

1 *Социально-экономические факторы.* Беларусь находится на пути развития и модернизации своей дорожной инфраструктуры. Междисциплинарный подход может помочь оптимизировать инвестиции в безопасность дорожного движения, обеспечивая максимальную эффективность при ограниченных ресурсах.

2 *Культурные особенности.* Каждая страна имеет свои культурные нормы и поведенческие паттерны, которые влияют на поведение участников дорожного движения. Исследования, учитывающие специфику белорусского менталитета, могут привести к разработке более эффективных мер безопасности.

3 *Развитие научного потенциала.* Проведение таких исследований будет способствовать развитию научного потенциала страны, создавая новые направления для сотрудничества между различными научными дисциплинами и институтами.

4 *Экономический эффект.* Повышение безопасности дорожного движения имеет значительный экономический эффект, снижая расходы на ликвидацию последствий ДТП и повышая эффективность транспортной системы в целом.

5 *Подготовка к будущим вызовам.* С развитием технологий, таких как автономные транспортные средства и интеллектуальные транспортные системы, междисциплинарные исследования помогут Беларуси быть готовой к будущим изменениям в сфере дорожного движения.

Для реализации потенциала междисциплинарных исследований в Республике Беларусь рекомендуется развивать сотрудничество между университетами, научно-исследовательскими институтами и органами государственного управления в сфере безопасности дорожного движения; внедрять результаты исследований в практику через пилотные проекты и экспериментальные участки дорог; проводить регулярные международные конференции и семинары для обмена опытом и лучшими практиками в области междисциплинарного подхода к безопасности дорожного движения; разработать программы обучения и повышения квалификации специалистов в области безопасности дорожного движения с акцентом на междисциплинарный подход.

Междисциплинарный подход в управлении безопасностью дорожной инфраструктуры, основанный на теории подталкивания и учете когнитивных искажений, открывает новые возможности для повышения безопасности дорожного движения. Интеграция знаний из различных областей науки позволяет создавать инновационные решения, которые учитывают не только технические аспекты, но и психологические особенности поведения участников дорожного движения. Для Республики Беларусь развитие этого направления исследований имеет большое значение, так как позволит не только повысить безопасность на дорогах страны, но и внести вклад в развитие научного потенциала, экономики и качества жизни граждан. Важно, чтобы этот подход получил поддержку на государственном уровне и стал неотъемлемой частью стратегии развития транспортной инфраструктуры страны.

УДК 656.13

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОРОЖНЫХ РИСКОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ: ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ КАРТ**

*С. В. БОГДАНОВИЧ*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

В современном мире, где транспортные потоки становятся все более интенсивными, а дорожная инфраструктура постоянно усложняется, вопросы безопасности дорожного движения приобретают первостепенное значение. Традиционные методы оценки рисков на дорогах, основанные на статистических данных и периодических обследованиях, уже не отвечают требованиям времени. В этих условиях на передний план выходят инновационные технологии, в частности, использование искусственного интеллекта (ИИ) для создания динамических карт риска автомобильных дорог.

Динамические карты риска представляют собой интерактивные цифровые модели, отображающие уровень опасности на различных участках дорожной сети в режиме реального времени. В отличие от статических карт, они способны учитывать множество факторов, влияющих на безопасность движения, и оперативно обновлять информацию. Применение ИИ в этой области открывает новые горизонты для повышения эффективности управления дорожным движением и снижения аварийности.

Основой для создания динамических карт риска служат большие объемы данных, собираемых из различных источников. Это могут быть информация с дорожных камер и датчиков, метеорологические сводки, данные о состоянии дорожного покрытия, интенсивности движения, а также исторические сведения об авариях и инцидентах. В условиях Республики Беларусь одним из основных источников информации являются данные, поступающие от дорожных измерительных станций. Искусственный интеллект, в частности методы машинного обучения и нейронные сети, позволяют обрабатывать эти разнородные данные и выявлять сложные взаимосвязи между различными факторами риска.

Одним из важных преимуществ использования ИИ в создании динамических карт риска является способность системы к самообучению и адаптации. По мере поступления новых данных алгоритмы постоянно совершенствуют свои прогнозы, учитывая как долгосрочные тенденции, так и краткосрочные изменения в дорожной обстановке. Это позволяет создавать карты риска, которые не только отражают текущую ситуацию, но и предсказывают потенциальные опасности в ближайшем будущем.

Процесс разработки динамических карт риска с использованием ИИ включает несколько этапов. На первом этапе происходит сбор и предварительная обработка данных из различных источников. Здесь важно обеспечить высокое качество и релевантность входной информации, а также её своевременное обновление. Затем следует этап обучения модели ИИ, где алгоритмы анализируют исторические данные и выявляют закономерности, связанные с возникновением рисков на дорогах.

После обучения модель проходит этап валидации, где её прогнозы сравниваются с реальными данными для оценки точности и надежности. На этом этапе могут вноситься корректировки в алгоритмы и параметры модели. Финальным этапом является интеграция обученной и валидированной модели ИИ в систему визуализации, которая преобразует результаты анализа в интуитивно понятные карты риска.

