

УДК 004.89

## ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ НА СТРАЖЕ ДОРОГ: КАК ТЕХНОЛОГИИ МЕНЯЮТ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ ГОРОДОВ

**Андрюков Алексей Владимирович,**

Магистрант,

Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

aleksey.andrukov@yandex.ru

### Аннотация

В статье представлен обзор исследований о использовании систем ИИ в сфере транспорта. Анализируются ключевые направления применения ИИ: прогнозирование транспортных потоков и обеспечение безопасности дорожного движения. В заключении обсуждаются перспективы дальнейшего развития интеллектуальных транспортных систем.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, управление дорожным движением, прогнозирование транспортных потоков, машинное обучение, большие данные, безопасность дорожного движения.

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE GUARDING THE ROADS: HOW TECHNOLOGIES ARE CHANGING URBAN TRANSPORT SYSTEMS

**Andryukov Alexey Vladimirovich,**

Master's student,

Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

aleksey.andrukov@yandex.ru

### ABSTRACT

The article provides an overview of research on the use of AI systems in the field of transport. Key areas of AI application: traffic flow forecasting and road safety are analyzed. In conclusion, prospects for further development of intelligent transport systems are discussed.

**Keywords:** artificial intelligence, traffic management, traffic flow forecasting, machine learning, big data, road safety.

Сфера практического применения технологий машинного обучения и интеллектуального анализа данных развивается, затрагивая различные отрасли, включая транспорт. Современные мегаполисы сталкиваются с растущими сложностями в организации дорожного движения, что делает внедрение интеллектуальных систем

особенно актуальным. В данной статье рассматривается роль систем интеллектуального анализа данных в транспортной сфере, его ключевые применения и потенциальные преимущества.

Актуальность данного исследования обусловлена возрастающей нагрузкой на транспортные системы, приводящей к необходимости их оптимизации и увеличения пропускной способности, а также их безопасности.

Изучением применения систем интеллектуального анализа данных в транспортной сфере занимались многие зарубежные, а также отечественные исследователи. В своих работах они сосредотачивали усилия на анализе разработанных и внедренных моделей, разработке новых моделей и поиске новых сфер применения, а также правовые и этические аспекты использования технологий.

Под использованием систем ИИ в транспортной сфере понимают использование алгоритмов машинного обучения и сопутствующих технологий для оптимизации безопасности, эффективности и экологичности дорожного движения. Эти системы анализируют большие массивы данных с датчиков, камер и исторических записей, принимая решения в реальном времени и автоматизируя управление [3].

Рост числа коммерческих, государственных и частных перевозок повышает потребность в точных данных о транспортных потоках. Построение модели прогнозирования транспортных потоков рассматривает Б. В. Маникандан (2023) со студентами в работе "Прогнозирование транспортных потоков для интеллектуальной транспортной системы с использованием машинного обучения".

Для построения прогнозов в работе используются следующие методы:

Random Forest (случайный лес) для предсказания времени в пути и объема трафика;

SVR (метод опорных векторов для регрессии) для оценки скорости движения;

Градиентный бустинг для прогноза объема и скорости трафика.

Представленная в исследовании модель машинного обучения предназначена для анализа транспортных потоков. Полученные прогнозы визуализируются в виде интуитивно понятных графиков, доступных пользователям через специально разработанный веб-интерфейс [5]. Экспериментальные результаты демонстрируют высокую эффективность модели в оценке ключевых параметров движения: интенсивности потока, скорости транспортных средств и продолжительности поездок. С точки зрения оценки объема трафика, скорости и времени поездки модели машинного обучения дали многообещающие результаты.

Эти прогнозы могут помочь создавать дорожные сети, которые могут удовлетворить как текущие, так и будущие потребности в транспорте, людям планировать свои поездки, а менеджерам по дорожному движению принимать обоснованные решения. Доступность данных, масштабируемость модели и интерпретируемость модели – это лишь некоторые из проблем, которые еще предстоит решить. Будущие исследования должны быть сосредоточены на создании моделей, которые могут справиться с этими трудностями и повысить точность и эффективность прогнозирования дорожного движения для интеллектуальных транспортных систем.

