

На правах рукописи



КАМБУР АЛИНА СЕРГЕЕВНА

**ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ
НА ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ В ГОРОДСКИХ
АГЛОМЕРАЦИЯХ**

Специальность 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Орел – 2025

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»

Научный руководитель: **Кущенко Лилия Евгеньевна**
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Евтюков Stanisлав Сергеевич**
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»
заведующий кафедрой транспортных систем и дорожно-мостового строительства

Кулев Андрей Владимирович
кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
доцент кафедры сервиса и ремонта машин

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Защита состоится «16» октября 2025г. в 14 ч. 30 мин. на заседании объединенного диссертационного совета 99.2.032.03 на базе ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» по адресу: 302030, г. Орел, ул. Московская, д. 77, ауд. 426.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева» (<http://oreluniver.ru>).

Автореферат разослан «___» _____ 2025 года. Объявление о защите диссертации и автореферат диссертации размещены в сети Интернет на официальном сайте ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» (<http://oreluniver.ru>) и на официальном сайте Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (<https://vak.minobrnauki.gov.ru>).

Отзывы на автореферат, заверенные печатью организации, в двух экземплярах направлять в диссертационный совет 99.2.032.03 по адресу: 302030, г. Орел, ул.Московская, д.77, тел.: +79606476660, e-mail: srmstu@mail.ru

Ученый секретарь
диссертационного совета,
канд. техн. наук, доцент

В.В. Васильева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Повышение безопасности движения пешеходов обуславливается высокими показателями смертности вследствие возникновения дорожно-транспортного происшествия (ДТП) с вышеуказанными участниками движения.

Данный вопрос является приоритетным направлением государственной политики и важным фактором обеспечения устойчивого социально-экономического и демографического развития страны согласно прогноза социально-экономического развития на период до 2030 года.

Тема «нулевой смертности» в результате ДТП соответствует установке Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 г. с последующим прогнозом до 2035 г.

Актуальность темы исследования определяется необходимостью повышения безопасности дорожного движения (БДД) и эффективности функционирования участков улично-дорожной сети, в частности пешеходных переходов (ПП) на основе комплекса мероприятий, способствующих минимизации вероятности возникновения ДТП, а, следовательно, снижения смертности на дорогах.

Степень ее разработанности. Наибольший вклад в изучение принципов и методов организации дорожного движения, обеспечения безопасности дорожного движения и управления транспортными и пешеходными потоками внесли такие отечественные и зарубежные ученые как М.Б. Афанасьев, В.Ф. Бабков, В.Н. Басков, С.Ю. Бригада, В.Е. Верейкин, В.М. Власов, А.Н. Воробьев, А.Э. Горев, С.В. Дорохин, С.А. Евтюков, С.С. Евтюков, Д.Б. Ефименко, С.В. Жанказиев, В.В. Зырянов, Г.И. Клиновштейн, В.И. Коноплянко, В.Г. Кочерга, Ю.А. Кременец, Е.В. Куракина, Л.Е. Кущенко, Г.Я. Маркелов, А.Ю. Михайлов, Д.Ю. Морозов, А.Н. Новиков, И.А. Новиков, М.П. Печерский, А.А. Поляков, И.Н. Пугачев, В.В. Сильянов, В.Н. Сытник, А.Г. Шевцова, С.П. Бейкер, Ф.В. Вебстер, А. Вильявесес, Д. Дрю, М.Л. Кларк, Т.М. Метсон, А.Д. Миллер, К. Тингвалл, В. Хэддон, Л. Эрикссон и др.

Анализ наездов на пешеходов, происходящих на нерегулируемых и регулируемых пешеходных переходах свидетельствует о высоком уровне аварийности.

Проведение полного статистического анализа ДТП с тяжкими последствиями и со смертельным исходом позволит выявить места концентрации ДТП, временные интервалы с наибольшим количеством ДТП, время года и другие факторы, оказывающие влияние на вероятность возникновения ДТП.

Развитие практико-ориентированных методик и методов повышения БДД таких участников дорожного движения как пешеходы, а также разработка

математических моделей с непосредственным обучением нейронной сети и теории нечеткой логики требует постановки и решения научной задачи.

Цель работы – повышение безопасности движения пешеходов на нерегулируемых и регулируемых пешеходных переходах.

Задачи исследования:

1. Провести анализ причин возникновения дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов, на основании которого установить взаимосвязь между количеством дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов и дорожными условиями, влияющими на возникновение дорожно-транспортных происшествий.

2. Разработать методику сбора данных о составе и характеристиках пешеходного потока перед регулируемым пешеходным переходом.

3. Выявить зависимость между количеством дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов и временным интервалом, в течение которого совершены данные дорожно-транспортные происшествия.

4. Разработать математическую модель управления движением пешеходного потока по регулируемому пешеходному переходу, базирующуюся на основе свода правил нечеткой логики.

5. Разработать систему повышения безопасности передвижения пешеходов по нерегулируемому пешеходному переходу для минимизации вероятности возникновения наезда на пешехода.

6. Произвести апробацию и осуществить экономическую оценку предложенных решений с точки зрения повышения безопасности дорожного движения.

Объект исследования – пешеходные потоки на нерегулируемом и регулируемом пешеходных переходах.

Предмет исследования – характеристики пешеходного потока при различных условиях движения.

Научная новизна исследования.

1. На основании статистических данных и сведений о дорожно-транспортных происшествиях, при которых они были совершены, установлена взаимосвязь между количеством наездов на пешеходов и дорожными условиями в городских агломерациях.

2. На основании теории вероятностей и математической статистики получены новые зависимости между количеством наездов на пешеходов и установленным временным интервалом, позволяющие выявить места повышенной аварийности, на которых необходимо проводить организационно-технические мероприятия.

3. Впервые разработана и апробирована математическая модель управления движением пешеходного потока по регулируемому пешеходному переходу, базирующаяся на основе свода правил нечеткой логики, позволяющих эффективно изменять длительность разрешающего сигнала светофорного регулирования, снижая задержки транспортных средств в пути.

Теоретическая значимость работы состоит в установлении зависимости между количеством дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов и дорожными условиями с детализацией факторов, влияющих на возникновение дорожно-транспортных происшествий; разработке методики сбора данных о составе и характеристиках пешеходного потока перед регулируемым пешеходным переходом; разработке математической модели управления движением пешеходного потока по регулируемому пешеходному переходу, базирующейся на основе свода правил нечеткой логики.

Практическая значимость работы заключается в разработке системы повышения безопасности передвижения пешеходов по нерегулируемому пешеходному переходу для минимизации вероятности возникновения наезда на пешехода за счет совокупности и совершенствования элементов технических средств организации дорожного движения и применении результатов исследования органами исполнительной власти и федеральными структурами на уровне субъекта, что подтверждено актами внедрения, выданными: муниципальным бюджетным учреждением «Управление Белгородоблагустройство» (МБУ «УБГБ»), Министерством автомобильных дорог и транспорта Белгородской области (МИНТРАНС Белгородской области), ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова».

Методология и методы исследования.

Теоретико-методологической основой исследования стали натурные наблюдения, методы обработки данных, полученные с помощью видеофиксации; методы статистической обработки информации; математическое и имитационное моделирование; нечеткая логика; нейронные сети; системный анализ полученных результатов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Взаимосвязь между количеством дорожно-транспортных происшествий и дорожными условиями в городской агломерации.
2. Методика сбора данных о составе и характеристиках пешеходного потока перед регулируемым пешеходным переходом.
3. Сформированная база правил системы нечеткого вывода входных $[a_1, a_2, a_3]$ и выходной $[a_4]$ лингвистических переменных, характеризующих параметры пешеходного потока, эффективно осуществляющая выбор команды для управления светофорным объектом.
4. Система повышения безопасности передвижения пешеходов по нерегулируемому пешеходному переходу, позволяющая снизить вероятность наезда на пешехода.
5. Апробация разработанных мероприятий с точки зрения повышения безопасности дорожного движения и оценка экономических показателей.

Степень достоверности и апробация результатов.

Основные положения и результаты исследования доложены, обсуждены и одобрены на Международных научно-практических конференциях и форумах с

2017 г. по н.в.: «Информационные технологии и инновации на транспорте» (Орёл, 2017 г., 2018 г., 2020-2025 гг.); «Образование. Наука. Производство» (Белгород, 2018-2024 гг.); «Организация и безопасность движения» (Тюмень, 2018 г., 2019 г.); «Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок и безопасности движения» (Саратов, 2020-2022 гг.); MATEC Web of Conferences The VII International Scientific and Practical Conference «Information Technologies and Management of Transport Systems», (ITMTS 2021); «Автоматизация и энергосбережение в машиностроении, энергетике и на транспорте» (Вологда, 2021 г.); «Проблемы национальной экономики в цифрах статистики» (Тамбов, 2021 г.); «Современные автомобильные материалы и технологии» (Курск, 2021-2023 гг.); «Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте» (Липецк, 2022 г.); «Актуальные проблемы развития транспортно-промышленного комплекса: инфраструктурный, управленческий и образовательный аспекты» (Донецк, 2022 г.); «Транспортные и транспортно-технологические системы» (Тюмень, 2022-2024 гг.); «Молодежь и транспорт. Настоящее и будущее» (Орёл, 2023 г., 2024 г.); «Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования» (Орёл, 2024 г.); «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах» (Санкт-Петербург 2024 г.).

Информационная база исследования.

Нормативно-правовые и законодательные акты, Постановления Правительства РФ, Транспортная стратегия РФ, Федеральные и региональные целевые программы развития транспортных систем, нормативные документы федеральных и региональных органов власти и управлений, статистические данные.

Публикации.

Основные положения диссертации опубликованы в научных трудах: 20 статьях, в том числе 8 в изданиях из перечня рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций, 3 в изданиях, включенных в зарубежные аналитические базы данных Web of Science и Scopus. Результатом проведения исследований являются опубликованные научные работы: 1 монография, 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем работы.

Диссертация включает в себя введение, четыре главы, заключение, библиографический список из 133 источников, 4 приложения. Диссертация изложена на 127 страницах, включает 16 таблиц, 59 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, раскрыты научная новизна, практическая ценность и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ современного состояния БДД, снижения аварийности, в котором рассмотрены имеющиеся методы, модели и мероприятия, позволяющие повысить безопасность движения пешеходов. Выявлено, что существующие методы не позволяют в полной мере на ПП заблаговременно информировать водителя о наличии пешехода в зоне нерегулируемого ПП. В связи с этим существует необходимость повышения безопасности движения участников дорожного движения (ДД) в регионах.

Исходя из Доклада Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) о состоянии БДД в мире за 2024 г., за период прошлого десятилетия с 2014 г. по 2024 г. количество смертей в результате ДТП снизилось на 5% до уровня 1,19 млн. случаев смерти в год. При более 40 – 50 млн случаев возникновения ДТП люди становятся инвалидами, что также негативно отражается на работоспособности и экономике страны в целом.

Аварийность на дорогах представляет собой постоянный глобальный кризис в области здравоохранения, а вероятность гибели пешеходов, велосипедистов и других уязвимых участников ДД остается высокой и постоянно увеличивается.

Проведен анализ статистических данных о количестве ДТП, в итоге установлено, что наезды на пешеходов занимают второе место после такого вида ДТП как столкновение (рис. 1).

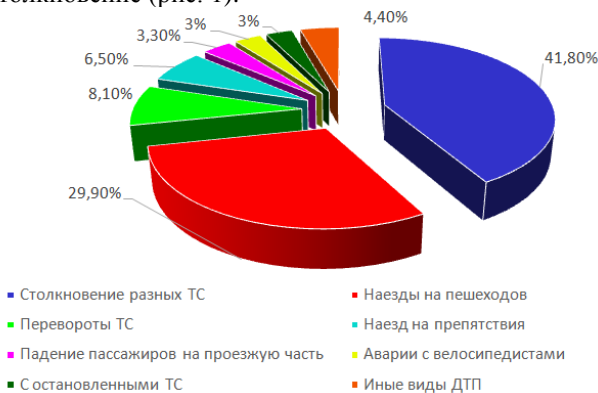


Рисунок 1 – Процентное соотношение видов ДТП

Детализированный анализ статистики ДТП указывает на следующие результаты с участием пешеходов в регионе за последние 5 лет, где наибольший процент занимают ДТП на нерегулируемом пешеходном переходе, а именно, более 55 % (рис. 2).

Изучено влияние компонентов системы «водитель-автомобиль-дорога-среда» на вероятность возникновения ДТП. Установлено, что такие показатели как вид транспортного средства, время суток, наличие освещения, погодно-климатические факторы, водительский стаж являются одними из основных при изучении причин возникновения ДТП с участием пешеходов.

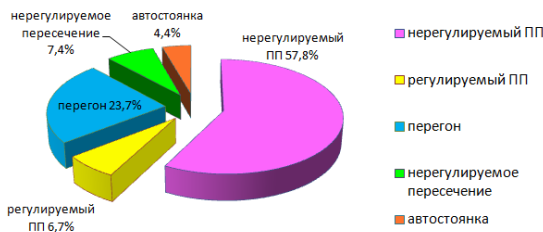


Рисунок 2 – Распределение ДТП с участием пешеходов в регионе

Проанализированы статистические показатели ДТП в Белгородской области. Установлено, что именно на дорогах Белгородской городской агломерации, протяженность которых составляет 5867,1 км совершено 528 ДТП, среди которых 498 ранено, 67 погибло. При этом в регионе на дорогах протяженностью 21,8 тыс. км – 939 ДТП, 856 ранено, 116 погибло (рис. 3).



Рисунок 3 – Показатели ДТП с наездами на пешеходов в Белгородской городской агломерации и Белгородской области

Для снижения уровня смертности на дорогах необходимо совершенствовать и разрабатывать методики и модели, направленные на повышение БДД. В Российской Федерации данной проблеме уделяют особое внимание, решение данного вопроса происходит поэтапно, о чем свидетельствует реализация федерально-целевых программ.

Определена необходимость детального исследования взаимосвязи между количеством ДТП и дорожными условиями с детализацией факторов, оказывающих влияние на вероятность возникновения ДТП. Для установления зависимости между вышеуказанными показателями предложено использовать теорию вероятностей и математической статистики для разработки системы организации дорожного движения на нерегулируемых ПП в городских агломерациях посредством оповещения водителей и пешеходов.

Во второй главе установлена взаимосвязь между количеством ДТП и дорожными условиями, за которые были приняты временной фактор, состояние погодных условий, состояние дорожного покрытия, наличие освещенности (табл. 1, рис. 5). Разработана методика сбора данных о составе и характеристиках пешеходного потока перед регулируемым ПП, а также установлена зависимость между количеством ДТП с участием пешеходов и временным интервалом, в течение которого совершены ДТП.

В течение 5 лет были проведены исследования на нерегулируемых и регулируемых ПП исследуемой территории. На рисунке 4 представлены ПП с самыми высокими показателями аварийности.

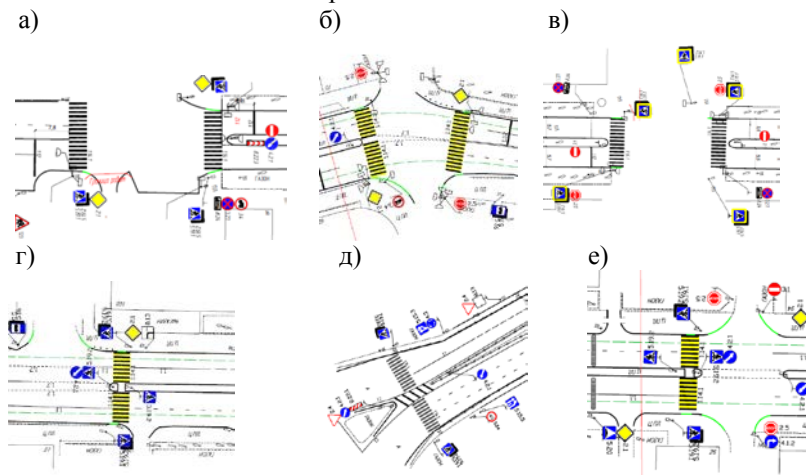


Рисунок 4 – Исследуемые ПП Белгородской городской агломерации:
а – ул. Сумская – ул. Декабристов (г. Белгород); б – ул. Волчанская – ул. Михайловское шоссе (г. Белгород); в – ул. Зеленая Поляна – ул. Парковая (п. Зеленая Поляна); г – ул. Королева – ул. Губкина (г. Белгород); д – ул. Корочанская – ул. Тепличная (п. Новосадовый); е – ул. Спортивная – ул. Олимпийская (с. Севрюково)

Установлено, что на данных ПП за последние 5 лет количество ДТП составило 62 случая, в которых 14 человек погибли, 59 человек получили ранения различной степени тяжести.

Таблица 1 – Пример обработки статистических данных на территории региона

Дата	Время	Вид ДТП	Место ДТП	Погодные условия	Состояние дорожного покрытия	Время суток
13.01.2020	19:05	Наезд на пешехода	НПП	Пасмурно	Сухое	В темное время суток, освещение включено
28.02.2020	07:50	Наезд на пешехода	РПП	Дождь	Мокрое	В темное время суток, освещение отсутствует
09.03.2020	17:21	Наезд на пешехода (1 погиб)	НПП	Ясно	Сухое	Светлое время суток
29.06.2020	10:10	Наезд на пешехода	Автостоянка	Ясно	Сухое	Светлое время суток
01.10.2020	06:45	Наезд на пешехода (1 погиб)	Остановка	Дождь	Мокрое	В темное время суток, освещение включено

Проведенный анализ статистических данных количества ДТП с участием пешеходов при различных дорожных условиях, а именно, в зависимости от времени года, погодных-климатических условий, состояния дорожного покрытия и наличия освещенности показал, что наибольшее количество ДТП, в частности

наезд на пешехода происходит в результате существующих дорожных условий, указанных ниже.

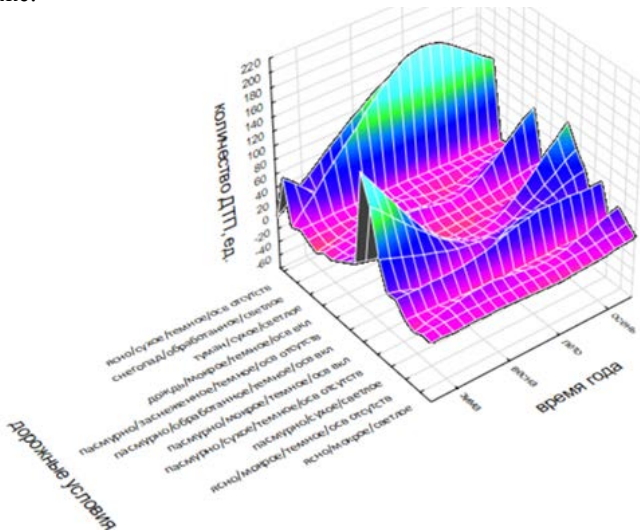


Рисунок 5 – Результаты обработки статистических данных количества ДТП в зависимости от дорожных условий в городской агломерации

При дорожных условиях «ясно – сухое – светлое» количество ДТП распределено данным образом: зимой (7,6%), весной (26,3%), летом (38,1%), осенью (28%); при условиях движения «ясно – сухое – темное – освещение включено»: зимой (18,7%), весной (17,3%), летом (22%), осенью (42%); при условиях движения «ясно – сухое – темное – освещение отсутствует»: зимой (19,6%), весной (17,3%), летом (22,3%), осенью (40,8%); при условиях движения «пасмурно – сухое – светлое»: зимой (16,5%), весной (19,7%), летом (30,9%), осенью (32,9%); при условиях движения «пасмурно – сухое – темное – освещение включено»: зимой (17,5%), весной (4,1%), летом (48,5%), осенью (29,9%); при условиях движения «пасмурно – сухое – темное – освещение отсутствует»: зимой (24,7%), весной (9,1%), летом (28,6%), осенью (37,6%); при условиях движения «пасмурно – мокрое – светлое»: зимой (45,2%), весной (20,2%), летом (9,6%), осенью (25%); при условиях движения «пасмурно – мокрое – темное – освещение включено»: зимой (57,5%), весной (10%), летом (1,9%), осенью (30,6%); при условиях движения «пасмурно – мокрое – темное – освещение отсутствует»: зимой (54,6%), весной (10,3%), летом (3,7%), осенью (31,4%); при условиях движения «дождь – мокрое – светлое»: зимой (12,5%), весной (20,8%), летом (11,5%), осенью (55,2%).

Таким образом, полученные результаты позволили установить, что наибольшее число наездов на пешеходов происходит при дорожных условиях «ясно – сухое – светлое» – летом, «пасмурно – мокрое – темное – освещение отсутствует» зимой, «пасмурно – мокрое – темное – освещение включено» –

зимой, «пасмурно – мокрое – светлое» зимой, «ясно – сухое – темное – освещение отсутствует» – осенью.

Совершенствование организации дорожного движения и повышение БДД на регулируемых ПП в городских агломерациях, возможно за счет разработанной методики сбора данных о составе и характеристиках пешеходного потока, базирующейся на основе распознавания лиц пешеходов с помощью предобученных нейронных сетей.

В связи с тем, что на регулируемых ПП, согласно, статистическим данным, имеются наезды на пешеходов, было принято решение по разработке вышеуказанной методики, способствующей выработке сигналов длительности светофорного регулирования с целью адаптивного управления не только пешеходными, но и транспортными потоками. Одной из регулярно используемых классических методик при расчете длительности светофорного цикла является методика Вебстера:

$$t_{Pi} = \frac{V_{пч}}{4 \cdot V_{пш}}, \quad (1)$$

где $V_{пч}$ - ширина проезжей части, пересекаемой пешеходами в i -ой фазе регулирования, м; $V_{пш}$ - расчетная скорость движения пешеходов (принимается 1,3 м/с).

В мире регулярно происходит модернизация существующих методик, методов и способов, направленных на эффективное управление в сфере организации дорожного движения и повышения БДД. Однако, в данном вопросе постоянно требуется совершенствование и разработка мероприятий, направленных на решение такого рода задач.

Основой методики является применение сверточной нейросети (Convolutional Neural Network - CNN), которая использует сверточные слои для извлечения локальных признаков из входных данных и уменьшения их размерности, а далее в работу включаются полносвязные слои для классификации или регрессии. Заключительным этапом при обучении модели `age_net` является определение диапазона возраста людей, отображенных на фото.

В методе `'gun'` происходит основная работа программы. Загружаются каскады Хаара для обнаружения лиц, открывается камера для работы с изображениями. Затем для каждого обнаруженного лица на фотографии изображения происходит определение возраста и пола с помощью нейронных сетей. Количество мужчин и женщин подсчитывается, а также вычисляется средний возраст. Результаты выводятся на изображение (рис. 6).

После чего происходит определение текущего статуса работы светофорного объекта. Если на изображении обнаружено более одного лица, то в зависимости от среднего возраста изменяется длительность цикла светофорного регулирования.

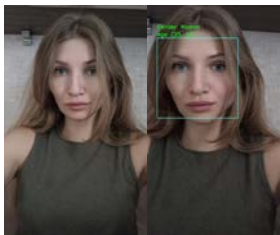


Рисунок 6 – Изображение до и после обработки его программой
Фрагмент кода программы, рассчитывающей длительность светофорного регулирования (рис. 7).

```
if num_faces > 1:
    avg_age = total_age / num_faces
    if 20 <= avg_age <= 45:
        self.red_duration = 15
        self.green_duration = 30
    elif avg_age < 20 or avg_age > 45:
        self.red_duration = 22
        self.green_duration = 23
else:
    self.red_duration = 20
    self.green_duration = 25
```

Рисунок 7 – Фрагмент кода программы расчета длительности
светофорного регулирования

Важным аспектом обучения модели `age_net` является предобработка данных. Для того, чтобы модель могла эффективно обучаться, изображения лиц должны быть нормализованы и приведены к одному размеру. Кроме того, необходимо учитывать возможные искажения в данных, такие как изменение освещения или повороты головы на изображении. Для этого используются различные методы аугментации данных, которые позволяют создавать новые обучающие примеры путем изменения яркости, контрастности, поворота и тому подобные способы (рис. 8).

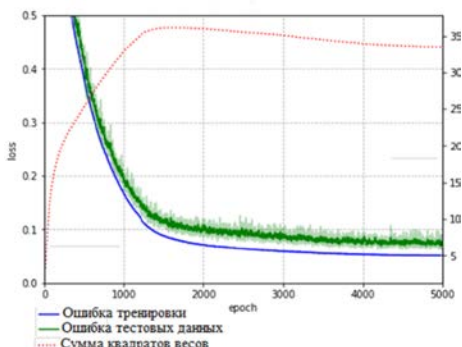


Рисунок 8 – График обучения сверточной нейронной сети `age_net`

На следующем этапе выполнено имитационное моделирование в специализированном программном продукте Aimsun (рис. 9).

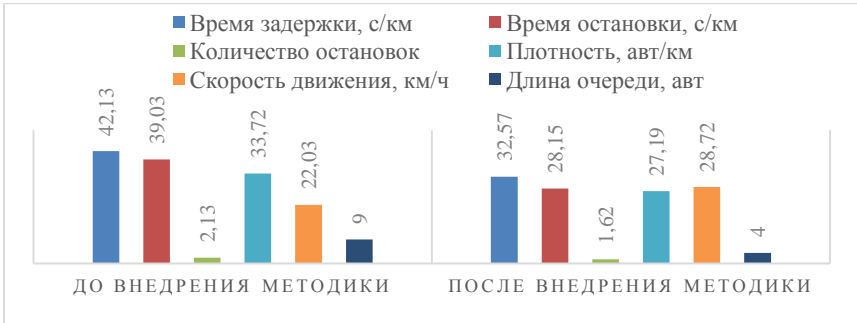


Рисунок 9 – Графическое изображение изменения характеристик при применении полученной методики

Разработанная методика сбора данных о количестве пешеходов, скапливающихся перед регулируемым ПП с использованием уточнений детализации состава пешеходного потока, а именно, мониторинга лиц с учетом предварительно обученных нейронных сетей (age_net и gender_net) для определения возраста и пола соответственно, позволяющая повысить пропускную способность дороги на 27,9% и снизить задержки нахождения транспортных средств и пассажиров в пути на 22,7%. Точность полученных результатов составила более 92%.

Далее установлены временные интервалы, в течение которых было совершено наибольшее число наездов на пешеходов, с целью внедрения организационно-технических мероприятий, направленных на повышение БДД на ПП. Решить данную задачу позволил вероятностный метод определения закономерностей, характеризующих случайные процессы в транспортном и пешеходном потоках.

Случайный процесс характеризует величина, представленная через $X(t)$. Математическое ожидание случайного процесса рассчитано по формуле:

$$M[X(t)] = m_x(t). \quad (2)$$

Итак, неслучайная функция времени $M[X(t)]$, которая относится к искомой, может быть получена данным образом: каждое значение времени посредством статистической обработки наблюдений случайных значений определило ожидание случайного процесса в виде функции времени. По аналогии рассчитаны значения дисперсии и стандартного отклонения. Эти величины являются неслучайными функциями времени и вычисляются для каждого момента времени на основании обработки наблюдений за значениями случайной величины, в которую превращается процесс при конкретном значении t .

Математическое ожидание определено, исходя из выражения:

$$m_x(t_k) = \sum_{i=1}^n x_i(t_k)/n. \quad (3)$$

Дисперсия для сечения t_k рассчитана как:

$$D_x(t_k) = \sum_{i=1}^n [x_i(t_k) - m_x(t_k)]^2 / (n - 1). \quad (4)$$

Корреляционный коэффициент для сечений t_k и t_t равен:

$$\rho_x(t_k, t_t) = \frac{\sum_{i=1}^n [x_i(t_k) - m_x(t_k)][x_i(t_t) - m_x(t_t)]}{(n-1)\delta_x(t_k)\delta_x(t_t)}, \quad (5)$$

$$(\varepsilon) = r\left(\frac{\delta_\eta}{\delta_\varepsilon}\right)(x - a) + b, \quad (6)$$

где a и δ_ε – математическое ожидание, стандартное отклонение величины ε ; b и δ_η – математическое ожидание, стандартное отклонение величины η .

В течение пяти лет проводилась фиксация данных по количеству пешеходов на исследуемых нерегулируемых ПП и регулируемых ПП, а также количество ДТП с наездами на пешеходов. В результате обработки полученных значений были установлены зависимости между количеством произошедших ДТП с участием пешеходов и временными интервалами (рис. 10).

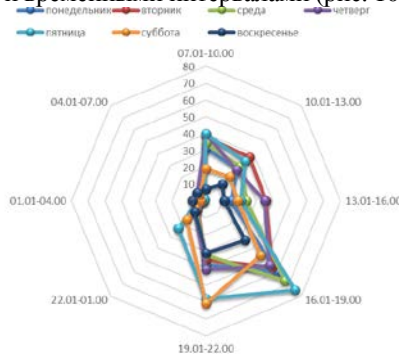


Рисунок 10 – График количества ДТП с участием пешеходов,

произошедших в установленные часы суток на территории агломерации

Требования при использовании методов, направленных на обработку статистических данных, регулярно совершенствуются и возрастают. Для установления влияния и взаимосвязи между количеством ДТП с участием пешеходов и временем суток на территории региона были изучены карточки учета ДТП и проведен анализ имеющихся данных.

С целью их проверки предложено использование непараметрического критерия χ^2 Пирсона:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_{\text{э}} - f_{\text{м}})^2}{f_{\text{м}}}, \quad (7)$$

где $f_{\text{э}}$ – эмпирическая частота, $f_{\text{м}}$ – теоретическая частота, k – количество разрядов признака.

Установлена сильная корреляционная связь между количеством ДТП и определенными часами суток. Выявлено, что в промежуток времени с 01.01 ч. до 04.00 ч. происходит наименьше количество происшествий – 27 случаев ДТП.

Итак, в промежуток времени с 16:01 ч. до 19:00 ч. установлено наибольшее количество наездов на пешеходов - 391 случай ДТП. В понедельник, среду, пятницу в вышеуказанный диапазон времени количество наездов на пешеходов составляет 60, 67, 75 случаев ДТП соответственно. В диапазон времени с 19:01 ч. до 22:00 ч. количество наездов на пешеходов составляет 296 случаев ДТП.

Таким образом, теоретически обоснованы и установлены зависимости между количеством наездов на пешеходов и установленными часами суток, подтвержденные полученными значениями критерия Пирсона. Коэффициент корреляции выше 0,99. Данный факт свидетельствует о статистически значимой зависимости между количеством ДТП и выявленными временными интервалами с наибольшим числом аварий.

В третьей главе получен комплекс разработанных мероприятий, которые включают в себя математическую модель управления движением пешеходного потока по регулируемому ПП, базирующуюся на основе свода правил нечеткой логики, систему повышения безопасности передвижения пешеходов по нерегулируемому ПП для минимизации вероятности возникновения наезда на пешехода, а также повышают БДД на ПП и снижают задержки транспортных средств, находящихся в пути перед регулируемым ПП.

При разработке математической модели управления движением пешеходного потока по регулируемому ПП, базирующейся на основе свода правил нечеткой логики, позволяющей эффективно управлять транспортными и пешеходными потоками перед регулируемыми ПП, были определены лингвистические переменные, три из которых входные и одна - выходная:

α_1 – количество людей, собирающихся в пешеходной зоне для осуществления перехода через пешеходный переход;

α_2 – темп изменения количества людей, собирающихся на красный сигнал светофора для пешеходов;

α_3 – ширина проезжей части дороги;

α_4 – время зеленого сигнала для пешеходного светофора.

Для каждой лингвистической переменной были определены термы и функции принадлежности (ФП). Для первой лингвистической переменной α_1 из статистических данных определен диапазон $\Delta \alpha_1 = [0; 36]$. Для описания переменной α_1 введено пять ФП, равномерно распределенных по всему диапазону изменения.

Для описания переменной α_1 введено пять ФП, равномерно распределенных по всему диапазону изменения:

– VS (Very Small) – «очень малое» [0; 0; 2; 9];

– S (Small) – «малое» [0; 9; 18];

– M (Medium) – «среднее» [9; 18; 27];

– B (Big) – «большое» [18; 27; 36];

– VB (Very Big) – «очень большое» [27; 34; 36; 36].

Построение ФП для второй входной переменной α_2 проведен расчет количества пешеходов и изменения его темпа. Результаты измерений получены на основании анализа статистических данных. Темп изменения количества пешеходов, собирающихся на красный сигнал светофора для пешеходов определен с помощью:

$$\frac{dn}{dt} = \frac{n_{\text{конеч}} - n_{\text{нач}}}{\Delta t}, \quad (8)$$

где $n_{\text{конеч}}$ – количество людей в конечный момент времени,

$n_{\text{нач}}$ – количество людей в предыдущий момент времени, $\Delta t = 1$ мин – диапазон измерения количества пешеходов.

Область значений лингвистической переменной $\Delta \alpha_2$ (темп изменения количества людей, собирающихся на красный сигнал светофора для пешеходов) разделена на пять диапазонов. Каждому из них присвоена качественная характеристика (терма) (рис. 11):

- NB (Negative Big) – «отрицательное большое» [-20; -20; -16; -8];
- NS (Negative Small) – «отрицательное малое» [-16; -8; 0];
- Z (Zero) – «нулевое» [-8; 0; 8];
- PS (Positive Small) – «положительное малое» [0; 8; 16];
- PB (Positive Big) – «положительное большое» [8; 16; 20; 20].

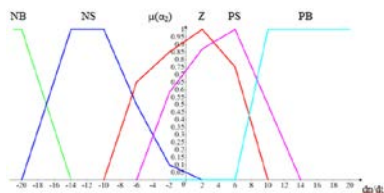


Рисунок 11 – ФП лингвистической переменной α_2

Для характеристики переменной $\Delta \alpha_3$ (ширина проезжей части дороги, и одна выходная лингвистическая переменная) диапазон изменения показателя составляет от 7 до 30. С учетом этого область значений лингвистической переменной α_3 лежит в интервале [7; 30]. Для описания лингвистической переменной α_3 введены пять ФП, распределенных по всему диапазону значений переменной:

- VS (Very Small) – «очень малое» [7; 7; 8; 12,75];
- S (Small) – «малое» [7; 12,75; 18,5];
- M (Medium) – «среднее» [12,75; 18,5; 24,25];
- B (Big) – «большое» [18,5; 24,25; 30];
- VB (Very Big) «очень большое» [24,25; 29; 30; 30].

Исходя из условий формирования управляющих сигналов светофорного объекта на основании статистических данных, принят диапазон значений выходной лингвистической переменной $\Delta \alpha_4$ (время зеленого сигнала светофорного регулирования для пешеходов), составляющий от 16 до 44 секунд. Для описания переменной α_4 введены 5 ФП, равномерно распределенных по всему диапазону изменения:

- VS (Very Small) – «очень малое» [16; 16; 17; 23];
- S (Small) – «малое» [16; 23; 30];
- M (Medium) – «среднее» [23; 30; 37];
- B (Big) – «большое» [30; 37; 44];
- VB (Very Big) – «очень большое» [37; 43; 44; 44].

На рисунке 12 представлены ФП для входных и выходной лингвистической переменной.

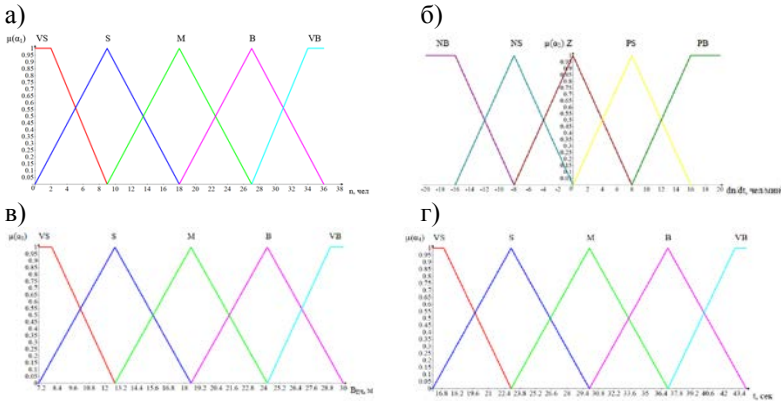


Рисунок 12 – ФП для лингвистических переменных: а) α_1 ; б) α_2 ; в) α_3 ; г) α_4

Для выработки управляющих сигналов светофорного регулирования составлены 80 правил нечеткой продукции на основе статистических данных, полученных в результате измерений и табличных значений о ширине проезжей части (ГОСТ-Р 52399-2022 «Автомобильные дороги общего пользования. Геометрические элементы. Геометрические требования», «СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*»).

Для наглядного примера приведены пять характерных правил нечеткого вывода:

1. ЕСЛИ $\alpha_1 = VS$ И $\alpha_2 = Z$ И $\alpha_3 = PS$, ТО $\alpha_4 = S$;
2. ЕСЛИ $\alpha_1 = PS$ И $\alpha_2 = NB$ И $\alpha_3 = PM$, ТО $\alpha_4 = S$;
3. ЕСЛИ $\alpha_1 = PB$ И $\alpha_2 = NB$ И $\alpha_3 = B$, ТО $\alpha_4 = M$;
4. ЕСЛИ $\alpha_1 = VB$ И $\alpha_2 = PM$ И $\alpha_3 = B$, ТО $\alpha_4 = B$;
5. ЕСЛИ $\alpha_1 = VB$ И $\alpha_2 = PB$ И $\alpha_3 = PB$, ТО $\alpha_4 = NB$.

Разработанная модель управления движением пешеходного потока базируется на алгоритме Мамдани. Для реализации системы нечеткого вывода применялся пакет *Fuzzy Logic Toolbox* программной среды *Matlab*.

Пример расчета полученного сигнала управления длительностью светофорного цикла на основании нечеткого вывода выглядит следующим образом: $\alpha_1 = 27$ – количество пешеходов; $\alpha_2 = 16$ – темп изменения количества пешеходов, скапливающихся на запрещающий сигнал свидетельствует о различном характере; $\alpha_3 = 22,5$ – ширина проезжей части дороги. В результате процесса нечеткого вывода получено значение $\alpha_4 = 37$ – время разрешающего сигнала светофорного регулирования для пешеходного светофора.

Визуализация поверхности нечеткого вывода управления движением пешеходного потока показана на рисунке 13.

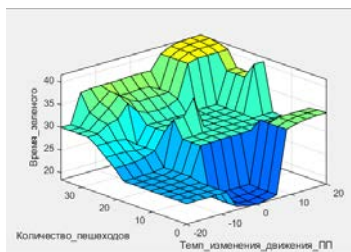


Рисунок 13 – Визуализация поверхности нечеткого вывода для разработанной модели управления светофором для пешеходного потока

Представленная на рисунке 13 поверхность нечеткого вывода позволяет установить зависимость значения выходной переменной α_4 от значений входных переменных α_1 , α_2 и α_3 нечеткой модели управления движением пешеходного потока. На основании полученной зависимости имеется возможность программировать контроллер, а также реализовывать соответствующий нечеткий алгоритм управления светофорным объектом для пешеходного потока.

В ходе апробации данной модели установлено, что задержки транспортных средств в пути снизятся на 20,6 % и абсолютное значение количества снизится на 33,3 %. Данные представлены на рисунке 14.

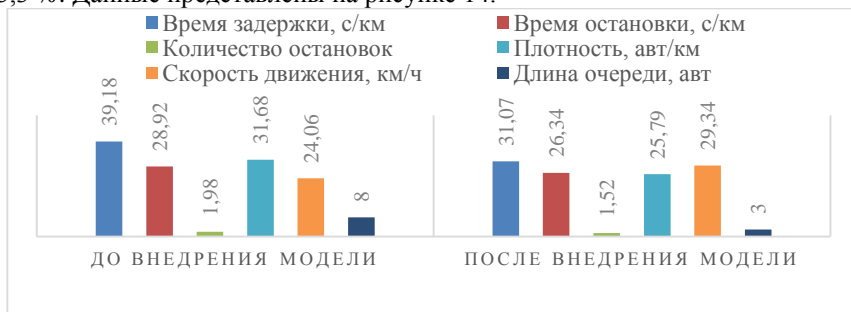


Рисунок 14 – Графическое изображение изменения характеристик транспортного потока до и после внедрения модели

Для снижения смертности на дорогах разработана система повышения безопасности передвижения пешеходов по нерегулируемому ПП для минимизации вероятности наезда на пешехода.

Совокупность технических результатов позволяет решить задачу безопасности передвижения пешеходов с учетом возможности своевременного информирования водителя с целью предотвращения наезда на пешехода, посредством взаимного заблаговременного одновременного информирования не только водителей, но и пешеходов о возможности движения или полной остановки (рис. 15).



Рисунок 15 – Визуализация впервые разработанной системы повышения безопасности передвижения пешеходов по нерегулируемому ПП:

а) устройство оповещения участников ДД

Использование системы повышения безопасности передвижения пешеходов по нерегулируемому ПП позволяет повысить эффективность и информативность управления движением на нерегулируемом ПП, что повышает уровень БДД за счет снижения количества ДТП с участием пешеходов. Кроме того, обеспечивается снижение экономических расходов и потерь за счет экономии электроэнергии, а также отсутствия необходимости установки светофорного объекта.

В четвертой главе выполнена оценка практической реализации разработанных научных решений с целью определения эффективности функционирования режимов работы светофорного регулирования за счет расчета экономических показателей.

Разработанные мероприятия, направленные на совершенствование организации дорожного движения и повышение безопасности движения пешеходного и транспортного потоков, посредством адаптивного управления режимами работы светофорного объекта, позволили достигнуть снижения задержек транспортных средств, скапливающихся перед регулируемым ПП, а, следовательно, увеличение пропускной способности дороги участков улично-дорожной сети в регионах.

Эффективность движения транспорта перед регулируемыми ПП определена величиной задержки автомобиля с помощью программы имитационного моделирования Transyt – 7 FR. Установлено, что при реализации полученных результатов, представленных в диссертационной работе, задержка транспортных средств снижается в среднем на 11,2%.

По формуле рассчитан годовой экономический эффект для регулируемых ПП:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = \mathcal{E}_{\text{мон}} \cdot C_{\text{АИ-92}} \cdot K_n \cdot D, \quad (9)$$

где $\mathcal{E}_{\text{мон}}$ – экономия топлива, литр/час; $C_{\text{АИ-92}}$ – стоимость 1л бензина марки АИ-92, руб (55,25 руб.); K_n – коэффициент неравномерности ТП 0,1...0,36; D – количество дней в году.

Экономический эффект от предложенных мероприятий на регулируемых ПП составил 689, 78 тыс. рублей. В свою очередь, после проведения расчетов технико-экономических показателей при внедрении созданной системы

управления движением на нерегулируемых ПП интегральный экономический эффект на третий год составит более 58 млн. рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе выполненных исследований изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в область организации дорожного движения, а также повышения безопасности дорожного движения на пешеходных переходах и развитие страны в целом.

