

Научная статья
УДК 656.13.08

Анализ пространственной однородности в разрезе конфликтности, обусловленной маневрами заезда и съезда на скоростных дорогах

Виталий Витальевич Дронсейко¹, Донец Николай Андреевич²
Сергей Евгеньевич Цюпаченко³

^{1, 2, 3}Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),
Москва, Россия

¹ drons123@yandex.ru

² dr.donetz@yandex.ru

³ sergei-cupa@list.ru

Аннотация. В работе проводится анализ моделирования дорожной конфликтности в контуре интеллектуальных транспортных систем. Помимо общего анализа актуальности, определена область исследования в рамках предметной области, а именно определение локально-однородных типологических сегментов скоростных дорог. В роли таких сегментов предлагается использовать ранее разработанную классификацию 6 типов сегментов: перегон, зона слияния, зона отклонения, зона последовательного слияния, зона последовательного отклонения, зона после отклонения до слияния. Важно отметить, что зона влияния каждого из сегментов различна, зависит как от конкретного типа, так и от параметров дорожного движения на определенном участке сети. Доказательство предложенного подхода состоит из нескольких компонентов: в нормативных документах определена зона маневров, кинематические расчеты показывают протяженность маневра заезда и съезда с дороги. Дальнейший вывод о зоне влияния сегмента возможно будет выполнить на основании расчетов однородности конфликтности и составлении соответствующего мат аппарата.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, конфликтность, скоростные магистрали, зоны слияния и отклонения, типология участков, интеллектуальные транспортные системы

Для цитирования: Дронсейко В.В., Донец Н.А. Цюпаченко С.Е. Анализ пространственной однородности в разрезе конфликтности, обусловленной маневрами заезда и съезда на скоростных дорогах // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2026. № 2 (48).

© Дронсейко В.В., Донец Н.А. Цюпаченко С.Е., 2026

№ 2(48)

июнь 2026

Original article

Analysis of spatial homogeneity in terms of conflict caused by entry and exit maneuvers on high-speed roads

Vitaly V. Dronseiko¹, Nikolay A. Donets², Sergey E Tsypachenko³

^{1, 2, 3}Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia

¹ drons123@yandex.ru

² dr.donetz@yandex.ru

³ sergei-cupa@list.ru

Abstract. The paper analyzes and reviews the scientific literature on modeling traffic conflict in the contour of intelligent transport systems. Foreign and Russian scientific articles, educational and methodological literature and regulatory legal acts have been reviewed, which have comprehensively confirmed the relevance of the task of predicting road accidents. In addition to the general relevance analysis, the field of research within the subject area is defined, namely the definition of locally homogeneous typological segments of expressways. In the role of such segments, it is proposed to use the previously developed classification of 6 types of segments: overrun, fusion zone, deviation zone, sequential fusion zone, sequential deviation zone, and zone after deviation before fusion. It is important to note that the zone of influence of each segment is different, depending on both the specific type and the traffic parameters in a particular section of the network. It will be possible to make a further conclusion about the segment's area of influence based on calculations of the uniformity of conflict.

Keywords: traffic safety, conflicts, expressways, merging and diverging zones, site typology, intelligent transport systems

For citation: Dronseiko V.V., Donets N.A. Tsypachenko S.E. Analysis of spatial homogeneity in terms of conflict caused by entry and exit maneuvers on high-speed roads. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2026. № 2 (48).

Введение

Активное развитие технологий, в том числе бурные темпы машиностроения, рост автомобилизации, повышение скоростных характеристик современных марок автомобилей и вызванный этим рост неравномерности скорости транспортных потоков, приводят отрасль безопасности дорожного движения к новым вызовам. Дорожно-транспортные происшествия (далее – ДТП) наносят значимый урон по демографической и

экономической ситуации различных стран. Так, важно отметить, что даже ДТП без раненых и погибших может приводит к частичному перекрытию проезжей части, возникновению заторов, многочасовым простоям транспорта, а также каскадным или вторичным ДТП. Это безусловно влияет на общую экономическую ситуацию, особенно когда ДТП происходят на объектах критически важной инфраструктуры, которыми в условиях городских и региональных миграций, являются скоростные дороги. При этом с учетом скоростных показателей и высоких интенсивностей движения такие дороги имеют особо высокие факторы риска. С точки зрения демографических показателей, последствием части ДТП является факт гибели пострадавшего, в том числе это может приводить к детской смертности.

Таким образом, прогнозирование и предотвращение ДТП на скоростных магистралях – одна из центральных задач современной транспортной науки, она крайне актуальна и требует активного развития и исследования новых подходов.

Материалы и методы

Для создания научной гипотезы использовались критический анализ и синтез данных, опубликованных в научных источниках информации, дальнейшее обобщение и собственные выводы по актуальности и целеполаганию развития предметной области.

Научная гипотеза

Применение передовых методов прогноза ДТП и их интеграция в ИТС может глобально влиять на динамику аварийности и повышать БДД, применяться как для локальных участков, так и в целом для транспортной сети городов [1]. Однако, как отмечают исследователи, глобальные модели, описывающие всю дорогу как единый объект, малоэффективны из-за игнорирования пространственной неоднородности факторов риска [2]. Это приводит к необходимости разработки локальных, сегментированных моделей.

Целью настоящего исследования является доказательство научной гипотезы, которая лежит в основе исследовательской статьи [3]: уровень конфликтности на скоростных дорогах является локально однородным в пределах строго определенных типологических сегментов и его величина в первую очередь определяется исходя из параметров, зависящих от маневров въезда (слияния) и съезда (отклонения) с основного хода скоростной дороги. При этом зона влияния каждого из объектов зависит от параметров транспортного потока.

Обзор научной литературы

Одним из наиболее распространенных методов является прогноз на основании статистических данных [4]. К данному типу можно отнести практически все существующие и зарегистрированные на территории РФ методики оценки уровня аварийности и аудита безопасности дорожного движения [5]. Их суть заключается в совокупном использовании накопленных исторических данных об аварийности в зависимости от различных параметров движения с целью прогнозирования возможного появления потенциальных очагов аварийности на исследуемых участках дорог. Подобный прогноз позволяет выявлять тенденции, оценивать риски, планировать меры по повышению безопасности дорожного движения. Однако, несмотря на его повсеместное использование, статистический прогноз имеет ряд очевидных минусов, к которым можно отнести отсутствие коррекции показателей или изменение используемых математических моделей в зависимости от факторов социального и экономического развития, а также недостаточно обусловленный причинно-следственный механизм возникновения и развития ДТП. Таким образом, данные методы представляют собой негибкие экспертные системы, на основании которых сложно дать качественную оценку дорогам, находящимся на стадии введения в эксплуатацию.

Существуют также различные модификации статистического анализа с применением нейронных сетей и методов пространственного анализа [6].

Суть модификации состоит в интеграции современных технологий искусственного интеллекта и геоинформационных систем с целью повышения точности прогнозирования ДТП, выявления сложных зависимостей и учёта пространственно-временной динамики аварийности. Однако сравнение прогнозных и реальных данных также показывает значительный уровень погрешности, в связи с чем применение данного метода как основного для прогноза представляется нецелесообразным.

В иностранной практике также распространено использование метода экспертных (балльных) оценок [7]. Практика использования метода состоит в привлечении квалифицированных специалистов и экспертов из различных областей: дорожного проектирования, транспортной безопасности, управления дорожным движением и др. – для субъективной оценки рисков аварийности на конкретных участках дороги или в целом по региону в зависимости от степени защищённости различных групп участников дорожного движения. Однако данный подход имеет ряд недостатков, связанных с субъективностью решений и человеческим фактором, а также общей ресурсозатратностью. Самым серьёзным минусом можно считать невозможность унификации данного метода для всех регионов РФ, учитывая их географическую и социальную дисперсию.

Таким образом, традиционные подходы, основанные на ретроспективном анализе статистики ДТП, обладают рядом значимых ограничений, связанных, в первой очередь с неадаптивностью и субъективностью, что затрудняет построение точных статистических моделей [8].

Для более эффективного решения данной задачи с конца XX в. активно развивается методология оценки конфликтности – потенциальной опасности дорожной ситуации, которая может, но не обязательно приведет к ДТП [9]. Конфликтность, будучи более частым явлением, предоставляет обширный набор данных для выявления потенциальных мест возникновения ДТП и построения прогностических моделей. Методологические основы метода состоят в том, чтобы оценивать уровень безопасности на дорогах исходя из

предаварийных (конфликтных) ситуаций, которые могут служить ранним индикатором потенциальной угрозы. Несмотря на ряд ограничений, метод является наиболее предпочтительным в части интеграции в контур ИТС, благодаря чему возможно воздействие на транспортный поток с целью обеспечения безопасности дорожного движения. Однако на данный момент моделирование конфликтности на скоростных дорогах является фактически невозможным из-за отсутствия единой методики классификации сегментов и участков, поэтому в этой части целесообразно провести дополнительные исследования.

Существует подход по классификации сегментов автомобильной дороги с расстоянием в один километр, который является распространённым методом, используемым в части строительной эксплуатации дороги (ГОСТ Р 71360-2024, табл. 1.2.1). Этот подход широко используется как в отечественной, так и в зарубежной практике. Весь протяжённый участок автомобильной дороги разбивается на сегменты длиной 1 км, после чего каждый такой сегмент анализируется и классифицируется по различным критериям: геометрическим параметрам, интенсивности движения, типу покрытия, наличию/отсутствию инфраструктуры (пешеходные переходы, ограждения, освещение и т.д.), условиям видимости, погоднo-климатическим особенностям. Этот подход может быть полезным для строительных целей, однако для целей анализа и прогноза безопасности дорожного движения он не подходит, так как вдоль участка в один километр могут быть абсолютно неоднородные участки дорог, с различными характеристиками транспортных потоков, с разной маневренностью и движением.

Важно отметить, что фундаментальные исследования в области транспортной безопасности, начиная с работ В.В. Сильянова, подчеркивают, что аварийность распределена по дорожной сети крайне неравномерно [10]. Точки возникновения ДТП концентрируются в определенных местах и неравномерно распределены в целом по дороге. Они возникают в местах с определенными факторами, например, там, где происходят изменения

в геометрии дороги или в поведении водителей. В контексте скоростных магистралей такими критическими точками, безусловно, являются места примыканий – въезды и съезды.

Исследования показывают, что зоны слияния и отклонения являются наиболее аварийными участками на автомагистралях и их вклад в общую статистику ДТП высок [11]. Это связано с тем, что в этих зонах происходит взаимодействие потоков с разными скоростями и траекториями, что требует от водителей сложных решений в условиях дефицита времени и пространства.

Таким образом, анализ научной литературы по исследуемой нами проблеме однозначно подтверждает тот факт, что маневры заезда и съезда являются доминирующими факторами, формирующими локальный уровень риска. Это логически ведет к идее типологического подхода: если риск определяется типом маневра, то и дорогу следует разбивать на сегменты, соответствующие им. Подход, предложенный в работе С. В. Жанказиева [3], где выделены шесть типов сегментов (перегон, зона после слияния, зона до отклонения и т.д.), является прямым следствием этого вывода и позволяет перейти от анализа бесконечного множества точек к управлению ограниченным числом типов риска. Данный подход позволит определять, какие факторы оказывают наиболее значимое влияние на зоны однородных дорожных конфликтов и как с точки зрения интеллектуальных систем прогнозировать конфликтность и число ДТП на определенном сегменте.

Пространственная однородность конфликтности

Ключевым аргументом в пользу гипотезы пространственной однородности является существование зоны влияния каждого маневра. Если бы влияние съезда или въезда было мгновенным и точечным, говорить об однородности сегмента было бы бессмысленно. Однако исследования и практика показывают обратное.

Во-первых, нормативные документы, такие как СП 396.1325800.2018, предписывают устройство переходно-скоростных полос длиной от 200 до 400 метров, что само по себе признает протяженный характер зоны влияния

маневра (СП 396.1325800.2018, С. 18–31). Во-вторых, исследования в области поведения водителей (например, анализ данных навигационных систем) показывают, что водители начинают готовиться к съезду за 500 метров и более, что также указывает на протяженность зоны влияния [3]. В-третьих, кинематические расчеты, основанные на физических законах движения (время разгона/торможения, длина перестроения), подтверждают, что для безопасного выполнения маневра слияния или отклонения требуется значительное расстояние. Эти расчеты, верифицированные тремя независимыми методами, показывают, что зона влияния – это не абстракция, а физически обоснованная величина.

Следовательно, в пределах зоны влияния условия для возникновения конфликтов остаются относительно постоянными, так как доминирующим фактором является подготовка к маневрам съезда и заезда на дорогу. Это позволяет с высокой степенью уверенности отнести данный сегмент к одному из типов и далее анализировать уровень конфликтности в разрезе сегмента.

Практическое применение

Реализация изложенного принципа имеет не только теоретическое, но и большое практическое значение. Она открывает путь для создания эффективных систем прогнозирования в рамках ИТС. Очевидно, что будущее БДД – за проактивными системами, способными предсказывать риск до того, как произойдет ДТП. Предложенная в работе С.В. Жанказиева [3] типизация сегментов идеально вписывается в эту парадигму. Каждому типу сегмента может присваиваться значение зоны влияния в зависимости от различных параметров, и в разрезе данной зоны конфликтность должна быть однородной, следовательно, будет возможно воздействовать на сегмент в целом, повышая БДД. Далее, после формирования энергограммы конфликтности – наглядной карты рисков на дороге, предсказывающей переход в критическую зону, от ИТС будет требоваться проактивная работа по нивелированию повышенных рисков снижения БДД, к которым могут относиться динамическое изменение скорости, изменение типа разметки или другие меры.

Выводы

Таким образом, предложенная в работе С.В. Жанказиева [3] сегментация скоростных дорог с однородной конфликтностью не изолированное эмпирическое исследование, а перспективное развитие научного направления анализа конфликтности и интеграция в контур ИТС. Данный подход обеспечит возможность прогнозирования возникновения дорожно-транспортного происшествия для стратегического, оперативного и тактического воздействий на организацию дорожного движения с помощью ИТС. Прогноз будет опираться на границы наблюдений и позволит определять степень влияния съезда или заезда на дорогу. Определение однородных зон конфликтности позволит осуществлять сбор данных в границах этих зон.

Следующим этапом исследования будет являться разработка математического аппарата для определения значимых параметров, влияющих на зону влияния сегментов на основании принципа однородности конфликтности.

Список источников

1. The effect of visibility on road traffic during foggy weather conditions / F. Ali, Z. H. Khan, Kh. Sh. Khattak, T. A. Gulliver // IET Intelligent Transport Systems. – 2024. – Vol. 18, No. 1. – P. 47-57. – DOI 10.1049/itr2.12432. – EDN CONSLX.
2. Lord, D. The statistical analysis of crash-frequency data: A review and assessment of methodological alternatives / D. Lord, F. Mannering // Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 2010. – Vol. 44, No. 5. – P. 291-305. – DOI 10.1016/j.tra.2010.02.001. – EDN OCFWGP.
3. Жанказиев, С. В. Категоризация участков скоростных автомобильных дорог для моделирования конфликтности / С. В. Жанказиев, В. В. Дронсейко, Н. А. Донец // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2025. – № 2(44). – EDN PDKOZC.
4. Ларионов, К. О. Прогнозирование статистических данных автомобильных дорожно-транспортных происшествий / К. О. Ларионов // Проблемы современной науки и образования. – 2021. – № 6(163). – С. 38-46. – DOI 10.24411/2304-2338-2021-10604. – EDN LQXYEV.
5. ОДМ 218.6.011–2013. Методика оценки влияния дорожных условий на аварийность на автомобильных дорогах федерального значения для планирования мероприятий по

повышению безопасности дорожного движения. – Москва : ФГБУ «ИНФОРМАВТОДОР», 2015. – С. 10-42.

6. Тютюнник, В. М. Нейросетевые методы и модели прогнозирования дорожно-транспортных происшествий и снижения их рисков / В. М. Тютюнник, М. А. Удаиб // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2024. – № 12. – С. 47-56. – DOI 10.25791/asu.12.2024.1553. – EDN BDXWFQ.

7. Чванов, В. В. Методы оценки и повышения безопасности дорожного движения с учетом условий работы водителя / В. В. Чванов. – Москва: ИНФРА-М, 2010. – (Научная мысль. Транспорт). – ISBN 978-5-16-004517-7. – EDN QNXCRD.

8. Капский, Д. В. Анализ существующих подходов к прогнозированию аварийности в дорожном движении / Д. В. Капский // Вестник Белорусского национального технического университета. – 2008. – № 5. – С. 58-63. – EDN TQIFBY.

9. A spatio-temporal deep learning approach to simulating conflict risk propagation on freeways with trajectory data / T. Wang, Y. En. Ge, Y. Wang, W. Chen // Accident Analysis & Prevention. – 2024. – Vol. 195. – P. 107377. – DOI 10.1016/j.aap.2023.107377. – EDN LLNQNU.

10. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / В. В. Сильянов, А. Н. Новиков, С. В. Еремин, А. Г. Шевцова. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Москва ; Орёл ; Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2024. – 331 с. – ISBN 978-5-361-01336-4. – EDN RRPXZL.

11. Persaud, B. Empirical Bayes Before-After Safety Studies: Lessons Learned from Two Decades of Experience and Future Directions / B. Persaud, C. Lyon // Accident Analysis & Prevention. – 2007. – Vol. 39, No. 3. – P. 546-555. – DOI 10.1016/j.aap.2006.09.009.

References

1. Ali F., Khan Z. H., Khattak Kh. Sh., Gulliver T.A. The effect of visibility on road traffic during foggy weather conditions, *IET Intelligent Transport Systems*, 2024, vol 18, no. 1, pp. 47-57, doi 10.1049/itr2.12432.

2. Lord D., Mannering F. The statistical analysis of crash-frequency data: A review and assessment of methodological alternatives, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2010, vol. 44, no. 5, pp. 291-305, doi 10.1016/j.tra.2010.02.001.

3. Zhankaziev S.V., Dronsejko V.V., Donets N.A. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*, 2025, no. 2(44).

4. Larionov K.O. *Problemy sovremennoj nauki i obrazovaniya*, 2021, no. 6(163), pp. 38-46, doi 10.24411/2304-2338-2021-10604.

5. *Metodika ocenki vliyaniya dorozhnyh uslovij na avarijnost' na avtomobil'nyh dorogah federal'nogo znacheniya dlya planirovaniya meropriyatij po povysheniyu bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya*. ODM 218.6.011–2013 (Methodology for assessing the impact of road

conditions on accidents on federal highways for planning measures to improve road safety ODM 218.6.011–2013), Moscow, FGBU «INFORMAVTODOR», 2015, pp. 10-42.

6. Tyutyunnik V.M., Udaib M.A. *Promyshlennyye ASU i kontrolyery*, 2024, no. 12, pp. 47-56, doi 10.25791/asu.12.2024.1553.

7. Chvanov V.V. *Nauchnaya mysl'. Transport* (Scientific thought. Transport), Moscow, INFRA-M, 2010, ISBN 978-5-16-004517-7.

8. Kapsky D.V. *Vestnik Belorusskogo nacional'nogo tekhnicheskogo universiteta*, 2008, no. 5, pp. 58-63.

9. Wang T., En.Ge Y., Wang Y., Chen W. *Accident Analysis & Prevention*, 2024, vol. 195, p. 107377, doi 10.1016/j.aap.2023.107377.

10. Sil'yanov V.V., Novikov A.N., Yeremin S.V., Shevtsova A.G. *Teoriya transportnykh potokov v proyektirovanii dorog i organizatsii dvizheniya* (Theory of traffic flows in road design and traffic organization), Moscow, Orel, Belgorod, Belgorodskiy Gosudarstvennyy Tekhnologicheskiy Universitet im. V. G. Shukhova, 2024, 331 p, ISBN 978-5-361-01336-4.

11. Persaud B., Lyon C. *Accident Analysis & Prevention*, 2007, vol. 39, no. 3, pp. 546-555, doi 10.1016/j.aap.2006.09.009.

Рецензент: В. Ю. Строганов, д-р тех. наук, профессор кафедры «Системы обработки информации и управления», МГТУ им. Баумана

Информация об авторах

Дронсейко В. В. – канд. техн. наук, доцент кафедры «Организация и безопасность движения, интеллектуальные транспортные системы» МАДИ, Москва;

Донец Н. А. – старший преподаватель кафедры «Организация и безопасность движения, интеллектуальные транспортные системы», аспирант, МАДИ, Москва;

Цюпаченко С. Е. – аспирант, МАДИ, Москва.

Information about the authors

Dronseiko V. V. – Candidate of Sciences (Technical), Associate Professor of the department “Road traffic management and safety, Intelligent transport systems”, MADI, Moscow;

Donets N. A. – Senior lecturer of the department “Road traffic management and safety, Intelligent transport systems”, postgraduate, MAD, Moscow;

Tsyupachenko S. E. – Postgraduate student, MADI, Moscow.

Статья поступила в редакцию 15.04.2026; одобрена после рецензирования 15.05.2026; принята к публикации 22.06.2026.

The article was submitted 15.04.2026; approved after reviewing 05.05.2026; accepted for publication 22.06.2026.