А.А. Агафонов и А.С. Юмаганов (2020) в работе "Прогнозирование транспортного потока с использованием графовых нейронных сетей" также рассматривают вопрос прогнозирования транспортных потоков, но используя другие методы – графовые и сверточные нейронные сети, проводя анализ методов прогнозирования и классифицируя их по различным критериям: используемые технологии сбора данных, прогнозируемые характеристики транспортных потоков, используемые модели прогнозирования и другие [1]. Авторы исследуют возможности применения графовых и сверточных нейронных сетей для краткосрочного прогнозирования параметров транспортных потоков. Значительная

часть работы посвящена математическому обоснованию проблемы и предложенного алгоритма ее решения. Исследуется структура сети, использующая пространственно-временные зависимости в данных. Экспериментальные исследования, проведенные на данных о средней скорости движения транспорта в г. Самаре, показали, что представленная модель обладает высокой точностью прогнозирования (средняя ошибка 8.3%) и низким временем работы (порядка 16-20 миллисекунд), достаточным для прогнозирования в режиме реального времени [1]. Созданная модель учитывает пространственно-временные характеристики транспортного потока и топологию дорожной сети города.

Такие прогнозы обладают значительной практической ценностью, позволяя проектировать дорожную инфраструктуру с учетом текущих и перспективных потребностей, оптимизировать маршруты для отдельных участников движения и повышать эффективность управления транспортными потоками. Перспективные направления дальнейших исследований предполагают разработку более совершенных алгоритмов, способных преодолеть эти ограничения и обеспечить новый уровень точности прогнозирования для нужд интеллектуальных транспортных систем.

Е.С. Кириллова и С.А. Сериков (2024) в работе "Интеллектуальная система безопасности водителя, использующая обнаружение усталости" рассматривают перспективы и возможности использования интеллектуальных систем для обнаружения усталости водителя в целях повышения уровня безопасности на дорогах. В представленной статье анализируется работа интеллектуальных систем, способных своевременно выявлять признаки усталости у водителей транспортных средств. Развитие таких технологий уже доказало свою эффективность - статистика показывает заметное снижение количества аварий, связанных с утомлением водителей. Особое внимание уделяется способности интеллектуальных систем распознавать малейшие отклонения в поведении человека за рулем. Благодаря комплексному анализу множества параметров, эти решения могут фиксировать первые признаки снижения концентрации, после чего автоматически активируют систему предупреждения [2]. Такой подход позволяет предотвращать потенциально опасные ситуации до их возникновения.

Наиболее перспективным направлением развития подобных технологий представляется интеграция различных методов анализа состояния водителя. Комбинированный подход, объединяющий компьютерное зрение, биометрический мониторинг и анализ стиля вождения, обеспечивает максимальную точность детектирования усталости. Это позволяет создавать надежные системы, способные адаптироваться к индивидуальным особенностям каждого водителя и различным условиям эксплуатации транспортного средства [2].

Исследование Аломари, А.Х (2022) с соавторами "Модели машинного обучения для прогнозирования уровня серьезности дорожно-транспортных происшествий с помощью R Studio и ArcGIS" посвящено изучению ключевых причин ДТП, их распределения по территории города, а также факторов, влияющие на тяжесть последствий, особенно для пешеходов. Используя методы машинного обучения, авторы выявляют закономерности, которые помогают прогнозировать аварийность и оценивать риски. Для анализа применяются два алгоритма: случайный лес и AdaBoost, которые сравниваются по эффективности в предсказании тяжести ДТП. Кроме того, с помощью анализа ассоциативных правил (обучение без учителя) исследуются взаимосвязи между поведением водителей, геометрией дорог, погодными условиями, временем суток и скоростным режимом. Особое внимание уделяется тяжести последствий – от легких травм до смертельных случаев. Пространственный статистический анализ помогает выявить зоны повышенного риска, а также определить, какие факторы чаще всего приводят к серьезным авариям. Результаты оцениваются по нескольким метрикам: точность, чувствительность,

