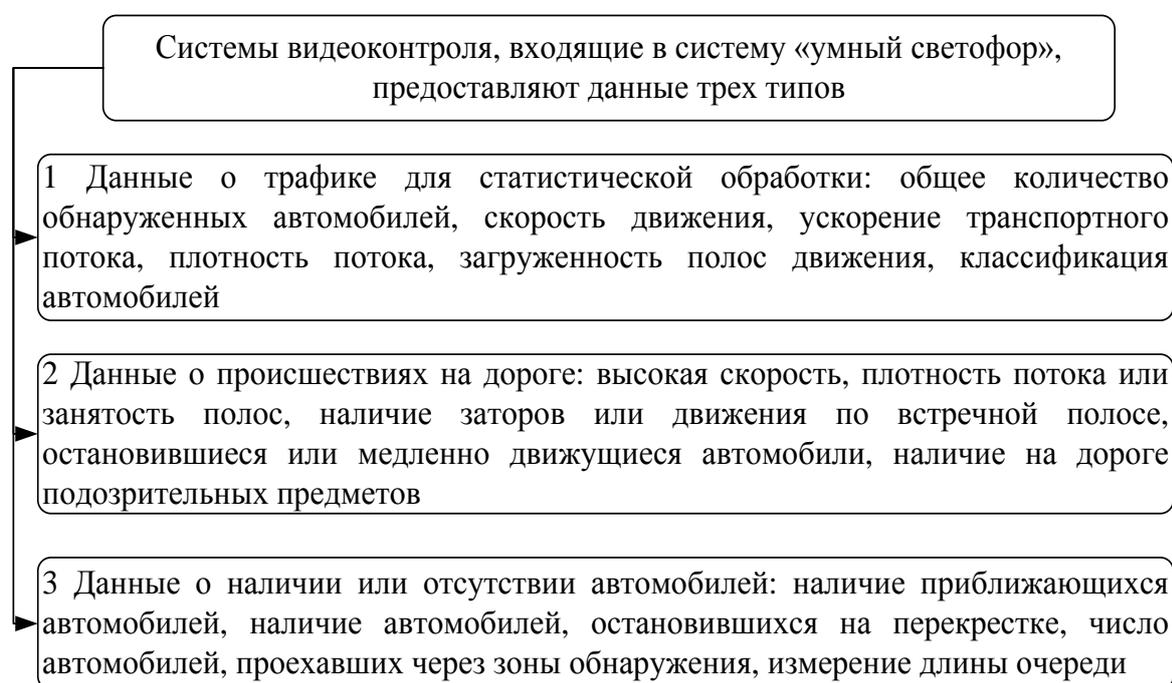


Рис. 1. Типы данных, поступающих в систему «умный светофор»

Система «Умный светофор» состоит из контроллеров аппаратной интеграции и управления светофором, сетевого и коммутационного оборудования, видеокамер высокого разрешения и удаленных датчиков

(датчики бывают двух видов: тактические подсоединяются к дорожному контроллеру и оценивают транспортный поток на перекрестках, а стратегические детекторы ставятся посередине дороги с большой протяженностью и получают информацию об интенсивности потока, скорости движения и задержках) благодаря которым анализируется ситуация на перекрестках, отслеживается загруженность перекрестков на дорогах, а полученная информация посредством радиосигналов передается в центральную систему управления и специализированного программного обеспечения на базе ИИ (рис. 2).



Рис. 2. Принцип работы системы «умный светофор» [3]

На основе показаний датчиков центральная система управления передает команду контроллерам светофорных объектов включить определенный сигнал так, чтобы сократить время пребывания транспортных средств на перекрестках. В общем виде процедура работы системы «умный светофор» приведена на рис.3.



Рис. 3. Процедура работы системы «умный светофор»

«Умные светофоры» имеют три режима работы:

- локальный режим, при котором светофор действует по заранее подготовленной программе отдельно от других светофоров, это такие сценарии, как утренний час пик, вечерний час пик, ночь и день;
- при координированном управлении несколько светофоров параллельно работают в одной связке, т.е. светофоры связаны между собой и работают синхронно, чтобы пропускать определенное количество транспортных средств и поддерживать определенную интенсивность движения;
- адаптивный режим заключается в следующем: светофор получает информацию о дорогах, на основании которой делает анализ и адаптируется к дорожной ситуации;

– при централизованном управлении сотрудники ситуационного центра постоянно поддерживают контакт с городскими службами, такими как ГИБДД и МЧС и при необходимости вручную регулируют работу светофоров, увеличивая длительность работы зеленого сигнала светофора для наиболее загруженных участков дороги.

В обозримом будущем основной акцент в развитии системы «умный светофор» будет ориентирован на увеличение наполнения ее данными о дорожной ситуации и совершенствовании функции прогнозирования дорожной обстановки. Внедрение системы «умный светофор» представляет собой лишь часть большой планомерной работы, которая необходима для того, чтобы сделать дорожное движение в городе комфортным и безопасным.

### **Положительные эффекты и отрицательные стороны, возникающие при внедрении системы «умный светофор»**

С позиции технической реализации, система «умный светофор» интегрируется в модуль управления светофорами, что позволяет согласовать работу абсолютно всех светофорных объектов перекрестка в каком-либо напряженном транспортном узле, т.е. процессор «умного светофора» получает информацию о потоке машин с видеокамер и обрабатывает её, а затем по установленному алгоритму принимает решение, в каком направлении и на сколько открывать движение. Таким образом, вероятность образования затора на дорогах существенно снижается. В качестве основных положительных эффектов внедрения системы «умный светофор» можно отметить:

- сокращение финансовых затрат на строительство объездных дорог;
- рост уровня комфорта городской среды, и улучшение делового климата города, т.к. население будет тратить значительно меньше времени на проезд в транспорте;

- формирование и выгрузка данных статистики о плотности транспортного потока, загруженности автотрасс, распределении трафика по часам и дням недели;
- выявление «узких мест» в проектировании проезжей части;
- постоянно поддерживаемая скорость движения транспортных средств без большого числа остановок снизит аварийность в городе;
- оперативное информирование о создавшихся заторах и авариях на дорогах;
- оперативное выявление транспортных средств с нечитаемыми номерами и осуществление поиска интересующего транспортного средства по государственному номеру;
- осуществление моментального поиска свидетелей противоправных действий в районе происшествий;
- способность предсказывать транспортную ситуацию на 15-30 минут вперед и заранее вырабатывать эффективный план управления городским трафиком, который автоматически корректируется при возникновении дорожно-транспортных происшествий на перекрестках [5];
- учет приоритета общественного транспорта, экстренных служб и «спецсопровождения» перед остальными участниками движения;
- предоставление сведений в страховые организации о подставных случаях аварии на основании наличия фиксации повреждений до аварии;
- влияние на сокращение выбросов в атмосферу, так как оптимизируя транспортный поток, «умные светофоры» могут минимизировать время простоя на перекрестках, тем самым снижая расход топлива и выбросы выхлопных газов.

Невзирая на очевидные преимущества внедрения системы «умный светофор», существуют также отрицательные стороны, связанные с интеграцией «умных светофоров»:

- не решают полностью проблему заторов, а поскольку количество автомобилей в нашей стране постоянно растет, то очевидно, что даже при максимальной производительности перекрестков, пробки в крупных мегаполисах будут расти, если заниматься только внедрением систем «Умный светофор» и не решать остальные дорожные проблемы;
- цена диодного «умного» светофора в 5 раз дороже обычного лампового;
- устаревшие устройства транспортной инфраструктуры сложно интегрируются с современными технологиями, что ограничивает их эффективность;
- нехватка квалифицированных кадров и специальных знаний препятствует внедрению системы «умный светофор»;
- проблемы совместимости и стандартизации технологий: отсутствие унифицированных протоколов связи, форматов данных и инфраструктур интеграции, необходимых для бесперебойного соединения и обмена информацией между различными системами управления дорожным движением;
- интеграция новых технологий ИИ приводит к появлению уязвимостей в сфере кибербезопасности [9, 10], что создает риски для безопасности и надежности транспортных сетей [4].

Решение отмеченных негативных моментов имеет первостепенное значение для успешного внедрения и эксплуатации системы «умный светофор» в систему управления дорожным движением.

### **Заключение**

Технологии ИИ становятся эффективным инструментом проектирования в области светофорного регулирования. Так система «умный светофор» с применением технологии ИИ является одной из передовых форм управления дорожным движением, которая используется для идентификации большого количества объектов, тем самым обеспечивая более детальную и

высокоточную картину происходящего, что необходимо для принятия решения по выбору оптимального режима работы светофорных объектов. Применение ИИ в значительной мере позволяет выполнять обработку массива данных относительно дорожной ситуации и обеспечить наиболее безопасное движение транспортного средства и, как следствие, снизить число дорожно-транспортных происшествий. Данные технологии должны являться неотъемлемой частью цифровой трансформации городской среды как средство повышения качества и безопасности жизни. В свою очередь такие технологии как интернет вещей и «умные города» могут и должны быть поставщиками необходимых данных для обучения ИИ в сфере автомобильного транспорта.

### Список источников

1. Паспорт национального проекта «Национальный проект «Безопасные качественные дороги»» / Министерство транспорта Российской Федерации : официальный сайт. – URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11524> (дата обращения 02.10.2024).
2. Хамитов, Р. М. «Умный транспорт» как средство повышения качества жизни горожан / Р. М. Хамитов, О. В. Князькина, Г. В. Дмитриев // Компетентность. – 2024. – № 3. – С. 10-14. – DOI 10.24412/1993-8780-2024-3-10-14. – EDN EZOXQT.
3. Powering Dynamic Cities With ATMS : официальный сайт [Электронный ресурс]. – моха. – URL: <https://www.moha.com/en/literature-library/powering-dynamic-cities-with-atms> (дата обращения 09.10.2024).
4. Хамитов, Р. М. Искусственный интеллект в транспортной сфере как средство повышения безопасности / Р. М. Хамитов, О. В. Князькина, А. В. Шорохова // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2024. – № 1(39). – EDN HUPITB.
5. Когда в России исчезнут пробки? Система «Умный светофор». Новости Интернета вещей : официальный сайт [Электронный ресурс]. – [iot.ru/новости](https://iot.ru/новости) Интернета вещей. – URL: <https://iot.ru/gorodskaya-sreda/kogda-v-rossii-ischeznut-probki-sistema-umnyy-svetofor>.
6. Как нейросети управляют дорожным движением в России // сайт : РБК. – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/65168cdc9a794764f1ad0469> (дата обращения: 09.10.2023 г.).

7. Куценко, С. М. Обзор элементов интеллектуальной транспортной системы / С. М. Куценко // *International Journal of Advanced Studies*. – 2023. – Т. 13, № 2-2. – С. 58-62. – EDN SVGTSY.
8. Искусственный интеллект и транспорт: новые технологии безопасности и комфорта // сайт: [neuralinsight](https://neuralinsight.ru). – URL: <https://neuralinsight.ru/iskusstvennyj-intellekt-i-transport/> (дата обращения: 09.10.2023 г.).
9. Белова, Е. И. Перспективы применения искусственного интеллекта в сфере информационной безопасности / Е. И. Белова // Развитие современной науки и технологий в условиях трансформационных процессов : сборник материалов XII Международной научно-практической конференции, Москва, 02 июня 2023 года. – Санкт-Петербург: Печатный цех, 2023. – С. 16-18. – EDN INLTYZ.
10. Касимов, О. А. Повышение безопасности и эффективности доменов корпоративной сети внедрением скриптов Power Shell / О. А. Касимов // Тинчуринские чтения - 2023 "Энергетика и цифровая трансформация" : Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 26–28 апреля 2023 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Том 3. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. – С. 62-65. – EDN APIVHW.

### References

1. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11524> (02.10.2024).
2. Khamitov R. M., Knyaz'kina O.V., Dmitriyev G.V. *Kompetentnost'*, 2024, no. 3, pp. 10-14.
3. URL: <https://www.moxa.com/en/literature-library/powering-dynamic-cities-with-atms> (09.10.2024).
4. Khamitov R.M., Knyazkina O.V, Shorokhova A.V. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*, 2024, no. 1(39).
5. URL: <https://iot.ru/gorodskaya-sreda/kogda-v-rossii-ischeznut-probki-sistema-umnyy-svetofor>.
6. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/65168cdc9a794764f1ad0469> (09.10.2023).
7. Kutsenko S.M. *International Journal of Advanced Studies*, 2023, vol. 13, no. 2-2, pp. 58-62.
8. URL: <https://neuralinsight.ru/iskusstvennyj-intellekt-i-transport/> (09.10.2023).
9. Belova E.I. *Razvitiye sovremennoy nauki i tekhnologiy v usloviyakh transformatsionnykh protsessov*, sbornik konferencii, Sankt-Peterburg, Pechatnyj cekh, 2023, pp. 16-18.

10. Kasimov O. A. Tinchurinskiye chteniya - 2023 "Energetika i tsifrovaya transformatsiya", Materialy konferentsii,, Kazan', Kazanskiy gosudarstvennyy energeticheskiy universitet, 2023, pp. 62-65.

Рецензент: Е.Б. Зварыч, канд. техн. наук, доц., СибГИУ

### *Информация об авторах*

**Князькина Ольга Владимировна**, канд. техн. наук, доц., СибГИУ.

**Хамитов Ренат Минзашарифович**, канд. техн. наук, доц., КГЭУ.

**Зайленко Ксения Сергеевна**, вед. инженер, СибГИУ.

### *Information about the authors*

**Knyazkina Olga V.**, Candidate of Sciences (Technical), associate professor, SibSIU.

**Khamitov Renat M.**, Candidate of Sciences (Technical), associate professor, KSPEU.

**Zailenko Kseniya S.**, Lead Engineer, SibSIU.

*Статья поступила в редакцию 14.10.2024; одобрена после рецензирования 16.10.2024; принята к публикации 19.12.2024.*

*The article was submitted 14.10.2023; approved after reviewing 16.10.2024; accepted for publication 19.12.2024.*