

**СЕКЦИЯ 3**  
**АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ**  
**И БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

УДК 625.7: 004.5

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ  
И АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ФАКТОРОВ РИСКА  
В УПРАВЛЕНИИ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

**БОГДАНОВИЧ С. В.<sup>1</sup>, КАПСКИЙ Д. В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*(Белорусский национальный технический университет;  
г. Минск, Республика Беларусь)*

<sup>2</sup>*(Высшая аттестационная комиссия Республики Беларусь)*

*В данной статье рассматриваются возможности применения методов машинного обучения и анализа больших данных для выявления факторов риска в управлении безопасностью дорожной инфраструктуры. Проанализированы современные подходы и алгоритмы, позволяющие эффективно обрабатывать и анализировать большие объемы данных о дорожно-транспортных происшествиях и состоянии дорожной инфраструктуры. Предложена новая методика, основанная на комбинации методов машинного обучения и пространственного анализа, для выявления скрытых закономерностей и прогнозирования потенциальных рисков. Полученные результаты могут быть использованы для повышения безопасности дорожного движения и оптимизации управления дорожной инфраструктурой.*

**Ключевые слова:** *безопасность дорожного движения, дорожная инфраструктура, машинное обучение, большие данные, факторы риска, пространственный анализ.*

Обеспечение безопасности дорожного движения является одной из приоритетных задач в области транспорта и инфраструктуры. Ежегодно в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП) погибают и получают травмы миллионы людей во всем мире [1]. Значительная часть этих происшествий связана с недостатками дорожной инфраструктуры и наличием факторов риска на дорогах [2].

Традиционные подходы к анализу безопасности дорожного движения часто опираются на ограниченные наборы данных и методы, что затрудняет

выявление сложных взаимосвязей и скрытых факторов риска. В этой связи использование методов машинного обучения и анализа больших данных открывает новые возможности для более глубокого понимания причин ДТП и разработки эффективных стратегий по повышению безопасности дорожной инфраструктуры [3].

**Машинное обучение и большие данные в управлении безопасностью дорожной инфраструктуры.** Машинное обучение – это область искусственного интеллекта, которая позволяет компьютерным системам обучаться на основе данных без явного программирования [4].

Современные методы машинного обучения, такие как деревья решений, нейронные сети и кластеризация, позволяют анализировать огромные объемы данных из различных источников, включая информацию о дорожной сети, транспортных потоках, метеорологических условиях, характеристиках транспортных средств и поведении водителей. Эти методы способны выявлять сложные закономерности и взаимосвязи, которые могут быть упущены при использовании традиционных статистических методов.

Одним из перспективных направлений является использование методов машинного обучения для моделирования и прогнозирования рисков ДТП на основе анализа исторических данных о происшествиях, а также данных о дорожной инфраструктуре, интенсивности движения и других факторах.

Деревья решений позволяют определить наиболее значимые факторы риска и их комбинации, связанные с повышенной вероятностью ДТП. Например, деревья решений могут выявить опасные комбинации погодных условий, геометрических параметров дороги, интенсивности движения и других факторов.

Методы машинного обучения показали высокую эффективность в задачах классификации, регрессии и кластеризации данных [5]. Применительно к безопасности дорожного движения, эти методы могут использоваться для анализа больших объемов данных о ДТП, характеристиках дорожной инфраструктуры, интенсивности движения и погодных условиях.

Нейронные сети особенно эффективны при работе с большими массивами данных, характеризующимися высокой размерностью и нелинейными зависимостями. Они могут быть использованы для прогнозирования аварийности на конкретных участках дорожной сети на основе анализа исторических данных и текущих условий.

Методы кластеризации позволяют выявлять группы участков дорог со схожими характеристиками и уровнями риска ДТП. Это может быть полезно для разработки целевых мер по повышению безопасности для различных типов дорожной инфраструктуры.

Интеграция методов машинного обучения и больших данных в системы управления безопасностью дорожной инфраструктуры требует тесного сотрудничества между экспертами в области дорожного движения, data scientists и специалистами

по машинному обучению. Необходимо обеспечить сбор и консолидацию всех релевантных данных из различных источников, а также разработать эффективные алгоритмы и программные инструменты для их анализа.

Важным аспектом является также визуализация и представление результатов анализа данных в форме, понятной для лиц, принимающих решения в сфере управления дорожной инфраструктурой. В этом направлении перспективным является комбинирование методов машинного обучения с пространственным анализом данных. Геоинформационные системы (ГИС) позволяют интегрировать и визуализировать пространственно-временные данные о ДТП и дорожной инфраструктуре [6]. Совместное использование ГИС и машинного обучения дает возможность выявлять пространственные закономерности в распределении факторов риска и прогнозировать вероятность возникновения ДТП на конкретных участках дорожной сети [7].

**Предлагаемая методика анализа факторов риска.** На основе анализа существующих подходов и алгоритмов машинного обучения, авторами разработана новая методика выявления факторов риска в управлении безопасностью дорожной инфраструктуры. Методика включает следующие этапы:

1. Сбор и обработка данных о ДТП, характеристиках дорожной инфраструктуры, интенсивности движения и погодных условиях из различных источников (базы данных ГАИ, дорожных служб, метеорологических станций и др.).
2. Интеграция собранных данных в единую геоинформационную систему с привязкой к цифровой модели дорожной сети.
3. Применение методов машинного обучения (случайные леса, градиентный бустинг) для выявления наиболее значимых факторов риска и построения прогнозных моделей вероятности возникновения ДТП.
4. Пространственный анализ полученных результатов с использованием методов геостатистики (кригинг, анализ горячих точек) для выявления участков дорожной сети с повышенным уровнем риска.
5. Разработка рекомендаций по снижению выявленных факторов риска и повышению безопасности дорожной инфраструктуры.

**Заключение.** Применение передовых методов машинного обучения и анализа больших данных открывает новые возможности для повышения эффективности управления безопасностью дорожной инфраструктуры. Эти методы позволяют выявлять сложные взаимосвязи и скрытые факторы риска ДТП, которые трудно обнаружить традиционными способами. Предложенная в статье методика позволяет комплексно анализировать разнородные данные о ДТП и характеристиках дорожной сети, выявлять скрытые закономерности и прогнозировать потенциальные риски.

Интеграция машинного обучения в существующие системы управления безопасностью дорожного движения требует тесного междисциплинарного

сотрудничества, консолидации данных из различных источников, а также разработки специализированных алгоритмов и программных инструментов. Важным аспектом также является эффективная визуализация и представление результатов анализа для лиц, принимающих решения.

Дальнейшие исследования и пилотные проекты в этой области могут привести к значительному прогрессу в области повышения безопасности дорожной инфраструктуры и сокращению количества ДТП и связанных с ними человеческих жертв и экономических потерь.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. World Health Organization. (2018). Global status report on road safety 2018. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684>.
2. Elvik, R., Høyе, A., Vaa, T., & Sørensen, M. (2019). The handbook of road safety measures. Emerald Group Publishing.
3. Fred L. Mannering, Chandra R. Bhat, Analytic methods in accident research: Methodological frontier and future directions, Analytic Methods in Accident Research, Volume 1, 2014, Pages 1-22, <https://doi.org/10.1016/j.amar.2013.09.001>.
4. Zhang, G., Yau, K. K., & Chen, G. (2013). Risk factors associated with traffic violations and accident severity in China. Accident Analysis & Prevention, 59, 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.05.004>.
5. Tang, J., Liang, J., Han, C., Li, Z., & Huang, H. (2019). Crash injury severity analysis using a two-layer Stacking framework. Accident Analysis & Prevention, 122, 226–238. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.10.016>.
6. Loo BPY, Anderson TK. Spatial Analysis Methods of Road Traffic Collisions. CRC Press, 2016. 322 p.
7. Choudhary, J., Ohri, A., & Kumar, B. Spatial and statistical analysis of road accidents hot spots using GIS. [Electronic resource]. – Mode of access: [https://www.researchgate.net/publication/291973317\\_Spatial\\_and\\_statistical\\_analysis\\_of\\_road\\_accidents\\_hot\\_spots\\_using\\_GIS](https://www.researchgate.net/publication/291973317_Spatial_and_statistical_analysis_of_road_accidents_hot_spots_using_GIS). Date of access: 08.04.2024.