специфичность и F1-мера. Анализ данных выявил, что алгоритм случайного леса демонстрирует наилучшую точность в прогнозировании тяжести дорожных травм. Модель успешно учитывает комплекс факторов, связанных с особенностями автомагистралей, характеристиками транспортных средств и условиями окружающей среды. Наиболее критичными параметрами, влияющими на исход аварий, оказались: тип столкновения, геометрия дорожного полотна и погодные условия в момент ДТП [4]. Особого внимания заслуживает выявленная закономерность - временной фактор играет решающую роль в возникновении аварийных ситуаций. Ночное время суток, несмотря на наличие дорожного освещения, остается периодом повышенного риска. При этом анализ показывает, что молодые водители в возрасте 18-36 лет, управляющие компактными легковыми автомобилями, чаще становятся участниками ДТП [4].

Особую научную и практическую ценность, по мнению авторов исследования, представляет изучение взаимосвязи между пространственным распределением ДТП, градостроительной политикой и работой правоохранительных органов. Детальный анализ зон повышенной аварийности в различных типах городской застройки может стать основой для разработки эффективных превентивных мер. Не менее важным авторы представляют проведение полевых исследований на наиболее опасных участках дорожной сети. Практическое обследование мест концентрации ДТП позволит выявить скрытые факторы риска и разработать адресные решения для каждого проблемного участка. Такой подход может значительно повысить эффективность мероприятий по снижению аварийности.

В настоящее время российская правовая система не имеет целостного подхода к регулированию применения искусственного интеллекта в транспортной отрасли. Исследование Соломаха, В. Д. (2024) "Отдельные вопросы правового регулирования использования искусственного интеллекта в сфере транспорта за рубежом и в России" направлено на восполнение этого пробела через анализ зарубежного опыта правового регулирования ИИ в транспорте и выработку рекомендаций для его адаптации в российских условиях. В работе представлен сравнительный анализ правовых моделей регулирования беспилотного транспорта в ведущих технологических державах - Китае, Германии и Великобритании, а также Эстонии и России. Уделено внимание используемым в этих странах подходам к вопросу ответственности за решения, принимаемые автономными системами, и обеспечения безопасности таких технологий [3]. Исследование опирается на комплексный сравнительно-правовой анализ, позволяющий выявить как общие тенденции, так и национальные особенности регулирования. Особое внимание уделяется анализу прецедентов и нормативных актов, формирующих правовое поле для испытаний и коммерческого использования беспилотного транспорта. Полученные результаты указывают на необходимость создания в России гибкой нормативной базы, способной адаптироваться к быстро развивающимся технологиям [3]. Среди ключевых направлений - четкое определение уровней автономности транспортных средств и установление прозрачных механизмов ответственности производителей за работу систем ИИ. Безопасность и конфиденциальность в сфере сбора данных используемых для обучения алгоритмов и анализа также должна обеспечиваться законодательно. Новые технологии - новые способы мошенничества и киберпреступлений, следовательно законодательство также должно учитывать возможности использования технологий со злым умыслом.

Внедрение методов интеллектуального анализа данных и технологий машинного обучения в управление дорожным движением открывает новую эру "умных" городов. Анализ данных в реальном времени, прогнозирование заторов и адаптивное управление светофорами уже сегодня демонстрируют впечатляющие результаты в сферах оптимизации транспортных потоков, увеличения скорости реагирования и повышения

безопасности дорожного движения. С развитием технологий машинного обучения и интернета вещей продолжится и развитие интеллектуальных систем управления транспортными потоками, что приведет к дальнейшему повышению эффективности общественного транспорта и эффективности использования транспортной инфраструктуры.

Города, которые уже сегодня инвестируют в эти технологии, получают значительное конкурентное преимущество — не только в эффективности транспортной системы, но и в качестве жизни горожан. Количество транспорта на дорогах с каждым годом увеличивается и необходимость обеспечения безопасности, контроля и анализа транспортных потоков вынуждает внедрять интеллектуальные системы управления транспортными потоками.

Но в современных условиях, важно обеспечивать технологическую независимость и устойчивость критической инфраструктуры, к которой относятся и транспортные сети в условиях возможности внешнеполитического давления, особенно со стороны стран – поставщиков аппаратных и программных решений. Что должно становится определяющим фактором при выборе используемых технологий и программно-аппаратных комплексов. В качестве ориентира можно рассматривать опыт Китая, находящегося под технологическими санкциями США и лишённого доступа к популярным решениям в сфере искусственного интеллекта, как в аппаратном, так и программном секторе. Где введенные ограничения способствовали активной разработке и производству собственных решений в сфере систем искусственного интеллекта и производства необходимых аппаратных комплексов.

#### **Список литературы:**

1. Агафонов, А. А. Прогнозирование транспортного потока с использованием графовых нейронных сетей / А. А. Агафонов, А. С. Юмаганов // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2020): Сборник трудов по материалам VI Международной конференции и молодежной школы. В 4-х томах, Самара, 26–29 мая 2020 года / Под редакцией В.А. Фурсова. Том 4. – Самара: Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 2020. – С. 143-152.
2. Кириллова, Е. С. Интеллектуальная система безопасности водителя, использующая обнаружение усталости / Е. С. Кириллова, С. А. Сериков // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 4-3(91). – С. 7-10. – DOI 10.24412/2500-1000-2024-4-3-7-10.
3. Соломаха, В. Д. Отдельные вопросы правового регулирования использования искусственного интеллекта в сфере транспорта за рубежом и в России / В. Д. Соломаха // Вестник евразийской науки. – 2024. – Т. 16, № 55.
4. Al-Mistarehi, B.W.; Alomari, A.H.; Imam, R.; Mashaqba, M Machine Learning Models to Forecast Severity Level of Traffic Crashes by R Studio and ArcGIS // *Frontiers in Built Environment*. - Volume 8 - 2022
5. Manikandan, T.R. Nathan, R. Naresh and P. Prasad Traffic Flow Prediction for Intelligent Transportation System Using Machine Learning // *E3S Web Conf.*, 387 (2023) 05002 DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338705002>

#### **References:**

1. Agafonov, A. A. Forecasting traffic flows using graph neural networks / A. A. Agafonov, A. S. Yumaganov // *Information technology and nanotechnology (ITNT-2020): Collection*

- of papers based on the materials of the VI International Conference and Youth School. In 4 volumes, Samara, May 26-29, 2020 / Edited by V. A. Fursov. Volume 4. - Samara: Samara National Research University named after Academician S. P. Korolev, 2020. - P. 143-152.
2. Kirillova, E. S. Intelligent driver safety system using fatigue detection / E. S. Kirillova, S. A. Serikov // International journal of humanitarian and medical sciences. - 2024. - No. 4-3 (91). - P. 7-10. - DOI 10.24412/2500-1000-2024-4-3-7-10.
  3. Solomakha, V. D. Certain issues of legal regulation of the use of artificial intelligence in the field of transport abroad and in Russia / V. D. Solomakha // Bulletin of Eurasian Science. - 2024. - Vol. 16, No. S5.
  4. Al-Mistarehi, B.V.; Alomari, A.Kh.; Imam R.; Mashakba, M. Machine Learning Models for Predicting the Severity of Road Accidents Using R Studio and ArcGIS // Frontiers in the Artificial Environment. - Vol. 8 - 2022
  5. Manikandan T.R. Nathan, R. Naresh and P. Prasad Traffic Flow Forecasting for Intelligent Transportation System using Machine Learning // E3S Web Conf., 387 (2023) 05002 DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338705002>.