

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ НА АВАРИЙНОСТЬ НА ДОРОГАХ ВНЕ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Е.В. Печатнова^{1*}, К.Э. Сафронов²

¹ФГБОУ ВО «АлтГТУ им. И.И. Ползунова»

г. Барнаул, Россия;

²ФГБОУ ВО «СибАДИ»,

г. Омск, Россия

*phukcia@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Введение. Стратегией безопасности дорожного движения в РФ на 2018–2024 гг. ставятся задачи по снижению аварийности, а учитывая тяжесть последствий дорожно-транспортных происшествий, особое внимание уделено дорогам вне населенных пунктов. Исследования в области анализа факторов аварийности являются перспективными для разработки методов повышения безопасности дорожного движения за счет предотвращения дорожно-транспортных происшествий. Получение функциональных зависимостей необходимо для развития информационных систем управления безопасностью. В статье приводятся результаты исследования влияния одного из факторов аварийности – количества осадков на величину изменения риска возникновения дорожно-транспортных происшествий.

Материалы и методы. В исследовании применялся анализ, основанный на расчете относительного риска, который вычисляется с помощью сравнения наблюдаемых переменных двух групп: генеральной совокупности данных о количестве выпавших осадков (климатические частоты) и выборки аварийности (частоты в момент аварии). Исследование проведено на примере федеральной автомобильной дороги А–322 Барнаул – Рубцовск – государственная граница с Республикой Казахстан по данным о дорожно-транспортных происшествиях с пострадавшими и с материальным ущербом за 2012–2017 гг.

Результаты. Результаты представлены графически, в виде кусочно-линейной функции, а также приведены результаты аппроксимации, выраженной в виде полиномиальной функции третьего порядка.

Практическое значение. Полученные функциональные зависимости могут быть использованы в системе управления при оценке текущего риска возникновения дорожно-транспортных происшествий на внегородских дорогах, а общая закономерность влияния осадков на риск возникновения дорожно-транспортных происшествий использована при осуществлении практических мероприятий по предотвращению или предупреждению дорожно-транспортных происшествий на стадии проектирования и эксплуатации дорог.

Оригинальность. Исследование содержит новые результаты о нелинейной форме функциональной зависимости количества осадков на риск возникновения ДТП.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: безопасность дорожного движения (БДД), дорожно-транспортные происшествия (ДТП), определение закона нелинейной связи, моделирование аварийности, риск ДТП.

Поступила 1.06.2020, принята к публикации 23.08.2020.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Е.В. Печатнова, Сафронов К.Э. Оценка влияния количества осадков на аварийность на дорогах вне населенных пунктов. Вестник СибАДИ. 2020; 17 (4): <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-4-512-522>



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-4-512-522>

PRECIPITATION INFLUENCE ASSESSMENT ON ACCIDENTS RISK OUTSIDE BUILT-UP AREAS

E.V. Pechatnova^{1*}, Kirill E. Safronov²

¹I.I. Polzunov Altai State Technical University
Barnaul, Russia

²Siberian State Automobile and Highway University,
Omsk, Russia

*phukcia@yandex.ru

ABSTRACT

Introduction. The Road Traffic Safety Strategy in the Russian Federation for 2018-2023 includes the tasks of reducing an accident rate, among which the problem of accidents outside built-up areas is highlighted. The accidents outside built-up areas are characterized with high severity of consequences. The analysis of accident factors is necessary for the development of methods to improve road safety by preventing road accidents. Determining functional dependence is necessary for the development of information road safety management systems. The article is devoted to the study of the influence of precipitation amount on the change in the risk of road accidents.

Materials and methods. The study applied a relative risk analysis, which is calculated by comparing observed variables of two groups: total rainfall data (climatic frequencies) and accident sampling (frequency at time of accident). The study bases on the data of road accidents with victims and material damage that have been registered on the A-322 road (Barnaul – Rubtsovsk – the state border with the Republic of Kazakhstan) during the period from 2012 to 2017.

Results. A graph functional dependence and piece wise linear functional dependency were obtained. As the result of approximation, functional dependencies in the form of third-order polynomial function were found.

Practical importance. The obtained functional dependencies can be used in the management system to assess the current risk of road accidents on roads outside build-up areas. The regularity of the influence of precipitation on the risk of road accidents can be used to implement accident prevention measures at the stage of road design and operation.

Originality. The study contains new results on the nonlinear form of the functional dependence of the amount of precipitation on the risk of road accidents.

KEYWORDS: road safety (RTS), road traffic accidents (RTA), establishing a non-linear functional dependence, modelling of accidents, risk of RTA.

Submitted 1.06.2020, revised 23.08.2020.

The authors have read and approved the final manuscript.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

For citation: Pechatnova E.V., Safronov K. E.. Precipitation influence assessment on accidents risk outside built-up areas. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2020; 17 (4): <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-4-512-522>

©



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение безопасности дорожного движения (БДД) является важной стратегической задачей на ближайшие годы, поскольку дорожно-транспортные происшествия (ДТП) наносят значительный социальный, материальный и демографический ущерб экономике РФ [1, 2]. БДД является важнейшей характеристикой транспортной системы страны и одним из условий стабильного социально-экономического развития регионов. Выявление факторов риска, связанных с ДТП, может помочь принять эффективные стратегии и подходы для предотвращения аварий [3]. Достижение уверенного снижения числа аварий и тяжести их последствий, а также приближение к нулевой смертности требует исследований в области изучения влияния различных факторов на риск возникновения ДТП.

Как отмечено в Стратегии безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018–2024 г., особого подхода к ее решению требует проблема аварийности вне населенных пунктов. Так, наибольшей тяжестью последствий характеризуются ДТП, произошедшие на автомобильных дорогах федерального значения и платных автомобильных дорогах, что обусловлено высокой скоростью дорожного движения на них, недостатками системы управления БДД и оказанием помощи. В 2019 г. согласно официальным данным ГИБДД РФ, тяжесть последствий ДТП на федеральных дорогах составила 15,76 погибших на 100 пострадавших. Таким образом, «объектом государственного воздействия должна стать как улично-дорожная сеть населенных пунктов, так и автомобильные дороги вне их пределов»¹. Целями Стратегии являются «повышение БДД, а также стремление к нулевой смертности в ДТП к 2030 г., а в качестве целевого ориентира на 2024 г. устанавливается показатель социального риска, составляющий не более 4 погибших на 100 тыс. населения»^{Там же}. Поставленных целей предполагается достичь, выполнив ряд задач, среди которых развитие принципов автоматизации управления дорожным движением, внедрение интеллектуальной транспортной системы (ИТС). Для повышения эффективности профилактических мероприятий необходимы сведения о количественном влиянии отдельных факторов на аварийность.

Для дальнейшей интеграции ИТС в систему управления БДД, а также для развития информационных систем в сфере обеспечения БДД эти зависимости должны быть представлены в функциональном виде.

ОБЗОР НАУЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

БДД определяется устойчивостью функционирования системы ВАДС (Водитель–Автомобиль–Дорога–Среда) [4]. Считается, что подавляющее число ДТП происходят по причине «человеческого фактора» (В). Однако ошибки водителя обычно также имеют объективные причины, среди которых условия движения: параметры дороги, состав транспортного потока, метеорологические условия и другие (Д и С). Одним из наиболее значимых факторов в ряду погодных условий являются осадки, которые способствуют увеличению риска возникновения ДТП по различным причинам [5]. Среди них: снижение коэффициента сцепления; нарушение зрительного восприятия водителя (снижение видимости во время снегопада или ливня, ослепление от отражения фар на мокрой дороге встречных автомобилей [6], запотевание лобовых стекол [7]), нарушение привычного поведения других участников движения (снижение уровня предсказуемости поведения).

Отдельные работы российских и зарубежных ученых посвящены вопросу установления зависимости и взаимосвязи между количеством выпавших осадков и аварийностью. В исследовании [8] отмечается, что «неожиданные осадки вызывают значительный рост аварийности, в то время как осадки, отмечающиеся продолжительное время, способствуют адаптации водителей и снижению числа ДТП». Схожие выводы отмечаются в исследовании [9]: «воздействие дождя снижается через 3–4 ч; кроме того, отмечено, что влияние осадков наступает незамедлительно, для всех уровней их интенсивности, кроме интервала (0–0,5 мм/ч)». В работе [10] найдено пороговое значение интенсивности осадков, влияющее на уровень БДД, которое составило 2 мм/ч. Исследование [11] посвящено анализу различных метеорологических параметров и других факторов на аварийность; выявлено, что «увеличение продолжительности осадков в день на 0,1 ч ведет к росту числа ДТП на

¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 8 января 2018 года № 1-р «Об утверждении Стратегии безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018–2024 годы». [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71760528/> (дата обращения: 07.07.2020).

0,27–0,33%». В работе [12] исследовано влияние погодных условий на риск возникновения ДТП в различных странах; установлено, что «100 мм дополнительного количества осадков в течение месяца увеличивает число несчастных случаев на 0,5%–0,8% на дорогах вне населенных пунктов, но снижает вероятность наступления ДТП на городских дорогах». В работе [13] отмечено, что «вероятность аварии со смертельным исходом во время осадков увеличивается на 34%».

Существуют отличия риска по различным территориям. Анализ взаимосвязи погодных условий, в том числе осадков, и числа смертельных ДТП в США, представленный в статье [14], показал зависимость влияния сезона и географического расположения. В работе [15] коэффициенты корреляции не подтвердили линейную взаимосвязь между количеством осадков и различными типами аварий (легкие травмы, требующие госпитализации, и смертельные). Авторами [16] изучено влияние осадков на тяжесть ДТП с пешеходами, рекомендовано использование результатов в системах управления движением и информирования водителей. В работе [17] выявлена зависимость количества аварий, связанных с дождем или снегом, от типа дорог и их покрытий. Исследование [18] показало, что слабые осадки не приводят к росту аварийности, в холодное время года увеличение числа ДТП происходит при интенсивности снегопада выше 2 см/сут.

Среди подходов к выявлению зависимостей одним из наиболее перспективных является оценка относительного риска, определяемого на основе соотношения двух распределений. Так, если «относительный риск равен 1, то это определяет ситуацию, когда значение переменной (например определенное состояние движения) не влияет на риск несчастного случая, в случае если относительный риск больше 1, то это указывает на более высокий риск, например, значение 2 можно интерпретировать как увеличение риска на 100%» [19]. Подобные гипотезы были изложены в работах [13, 20, 21, 22].

Многообразие полученных моделей и результатов свидетельствует о неполной проработанности вопроса. Кроме того, согласно

исследованиям [23, 24], каждая страна (географический регион) имеет свои климатические особенности и результаты аналогичных исследований могут отличаться. Это обосновывает актуальность более детального изучения влияния количества осадков на аварийность на внегородских участках федеральных дорог. В качестве метода исследования выбрано сравнение двух выборок и расчет относительного риска.

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Данное исследование является продолжением полученных ранее результатов предварительных оценок влияния осадков и других метеопараметров на аварийность [25]. Целью работы является определение влияния количества осадков на изменение риска возникновения ДТП на дорогах вне населенных пунктов.

В связи с предположением о нелинейности влияния погодных условий на ДТП в работе исследованы выборки, полученные за единый промежуток времени: доступная информация о погодных условиях – F (сведения о количестве осадков за исследуемый временной период на j -й метеостанции – климатическая частота осадков), которую с определенной долей условности можно принять за генеральную совокупность, и выборка аварийности – S (данные о количестве осадков в момент аварий, территориально близких к j -й метеостанции). Совокупность F отражает климатические условия района/региона. Сделана гипотеза о том, что влияние со стороны исследуемого параметра на риск существует в том случае, если распределение случайных величин в выборках значительно различается. Если распределение в выборках одинаково, то влияние исследуемого фактора отсутствует.

Сведения о количестве осадков получены с учетом особенностей работы и прогнозирования служб Росгидромета: на метеорологических площадках определяется сумма осадков, накопленных за 12 ч², при составлении прогнозов также используется терминология, основанная на прогнозируемом значении накопленных за 12 ч осадков³. Таким образом, выборка F представляет собой ежедневные

² Р 52.08.657–2004 Атмосферные осадки. Методика выполнения измерений осадкомером О-1 [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200039863> (дата обращения: 21.07.2020).

³ РД 52.27.724–2019 Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения [Электронный ресурс]. – URL: method.meteorf.ru/norma/document/nast_shf.pdf (дата обращения: 21.07.2020).

данные о накопленных осадках (мм, за 12 ч), а выборка S – сведения о накопленных до момента ДТП осадках (мм, за 12 ч).

Поскольку шкала измерения исследуемой случайной величины (количество осадков, мм) является непрерывной, то определение закона ее распределения возможно с помощью разбиения возможного диапазона значений исследуемой величины на интервалы. Для определения количества интервалов использовано правило Стерджеса:

$$w = 1 + 3.322 \lg(N), \quad (1)$$

где N – количество наблюдений.

Использовано деление на равные интервалы.

Далее, в каждом интервале $[c, d)$ по выборкам F и S рассчитаны относительные частоты (частоты) и соответственно: отношение числа появлений события (попадания в интервал) к общему количеству наблюдений. При расчете частоты в выборке S дополнительно введен поправочный коэффициент, учитывающий неравномерность распределения ДТП по месяцам года:

$$k_m = \frac{a_m}{a}, \quad (2)$$

где a_m – количество ДТП за месяц года, $m=1...12$; a – общее число ДТП.

Таким образом, число повторений событий в интервале определялось не как сумма единиц наблюдений, соответствующих условию (интервалу), а как сумма k_m , соответствующих месяцу ДТП. Указанный коэффициент введен для того, чтобы исключить «влиятельность» летних ДТП (которых традиционно больше) на общий закон распределения аварий по осадкам.

Полученные относительные частоты попадания в интервал близки к вероятностям. Зависимость рассчитанных частот от интервалов представляет собой эмпирическое распределение вероятностей рассматриваемой случайной величины (количества осадков). Для ответа на вопрос является ли эмпирическое распределение изучаемой выборки (количество осадков в момент ДТП) следствием исключительно климатических особенностей местности (эмпирическое распределение количества осадков за выбранный временной промежуток) требуется сравнение распределений. В случае их полного совпадения (все частоты по интервалам равны между выборками) можно сделать вывод об отсутствии

влияния рассматриваемого метеопказателя на аварийность: количество осадков в момент ДТП является только следствием климата. В случае отличия относительных частот двух выборок (n_F) можно предположить, что выбранный метеопказатель оказывает влияние на аварийность. Приблизительный закон влияния можно получить с помощью получения распределения отношений частот выборок. Для удобства отношения представлены на рассматриваемых интервалах ($[c, d)$), а влияние осадков на аварийность выражено с помощью коэффициента относительного риска

$$P = n_S. \quad (3)$$

В качестве объекта исследования выбрана автомобильная дорога федерального значения А-322 Барнаул – Рубцовск – государственная граница с Республикой Казахстан. Дорога является транспортной артерией, соединяющей Западную Сибирь с Республиками Казахстан, Кыргызстан, Узбекистан, поэтому обеспечение безопасности на ней выходит за рамки региональных задач и является важным условием международного сотрудничества. Ее протяженность составляет 337 км (без г. Барнаула и пригородной зоны 311 км), поэтому дорога находится в зоне действия нескольких метеостанций, из которых выбраны три, наиболее устойчиво работающие в данный период исследования: Барнаул, Алейск, Рубцовск. Таким образом, расчет относительного риска проводился на трех отрезках дороги, получены три совокупности F , которые представляют собой наблюдения в исследуемый период времени на выбранных метеостанциях о количестве накопленных осадков, регистрирующихся каждые 12 ч.

Использованы сведения о 1800 ДТП с пострадавшими и с материальным ущербом, зафиксированные на дороге в период с 2012 по 2017 г., которые включают в себя дату, время, адрес (километр дороги) аварии. Для каждого ДТП определялась ближайшая из трех выбранных метеостанций, и с использованием полученного архива метеорологической информации восстановлено значение осадков, накопленных до момента наступления ДТП.

В результате расчетов на каждом анализируемом отрезке дороги получено два приближенных закона распределения вероятностей по климатической совокупности F и выборке аварийности S . Для определения значимости разницы распределений использован крите-

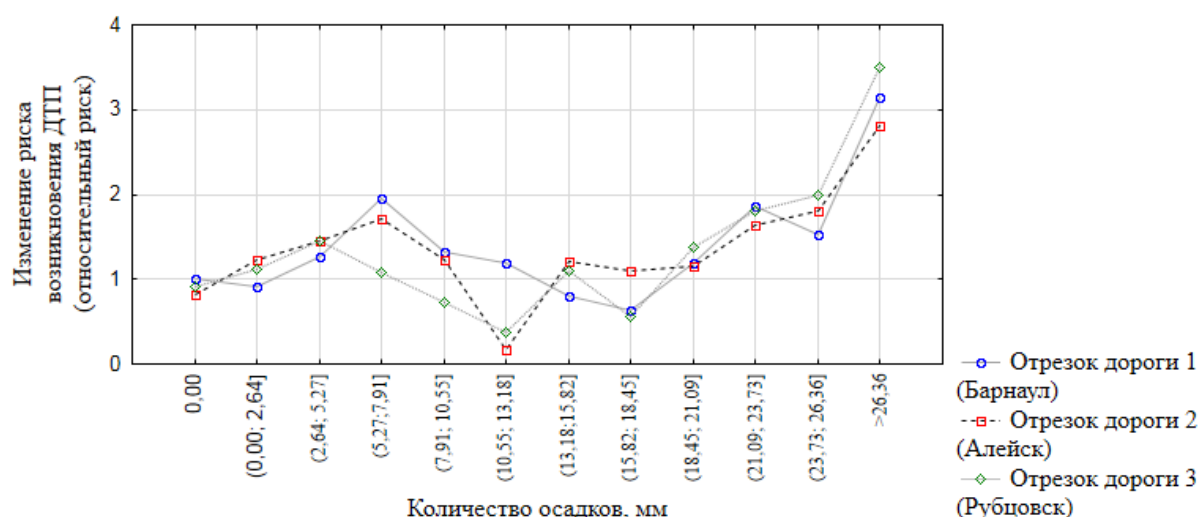


Рисунок 1 – Изменение риска возникновения ДТП в зависимости от количества накопленных осадков по отрезкам дороги, мм

Figure 1 – Change in the risk of road accidents depending on the amount of precipitation along the road sections, mm

рий χ^2 , как один из наиболее распространенных непараметрических критериев для оценки значимости различий двух относительных показателей. Его расчет используется для проверки гипотезы о том, что наблюдаемые частоты соответствуют ожидаемым (гипотеза H_0). В данном случае наблюдаемые частоты определяются по выборке S , а ожидаемые – по выборке F . Расчет критерия χ^2 показал, что гипотеза H_0 отклоняется. Распределение коэффициентов P по интервалам представляет собой приближенный закон влияния количества осадков на риск возникновения ДТП: в случае если $P=1$, то риск не изменяется (количество осадков в момент ДТП соответствует климатическим особенностям), если $P>1$, то риск увеличивается (частота количества осадков в момент ДТП превышает климатическую), $P<1$ риск уменьшается (частота осадков меньше климатической). В данном случае под риском возникновения ДТП подразумевается вероятность возникновения аварии, обусловленная другими объективными причинами (параметрами дороги, интенсивностью движения и др.).

Рассчитанные коэффициенты (P) по интервалам представлены на рисунке 1. Для удобства дальнейшего сравнения распределений по отрезкам дороги полученные значения соединены линиями и представлены в виде графиков. Анализ полученных закономерностей позволяет сделать вывод о том, что характер изменения относительного риска на рассматриваемых отрезках дороги схож, отличия могут быть следствием малого количества данных на некоторых интервалах. Этот вывод подтверждается тем, что, несмотря на высокую протяженность дороги, она проходит в одной климатической зоне (умеренный континентальный по Б.П. Алисову, Dwb континентальный с сухой зимой и теплым летом – по В.П. Кеппену). Анализ карты среднегодового распределения осадков на территории России согласно Государственному докладу «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2016 г.»⁴ также подтвердил этот вывод: дорога находится в одной зоне выпадения осадков (400–500 мм/год). Таким образом, представленные доказательства позволяют использовать единую клима-

⁴ Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2016 году» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/d5a/2016_GosDoklad_VODA_26122017.pdf

тическую совокупность F на основе данных трех выбранных метеостанций, а также единую совокупность S , полученную на основе восстановленных данных об осадках в момент аварии.

Относительный риск, полученный на основе сравнения двух совокупностей, представлен на рисунке 2. Риск увеличивается при небольшом количестве осадков, при значениях от 7,91 до 18,45 риск уменьшается, далее снова резко возрастает. Такое распределение связано с психологическим восприятием погоды: небольшой дождь/снег обычно не являются причиной переноса поездки, изменения ре-

жима движения, в то время как коэффициент сцепления существенно уменьшается даже при небольшом количестве осадков [8]. Более значительный дождь является причиной снижения интенсивности движения, а увеличение риска при сильных и очень сильных осадках (более 18,45 мм) объясняется тем, что значительными становятся вторичные следствия дождя/снегопада: уменьшение видимости, непредсказуемости влияния других участников движения.

Полученная зависимость может быть представлена в виде кусочно-линейной функции:

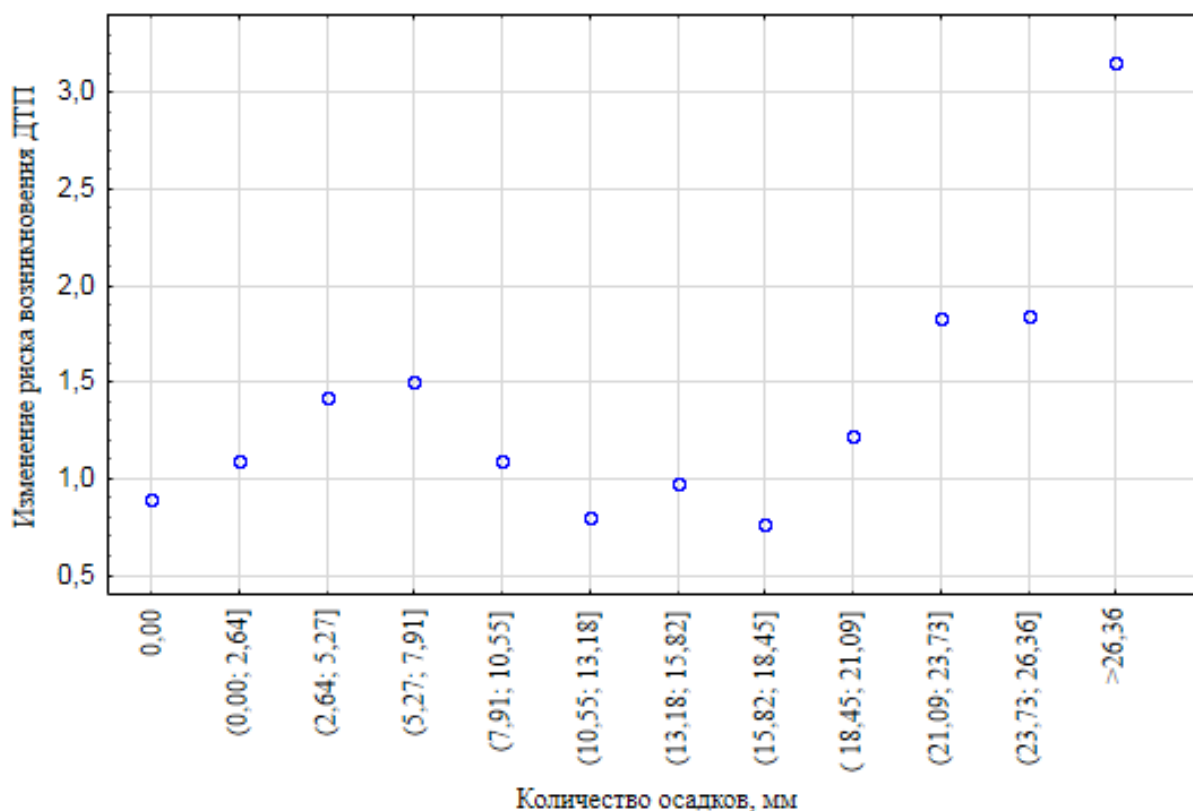


Рисунок 2 – Изменение риска возникновения ДТП в зависимости от количества накопленных осадков, мм

Figure 2 – Change in the risk of road accidents depending on the amount of precipitation, mm

$$P = \begin{cases} 0.88\text{при } h = 0,00 \\ 1.09\text{при } h \in \\ 1,42\text{при } h \in (2,64; 5,27] \\ 1,51\text{при } h \in (5,27; 7,91] \\ 1.09\text{при } h \in (7,91; 10,55] \\ 0.80\text{при } h \in \\ 0.98\text{при } h \in \\ 0.76\text{при } h \in (15,82; 18,45] \\ 1,22\text{при } h \in \\ 1,84\text{при } h \in (21,09; 26,36] \\ 3,16\text{при } h > 26,36 \end{cases}, \quad (4)$$

где h – количество накопленных осадков.

Можно сделать вывод о наличии условно двух экстремумов (увеличением P при можно пренебречь как выпадающим из полиномиальной аппроксимации), который дает основание провести аппроксимацию с использованием полиномиальной зависимости третьего порядка. Аппроксимация проведена с использованием пакета Statistica:

$$P = 0,587 * 10^{-3} * h^3 - 0,018 * h^2 + 0,142 * h + 0.972. \quad (5)$$

Для оценки точности аппроксимации используется расчет коэффициента детерминации R^2 , который составил 0,92.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С помощью полиномиальной функции третьего порядка подтверждено нелинейное влияние количества осадков на аварийность. Продолжением исследований станет уточнение модели на основе увеличения объема выборки, а также изучение влияния на аварийность типа осадков и времени суток на стадии проектирования организации дорожного движения и в процессе эксплуатации дорог.

Результаты исследования могут быть использованы в целях профилактики ДТП, для планирования сил и средств реагирования на ДТП со стороны экстренных служб, перспективной основой по развитию интеллектуальной транспортной системы управления безопасностью на основе нечеткой логики и алгоритмов нейронных сетей. Влияние выявленных неблагоприятных факторов можно минимизировать с помощью оповещения водителей о повышенном риске возникновения ДТП, а также принятии комплекса иных мер.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сафронов Э.А., Сафронов К.Э. Проблемы повышения безопасности дорожного движения в мире // Социально-экономические проблемы развития и

функционирования транспортных систем городов и зон их влияния. Материалы XXV Международной (двадцать восьмой Екатеринбургской) научно-практической конференции. 2019. С. 152-165.

2. Терентьев В.В., Киселев В.А., Андреев К.П., Шемякин А.В. Мероприятия по совершенствованию организации дорожного движения // Транспортное дело России. 2018. №3. С. 133-136.

3. Razzaghi A, Soori H, Kavousi A, Abadi A, Khosravi A, Alipour A. Risk factors of deaths related to road traffic crashes in World Health Organization regions: A systematic review. // ArchTraumaRes. 2019. Vol. 8, № 2. Pp. 57-86. DOI: org/10.4103/atr.atr_59_19.

4. Marcin Budzyński, Kazimierz Jamroz, Łukasz Jeliński, Anna Gobis The Effects of Roadside Hazards on Road Accident Severity // Journal of KONBIN. 2019. Vol. 49, № 2. Pp.319-339. DOI: org/10.2478/jok-2019-0038.

5. Jaroszowski D., McNamara T. The influence of rainfall on road accidents in urban areas: A weather radar approach // Travel Behaviour and Society. 2014. Vol.1. №1. Pp. 15-21. DOI:org/10.1016/j.tbs.2013.10.005.

6. Shahid S.,Minhans A. Climate change and road safety: a review to assess impacts in Malaysia // JurnalTeknologi. 2016. Vol. 78, № 4. Pp. 1-8. DOI: org/10.11113/jt.v78.7991.

7. Islam M.M., Alharthi M., Alam, M.M. The Impacts of Climate Change on Road Traffic Accident in Saudi Arabia // Climate. 2019. Vol 7, №9. Pp. 103. DOI: org/10.3390/cli7090103.

8. Ботвинева Н.Ю., Буракова И.С., Стрельцова Т.Н., Нестерчук А.В. Исследование влияния погодных условий на величину коэффициента сцепления шин с дорожным покрытием // *Фундаментальные исследования*. 2013. №11 (3). С. 407-411. URL: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=33133>.
9. Xing F., Huang H., Zhan Z., Zhai X., Ou C., SZE N. N., Hon K. K. Hourly associations between weather factors and traffic crashes: non-linear and lag effects // *Analytic Methods in Accident Research*. 2019. 100109. DOI: [org/10.1016/j.amar.2019.100109](https://doi.org/10.1016/j.amar.2019.100109).
10. Самодурова Т.В., Гаспарян А.С. Влияние интенсивности снегопадов на безопасность движения транспортных средств // *Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура*. 2009. №4 (16). С. 148-152.
11. Brijis T., Karlis D., Wets G. Studying the effect of weather conditions on daily crash counts using a discrete time-series model // *Accident Analysis and Prevention*. 2008. Vol. 40, №3. Pp. 1180-1190. DOI: [org/10.1016/j.aap.2008.01.001](https://doi.org/10.1016/j.aap.2008.01.001).
12. Bergel-Hayat R., Debbarh M., Antoniou C., Yanniss G. Explaining the road accident risk: Weather effects // *Accident Analysis & Prevention*. 2013. Vol. 60. Pp. 456-465. DOI: [org/10.1016/j.aap.2013.03.006](https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.03.006).
13. Scott E. Stevens, Carl J. Schreck, Shubhayu Saha, Jesse E. Bell, Kenneth E. Kunkel Precipitation and Fatal Motor Vehicle Crashes: Continental Analysis with High-Resolution Radar Data // *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 2019. Vol. 100, №8. Pp 1453-1461. DOI: [org/10.1175/BAMS-D-18-0001.1](https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0001.1).
14. Saha S., Schramm P., Nolan A., Hess J. Adverse weather conditions and fatal motor vehicle crashes in the United States, 1994-2012. *Environmental Health*. 2016. Vol 15. № 1. doi:10.1186/s12940-016-0189-x.
15. Lio C, Cheong H, Un C, Lo I, Tsai S. The association between meteorological variables and road traffic injuries: a study from Macao // *PeerJ*. 2019. DOI: [org/10.7717/peerj.6438](https://doi.org/10.7717/peerj.6438).
16. Zhai X., Huang H., Sze N. N., Song Z., Hon K. K. Diagnostic analysis of the effects of weather condition on pedestrian crash severity // *Accident Analysis & Prevention*. 2019. Vol.122. Pp. 318-324. DOI: [org/10.1016/j.aap.2018.10.017](https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.10.017).
17. Wang K., Zhao S., Jackson E. Multivariate Poisson Lognormal Modeling of Weather-Related Crashes on Freeways / *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2018. 0361198118776523. DOI: [org/10.1177/0361198118776523](https://doi.org/10.1177/0361198118776523).
18. Ширяева А.В. Метеорологические условия функционирования автотранспорта на территории Москвы и Московской области // *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2016. №6. С. 94-101. DOI: [org/10.15356/0373-2444-2016-6-94-101](https://doi.org/10.15356/0373-2444-2016-6-94-101).
19. Norros I., Kuusela P., Innamaa S., Pilli-Sihvola E., Rajamäki R. The Palm distribution of traffic conditions and its application to accident risk assessment // *Analytic Methods in Accident Research*. 2016. Vol.12. Pp. 48-65. DOI: [org/10.1016/j.amar.2016.10.002](https://doi.org/10.1016/j.amar.2016.10.002).
20. Malin F., Norros I., Innamaa S. Accident risk of road and weather conditions on different road types // *Accident Analysis and Prevention*. 2019. Vol. 122. Pp. 181-188. DOI: [org/10.1016/j.aap.2018.10.014](https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.10.014).
21. Black A. W., G.Villarini Effects of methodological decisions on rainfall-related crash relative risk estimates // *Accident Analysis and Prevention*. 2019. Vol. 130. Pp. 22-29. DOI: [org/10.1016/j.aap.2018.01.023](https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.01.023).
22. Andrey J., Hambly D., Mills B., Afrin S. Insights into driver adaptation to inclement weather in Canada // *Journal of Transport Geography*. 2013. Vol.28. Pp. 192-203. DOI: [org/10.1016/j.jtrangeo.2012.08.014](https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.08.014).
23. Alin Drosu, Corneliu Cofaru and Mihaela Virginia Popescu Influence of weather conditions on fatal road accidents on highways and urban and rural roads in Romania // *International Journal of Automotive Technology*. 2020. Vol. 21, № 2. Pp. 309-317. DOI: [org/10.1007/s12239-020-0029-4](https://doi.org/10.1007/s12239-020-0029-4).
24. Lobo A., Ferreira S., Iglesias I., Couto, A. Urban Road Crashes and Weather Conditions: Untangling the Effects // *Sustainability*. 2019. Vol.11, № 11. 3176. DOI: [org/10.3390/su11113176](https://doi.org/10.3390/su11113176).
25. Pechatnova E. V., Sergeeva Ja. S. Assessment of Influence of Meteorological Parameters on the Risk of Accidents on Roads Outside Settlements // *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2019. Vol. 272. 022175. DOI: [org/10.1088/1755-1315/272/2/022175](https://doi.org/10.1088/1755-1315/272/2/022175).

REFERENCES

1. Safronov E.A., Safronov K.E. Problemy povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v mire [Issues of improving road safety in the world]. "Social'no-ekonomicheskie problem razvitiya i funkcionirovaniya transportnyh system gorodov i zonihvlianiya" Materialy XXV Mezhdunarodnoj (dvadcat' vos'moj Ekaterinburgskoj) nauchno-prakticheskoy konferencii. 2019. 152-165. (in Russian)
2. Terent'ev V.V., Kiselev V.A., Andreev K.P., SHemyakin A.V. Meropriyatiya posovershenstvovaniyu organizacii do-rozhnogo dvizheniya [Measures to improve the road traffic organization]. *Transportnoe delo Rossii* [Transport business in Russia]. 2018; 3: 133-136. (in Russian)
3. Razzaghi A, Soori H, Kavousi A, Abadi A, Khosravi A, Alipour A. Risk factors of deaths related to road traffic crashes in World Health Organization regions: A systematic review. *Arch Trauma Res*. 2019; 8 (2): 57-86. DOI: [org/10.4103/atr.atr_59_19](https://doi.org/10.4103/atr.atr_59_19).
4. Marcin Budzyński, Kazimierz Jamroz, Łukasz Jeliński, Anna Gobis The Effects of Roadside Hazards on Road Accident Severity. *Journal of KONBiN*. 2019; 49(2): 319-339. DOI: [org/10.2478/jok-2019-0038](https://doi.org/10.2478/jok-2019-0038).
5. Jaroszweski D., McNamara T. The influence of rainfall on road accidents in urban areas: A weather radar approach. *Travel Behaviour and Society*. 2014; 1(1): 15-21. DOI: [org/10.1016/j.tbs.2013.10.005](https://doi.org/10.1016/j.tbs.2013.10.005).
6. Shahid S., Minhans A. Climate change and road safety: a review to assess impacts in Malaysia. *Jurnal Teknolog*. 2016; 78 (4): 1-8. DOI: [org/10.11113/jt.v78.7991](https://doi.org/10.11113/jt.v78.7991).

7. Islam M.M., Alharthi M., Alam, M.M. The Impacts of Climate Change on Road Traffic Accident in Saudi Arabia. *Climate*. 2019; 7 (9): 103. DOI: org/10.3390/cli7090103.

8. Botvineva N.Yu., Burakova I.S., Strel'cova T.N., Nesterchuk A.V. Issledovanie vliyaniya pogodnykh usloviy na velichinu koeffitsienta soplevaniya shin s dorozhnym pokrytiem [Study of the influence of weather conditions on the value of the coefficient of adhesion of tires to the road surface]. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2013; 11(3): 407-411. URL: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=33133> (in Russian).

9. Xing F., Huang H., Zhan Z., Zhai X., Ou C., SZE N. N., Hon K. K. Hourly associations between weather factors and traffic crashes: non-linear and lag effects. *Analytic Methods in Accident Research*. 2019. 100109. DOI: org/10.1016/j.amar.2019.100109.

10. Samodurova T.V., Gasparyan A.S. Vliyanie intensivnosti snegopadov na bezopasnost' dvizheniya transportnyhsredstv [Influence of snowfall intensity on traffic safety]. *NauchnyyvestnikVoronezhskogogosudarstvennogoarhitekturno-stroitel'nogouniversiteta. Stroitel'stvo i arhitektura*. 2009; 4 (16): 148-152. (in Russian).

11. Brijs T., Karlis D., Wets G. Studying the effect of weather conditions on daily crash counts using a discrete time-series model. *Accident Analysis and Prevention*. 2008; 40 (3): 1180-1190. DOI: org/10.1016/j.aap.2008.01.001.

12. Bergel-Hayat R., Debbbarh M., Antoniou C., Yannis G. Explaining the road accident risk: Weather effects. *Accident Analysis and Prevention*. 2013; 60: 456-465. DOI: org/10.1016/j.aap.2013.03.006.

13. Scott E. Stevens, Carl J. Schreck, Shubhayu Saha, Jesse E. Bell, Kenneth E. KunkelPrecipitation and Fatal Motor Vehicle Crashes: Continental Analysis with High-Resolution Radar Data. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 2019; 100 (8): 1453-1461. DOI: org/10.1175/BAMS-D-18-0001.1.

14. Saha S., Schramm P., Nolan A., Hess J. Adverse weather conditions and fatal motor vehicle crashes in the United States, 1994-2012. *Environmental Health*. 2016; 15 (1). DOI:10.1186/s12940-016-0189-x.

15. Lio C, Cheong H, Un C, Lo I, Tsai S. The association between meteorological variables and road traffic injuries: a study from Macao. *PeerJ*. 2019. DOI: org/10.7717/peerj.6438.

16. Zhai X., Huang H., Sze N. N., Song Z., Hon K. K. Diagnostic analysis of the effects of weather condition on pedestrian crash severity. *Accident Analysis and Prevention*. 2019; 122: 318-324. DOI: org/10.1016/j.aap.2018.10.017.

17. Wang K., Zhao S., Jackson E. Multivariate Poisson Lognormal Modeling of Weather-Related Crashes on Freeways. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2018. 036119811877652. DOI: org/10.1177/0361198118776523.

18. SHiryaeva A.V. Meteorologicheskie usloviya funkcionirovaniya avtotransporta na territorii Moskvy

i Moskovskoy oblasti. *Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 2016; 6: 94-101. DOI: org/10.15356/0373-2444-2016-6-94-101. (in Russian)

19. Norros I., Kuusela P., Innamaa S., Pilli-Sihvola E., Rajamäki R. The Palm distribution of traffic conditions and its application to accident risk assessment. *Analytic Methods in Accident Research*. 2016; 12: 48-65. DOI: org/10.1016/j.amar.2016.10.002.

20. Malin F., Norros I., Innamaa S. Accident risk of road and weather conditions on different road types. *Accident Analysis and Prevention*. 2019; 122: 181-188. DOI: org/10.1016/j.aap.2018.10.014.

21. Black A. W., G.VillariniEffects of methodological decisions on rainfall-related crash relative risk estimates. *Accident Analysis and Prevention*. 2019; 130: 22-29. DOI: org/10.1016/j.aap.2018.01.023.

22. Andrey J., Hambly D., Mills B., Afrin S. Insights into driver adaptation to inclement weather in Canada. *Journal of Transport Geography*. 2013; 28: 192-203. DOI: org/10.1016/j.jtrangeo.2012.08.014.

23. AlinDrosu, Corneliu Cofaru and Mihaela Virginia Popescu Influence of weather conditions on fatal road accidents on highways and urban and rural roads in Romania. *International Journal of Automotive Technology*. 2020; 21 (2): 309-317. DOI: org/10.1007/s12239-020-0029-4.

24. Lobo A., Ferreira S., Iglesias I., Couto, A. Urban Road Crashes and Weather Conditions: Untangling the Effects. *Sustainability*. 2019; 11 (11). 3176. DOI: org/10.3390/su11113176.

25. Pechatnova E. V., Sergeeva Ja. S. Assessment of Influence of Meteorological Parameters on the Risk of Accidents on Roads Outside Settlements. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2019; 272. 022175. DOI: org/10.1088/1755-1315/272/2/022175.

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Печатнова Елена Владимировна. Вклад в общую работу составил 75%, что является ¾ доли при разработке следующих разделов научной статьи: аннотации, введения, материалов и методов, результатов, обсуждения и заключения.

Сафронов Кирилл Эдуардович. Вклад в общую работу составил 25%, что является 1/4 доли при разработке следующих разделов научной статьи: аннотации, введения, результатов, обсуждения и заключения, редактирования статьи.

AUTHORS' CONTRIBUTION

Elena V. Pechatnova. The contribution to the overall work was 75%, which is a third of the share in the development of the following sections of the scientific article: annotation, introduction, materials and methods, results, discussions and conclusions.

Kirill E. Safronov. The contribution to the overall work was 25%, which is 1/4 of the share in the development of the following sections of the scientific article: annotation, introduction, results, discussion and conclusion, editing of the article.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Печатнова Елена Владимировна – ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», ORCID 0000-0001-9182-2365 (656038, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, e-mail: phukcia@yandex.ru).

Сафронов Кирилл Эдуардович – д-р техн. наук, доц., проф. кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет» (СибАДИ), ORCID 0000-0003-3849-6761 (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: transistem@rambler.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Elena V. Pechatnova – I.I. Polzunov Altai State Technical University, ORCID 0000-0001-9182-2365(656038, Russia, Barnaul, 46, Lenina Ave., e-mail: phukcia@yandex.ru).

Kirill E. Safronov – Dr. of Sci. (Engineering), Associate Professor of the Vehicle Maintenance and Repair Department, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), ORCID ID 0000-0003-3849-6761 (644080, Russia, Omsk, 5, Mira Ave., e-mail: transistem@rambler.ru).