Визуализация уровней риска может быть реализована с помощью цветового кодирования или числовых индикаторов (таблица 1), что позволяет оперативно принимать решения по управлению дорожным движением и распределению ресурсов для обеспечения безопасности.

Таблица 1 – Пример фрагмента динамической карты риска

Участок дороги	Текущий уровень риска	Прогноз на 2 часа	Рекомендуемые действия
Км 10–13	Высокий (0,7)	Очень высокий (0,9)	Снижение скоростного режима, активация дополнительного освещения
Км 13–15	Средний (0,5)	Высокий (0,7)	Предупреждение водителей, подготовка аварийных служб
Км 18–23	Низкий (0,2)	Средний (0,4)	Мониторинг ситуации

Важным аспектом разработки динамических карт риска является выбор подходящих алгоритмов машинного обучения. В зависимости от специфики задачи могут применяться различные методы, такие как градиентный бустинг, случайные леса или глубокие нейронные сети. Каждый из этих подходов имеет свои преимущества и ограничения, поэтому часто используются ансамблевые методы, комбинирующие несколько алгоритмов для достижения наилучших результатов.

Особое внимание при разработке динамических карт риска уделяется обработке временных рядов и пространственных данных. Здесь находят применение специализированные архитектуры нейронных сетей, такие как рекуррентные нейронные сети (RNN) и сверточные нейронные сети (CNN). RNN эффективны для анализа последовательностей событий во времени, в то время как CNN хорошо справляются с обработкой пространственных паттернов на картах.

Одним из вызовов в создании динамических карт риска является необходимость обработки данных в реальном времени. Это требует не только мощных вычислительных ресурсов, но и оптимизации алгоритмов для быстрого принятия решений. Здесь хорошо работают технологии распределенных вычислений и граничные вычисления (*edge computing*), позволяющие обрабатывать часть данных непосредственно на устройствах сбора информации, снижая нагрузку на центральные системы.

Важным аспектом применения ИИ в создании динамических карт риска является интерпретируемость результатов. В отличие от традиционных «черных ящиков», современные подходы в области искусственного интеллекта стремятся к созданию прозрачных моделей, способных объяснить свои решения. Это особенно важно для доверия к системе со стороны пользователей и возможности её интеграции в существующие процессы управления дорожной безопасностью.

Практическое применение динамических карт риска, созданных с помощью ИИ, открывает широкие возможности для повышения безопасности дорожного движения. Они могут использоваться для оптимизации маршрутов движения, адаптивного управления дорожными знаками и светофорами, а также для информирования водителей о потенциальных опасностях. В перспективе такие системы станут неотъемлемой частью инфраструктуры умных городов и автономного транспорта.

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение динамических карт риска на основе ИИ сталкивается с рядом вызовов. Одним из ключевых является обеспечение конфиденциальности и защиты персональных данных участников дорожного движения. Системы, собирающие и анализирующие информацию о перемещениях транспортных средств, должны соответствовать строгим стандартам безопасности и соблюдать законодательные нормы в области защиты личной информации. Разработчикам необходимо найти баланс между детальностью собираемых данных и сохранением анонимности пользователей.

Другой важный аспект – это интеграция систем динамического картографирования рисков с существующей дорожной инфраструктурой и транспортными средствами. Для максимальной эффективности такие карты должны быть доступны не только дорожным службам, но и непосредственно водителям через навигационные системы и бортовые компьютеры автомобилей. Это требует разработки стандартизированных протоколов обмена данными и создания открытых API для взаимодействия различных систем. Кроме того, необходимо обеспечить надежность и отказоустойчивость всей инфраструктуры, чтобы гарантировать бесперебойную работу системы в любых условиях.

Отдельного внимания заслуживает вопрос валидации и сертификации систем ИИ, используемых для создания динамических карт риска. Учитывая важность таких систем для безопасности дорожного движения, необходимо разработать строгие методики тестирования и оценки их надежности. Это включает в себя не только проверку точности прогнозов, но и анализ устойчивости системы к различным видам атак и манипуляций с входными данными.

Таким образом, применение искусственного интеллекта для создания динамических карт риска автомобильных дорог представляет собой многообещающее направление в сфере обеспечения безопасности дорожного движения. Эта технология позволяет перейти от реактивного подхода к проактивному управлению рисками, предоставляя инструменты для предотвращения аварий и оптимизации транспортных потоков. По мере развития технологий ИИ и увеличения доступности данных можно ожидать дальнейшего совершенствования этих систем, что в конечном итоге приведет к значительному снижению числа дорожно-транспортных происшествий и повышению общей безопасности на дорогах.

УДК 625.7/.8

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

*Д. И. БОЧКАРЕВ, В. В. ПЕТРУСЕВИЧ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Предлагаемая технология профилактической обработки составами гидрофобными профилактическими (далее – СГП) асфальтобетонного покрытия прошла производственную апробацию в соответствии с ТУ ВУ 192670194.002–2019 [1] на следующих объектах: