Новиков Иван Алексеевич. Методология прогнозирования и предупреждения дорожно-транспортных происшествий: автореферат дис. ... доктора Технических наук: 05.22.10 / Новиков Иван Алексеевич;[Место защиты: ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»], 2020

Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

«Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»

На правах рукописи

Новиков Иван Алексеевич

МЕТОДОЛОГИЯ

ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Специальность 05.22.10 - Эксплуатация автомобильного транспорта

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

доктора технических наук

Научный консультант д-р техн. наук, профессор Новиков Александр Николаевич

Орел 2019

ВВЕДЕНИЕ 5

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ,

МЕТОДОВ И МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ 14

1.1 Анализ статистики дорожно-транспортных происшествий 14

1.2 Классификация дорожно-транспортных происшествий 32

1.3. Существующие методы анализа и прогнозирования безопасности

дорожного движения 38

1.4 Обзор мероприятий направленных на повышение безопасности дорожного

движения в Российской Федерации 47

1.5 Выводы по главе 50

2 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ ОБСТОЯТЕЛЬСТВ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ 52

2.1 Обоснование логики и методов исследования дорожно-транспортных

происшествий 52

2.2 Существующие методы комплексных исследований

дорожно-транспортных происшествий 54

2.3 Возможности современных программных средств при исследовании

обстоятельств дорожно-транспортных происшествий 57

2.4 Разработка методологии исследований дорожно-транспортных

происшествий соответственно решаемым задачам 69

2.5 Выводы по главе 78

3 МЕТОДОЛОГИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОИСШЕСТВИЯ 80

3.1 Анализ параметра «водитель» 80

3.2 Анализ параметра «транспортный поток» 99

3.3 Анализ параметра «транспортное средство» 108

3.4 Анализ параметра «внешние условия» 116

3.5 Выводы по главе 120

4 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ ПРИ АНАЛИЗЕ ТРАНСПОРТНОЙ СИТУАЦИИ И ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ

ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ 122

4.1 Метод анализа данных дорожно-транспортных происшествий, основанный

на определении диапазона пространственных координат 122

4.2 Математическая модель оценки вероятности возникновения ДТП 130

4.3 Реализация алгоритма принятия решения с использованием

нечеткой логики 136

4.4 Выводы по главе 145

5 РАЗРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ И СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ

ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ И СНИЖЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ

ПРОИСШЕСТВИЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ .. 147

5.1 Программное обеспечение системы поддержки принятия решений 147

5.2. Особенности использования средств системы поддержки

принятия решений 166

5.3 Проведение экспериментальных исследований в реальных условиях улично-дорожной сети города Белгорода 170

5.4 Экономическая оценка мероприятий по повышению безопасности

дорожного движения 248

5.4 Выводы по главе 250

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 256

ПРИЛОЖЕНИЕ А 277

ПРИЛОЖЕНИЕ Б 288

ПРИЛОЖЕНИЕ В 292

На основе установленных взаимосвязей между дорожно-транспортными происшествиями и факторами, способствующими их возникновению, анализа статистических и экспериментальных данных, а также взаимосвязи между эле­ментами, влияющими на дорожную аварийность и вероятностью возникновения ДТП, решена научная проблема, имеющая социально-экономическое значение - предложены новые научно -обоснованные методы, математические модели, схе­мы и технические решения для прогнозирования и предупреждения дорожно­транспортных происшествий, использование результатов которых обеспечит по­вышение безопасности дорожного движения и снижение аварийности на автомо­бильных дорогах.

Основные научно-практические результаты состоят в следующем:

1. На основе анализа состояния безопасности дорожного движения установ­лено, что в Российской Федерации, начиная с 2012 г., происходит стабильное снижение абсолютного количества погибших и раненых в результате ДТП. Сни­жение данных показателей происходит благодаря комплексному воздействию со стороны государственных органов власти на проблему дорожно-транспортной аварийности, однако по сравнению с другими экономически развитыми странами относительные показатели аварийности и смертности на дорогах страны остаются очень высокими.
2. Разработаны теоретические положения описательной информационной модели аварийной ситуации, которая характеризуется параметрами, влияющими на возникновение ДТП. При анализе методик комплексного исследования обстоя­тельств дорожно-транспортных происшествий определено, что ДТП необходимо рассматривать как явление (совокупность процессов материально­информационного преобразования, обусловленных общими причинами), возник­новение которого зависит от определенных параметров или составляющих.
3. Обоснован выбор параметров, которые составляют информационную мо­дель дорожно-транспортного происшествия, на основе статистических исследова- ний и для каждого параметра определен набор переменных. Для параметра ав «водитель» определены такие переменные, как «возраст» Ьв и «стаж управления автомобилем» Ьс и установлено, что основной аварийной группой являются води­тели в возрасте от 31 до 45 лет, а наиболее аварийной группой по стажу управле­ния является группа со стажем свыше 15 лет, для параметра атп «транспортный поток» определены такие переменные, как «день недели» Ьдн и «время суток» Ьвс и установлено, что самым аварийным днем является пятница - 16% ДТП, а 29% дорожных аварий приходится на интервал времени с 0.00 до 7.00 часов. Для па­раметра атс «транспортное средство» определены такие переменные, как «тип» Ьт и «марка автомобиля» Ьм и установлено, что наибольшее количество дорожных аварий (87%) происходит с легковыми автомобилями и 54% автомобилей ино­странного производства попадают в ДТП, для параметра аву «внешние условия» определены такие переменные, как «освещение» Ьо и «погодные условия» Ьпу и установлено, что 64% ДТП происходит в светлое время суток, 65% - при ясных погодных условиях. Разработаны математические модели, описывающие пара­метры, которые влияют на вероятность возникновения дорожно-транспортного происшествия. После обработки массива данных статистики дорожно­транспортных происшествий Белгородской области за 2014 - 2018 гг. для каждой переменной выбранных параметров определены числовые значения (весовые ко­эффициенты). Для переменной «возраст» Ьв максимальное значение составило 0,045, для переменной «стаж управления» Ьс - 0,047, для переменной «день не­дели» Ьдн - 0,021, для переменной «время суток» Ьвс - 0,036, для переменной «тип транспортного средства» Ьт - 0,1, для переменной «марка транспортного сред­ства» Ьм - 0,067.
4. В связи с тем, что в информации учета ДТП каждое происшествие фикси­руется с привязкой к географическим координатам, которые характеризуются долготой и широтой, усовершенствован метод выбора аварийных участков, осно­ванный на определении диапазона пространственных координат. При использо­вании предложенного метода пользователь получает определенный массив, ха­рактеризуемый диапазоном долготы и широты, по которому на основании обра­ботки большого массива данных о дорожно-транспортных происшествиях уста­новлена вероятность возникновения аварийной ситуации с детальным анализом каждого составляющего, оказывающего влияние на значение получаемой вероят­ности ДТП. Предлагаемый для модели дорожно-транспортного происшествия па­раметр «место ДТП» будет оцениваться с помощью системы координат (долгота и широта) по составляющим минут, что позволит определить участок в 1,8 км по ширине и в 1,18 км по длине. Установлено, что для Белгородской области по дол­готе (Х в системе координат GPS, а в системе полярных координат) аварийные участки распределяются от 350 до 390, а по широте (Y в системе координат GPS, ф в системе полярных координат) - от 490 до 510.
5. Разработана математическая модель оценки вероятности возникновения дорожно-транспортных происшествий на участке улично-дорожной сети или ав­томобильной дороги, который характеризуется предложенным параметром «ме­сто ДТП». Предложенная модель основана на использовании параметров, влияю­щих на совершение дорожных аварий («водитель», «транспортный поток», «транспортное средство», «внешние условия»), весовые значимости которых определяются путем предварительной обработки статистических данных о со­вершенных ДТП.
6. Для реализации процесса выбора мероприятий по обеспечению безопас­ности дорожного движения и снижения количества дорожно-транспортных про­исшествий предложен и обоснован алгоритм принятия решения с использованием нечеткой логики. Разработано программное обеспечение для поддержки принятия решений по повышению безопасности дорожного движения, которое может быть использовано органами исполнительной власти различных уровней.
7. Произведена экономическая оценка мероприятий по повышению без­опасности дорожного движения, проведенных с использованием результатов вы­полненных исследований на улично-дорожной сети города Белгорода. Годовой экономический эффект от снижения количества ДТП, погибших и раненых соста­вит 428 млн рублей. Произведена апробация результатов исследований в реаль­ных условиях на девяти участках улично-дорожной сети городов Белгородской области, на которых произошло снижение абсолютного количества учетных ДТП на 40%. По официальной статистике Управления ГИБДД УМВД России по Бел­городской области в 2018 г. по сравнению с 2017 г. в регионе произошло сниже­ние общего количества ДТП на 8,7%, количества погибших на 4,9%, количества раненых на 8,9%.

Результаты исследований представлены для реализации в 16-ти проектах по развитию дорожного хозяйства и транспортного комплекса Белгородской обла­сти.

В дальнейшем при использовании и разработке предложенных решений, для реализации основных направлений Стратегии безопасности дорожного дви­жения в Российской Федерации на 2018-2024 годы необходимо совершенство­вание методологии представления и обработки статистической информации о со­вершенных дорожно-транспортных происшествиях с учетом социально­экономического развития субъектов Российской Федерации и увеличения темпов автомобилизации.