Основные результаты исследования заключаются в следующем:

1. Проведен анализ состояния аварийности на мировом, федеральном и региональном уровнях с учетом инфраструктуры городской агломерации. Выявлено, что Белгородская городская агломерация занимает практически одну треть всего региона: включает в себя дороги различного значения, протяженность которых составляет 451 км (федерального), 1,8 тыс. км (регионального) и 3,6 тыс. км (муниципального). Статистика ДТП указывает на следующие результаты с участием пешеходов в городской агломерации за последние 5 лет совершено 526 ДТП, 498 ранено, 67 погибло. Около 30% из всех видов ДТП занимают наезды на пешеходов, при этом более 55% совершены на нерегулируемых пешеходных переходах, а около 7% на регулируемых.

В результате детального изучения каждого совершенного ДТП на территории Белгородской городской агломерации была установлена взаимосвязь между количеством ДТП с участием пешеходов и дорожными условиями «состояние погодных условий - состояние дорожного покрытия – время суток с учетом наличия/отсутствия освещения». По итогу исследования выявлено, что наибольшее количество наездов на пешехода происходит при следующих дорожных условиях: «ясно – сухое – светлое» – летом (38,1%), «пасмурно – мокрое – темное – освещение отсутствует» зимой (54,6%), «пасмурно – мокрое – темное – освещение включено» – зимой (57,5%), «пасмурно – мокрое – светлое» зимой (45,2%), «ясно – сухое – темное – освещение отсутствует» – осенью (40,8%).

2. Разработана методика сбора данных о количестве пешеходов, скапливающихся перед регулируемым пешеходным переходом с использованием уточнений детализации состава пешеходного потока, а именно, мониторинга лиц с учетом предварительно обученных нейронных сетей (age_net и gender_net) для определения возраста и пола соответственно, позволяющая повысить пропускную способность дороги на 27,9% и снизить задержки нахождения транспортных средств и пассажиров в пути на 22,7%. Точность полученных результатов составила более 92%.

3. Выявлены зависимости между количеством наездов на пешеходов и установленными часами суток, подтвержденные полученными значениями критерия Пирсона. Коэффициент корреляции выше 0,99. Данный факт

свидетельствует о статистически значимой зависимости между количеством ДТП с участием пешеходов и выявленными временными интервалами с наибольшим числом аварий. Установлено, что наибольшее количество наездов на пешеходов происходит с 16.01 ч. до 19.00 ч., наименьшее – с 01.01 ч. до 04.00 ч.

4. Разработана математическая модель управления движением пешеходного потока по регулируемому пешеходному переходу, базирующаяся на нечеткой логике. Данная модель позволяет изменять длительность разрешающего сигнала светофорного регулирования за счет выбора управленческого решения созданной базы правил, имеющей в своем составе 80 правил нечеткой продукции. Приняты три входных лингвистических переменных: «количество людей, собирающихся в пешеходной зоне для осуществления перехода через пешеходный переход», находящаяся в диапазоне $\Delta\alpha_1 = [0; 36]$; «темп изменения количества людей, собирающихся на красный сигнал светофора для пешеходов» – $\Delta\alpha_2 = [-20; 20]$; «ширина проезжей части дороги» – $\Delta\alpha_3 = [7; 30]$, образующих входной вектор $\alpha = [\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3]$, и одна выходная лингвистическая переменная «время зеленого сигнала для пешеходного светофора», имеющая диапазон $\Delta\alpha_4 = [16; 44]$.

Результат расчета одного из сигналов управления движением пешеходного потока на основании нечеткого вывода выглядит следующим образом: $\alpha_1 = 27$ – количество людей, собирающихся в пешеходной зоне для осуществления перехода через пешеходный переход, чел; $\alpha_2 = 16$ – темп изменения количества людей, собирающихся на красный сигнал светофора для пешеходов; $\alpha_3 = 22,5$ – ширина проезжей части дороги, м. В результате процесса нечеткого вывода получили, что $\alpha_4 = 37$ – время зеленого сигнала для пешеходного светофора, с. В ходе апробации данной модели установлено, что задержки нахождения транспортных средств в пути снизятся на 20,6% и абсолютное значение количества ДТП снизится на 33,3%.

5. Разработана система повышения безопасности передвижения пешеходов по нерегулируемому ПП, способствующая снижению вероятности наезда на пешехода за счет совокупности и совершенствования элементов технических средств организации дорожного движения, а именно, применения дорожного знака «Пешеходный переход» и вызывного информационного табло со световыми индикациями красного и зеленого цвета, информирующих водителей и пешеходов о наличии или отсутствии возможности движения, при этом количество наездов на пешеходов уменьшится более чем на 95%.

6. Проведена апробация разработанных мероприятий с точки зрения улучшения организации дорожного движения и повышения БДД в городской агломерации. Годовая экономия от предложенных мероприятий составила 689, 78 тыс. рублей, а интегральный экономический эффект на третий год составит более 58 млн. рублей.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы

Полученные теоретические и экспериментальные результаты позволяют сформулировать перспективы дальнейшей разработки темы, которая заключается в применении методики, математической модели, и системы безопасности передвижения пешеходов для повышения БДД в городских агломерациях.

Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных журналов для опубликования основных научных результатов диссертаций (ВАК)

1. Бобешко, А.С. Моделирование транспортных потоков на основе нечеткой логики / А.С. Бобешко, Л.Е. Кущенко, С.В. Кущенко, И.А. Новиков // Мир транспорта и технологических машин. – 2017. – № 4. – С. 89–98 (0,87 п.л./0,67 п.л.)

2. Бобешко, А.С. Комплексная оценка и анализ показателей дорожно-транспортных происшествий на примере регионов Черноземья / А.С. Бобешко, Л.Е. Кущенко, С.В. Кущенко, И.А. Новиков // Мир транспорта и технологических машин. – 2018. – № 4. – С. 62–68 (0,6 п.л./0,45 п.л.)

3. Камбур, А.С. Совершенствование организации дорожного движения посредством применения интеллектуальных транспортных систем / Л.Е. Кущенко, А.С. Камбур, А.А. Пехов // Мир транспорта и технологических машин. 2021. № 3 (74). – С. 46-54 (1,05 п.л./0,85 п.л.)

4. Камбур, А.С. Статистический анализ вероятности возникновения дорожно-транспортных происшествий на основе данных интеллектуальных транспортных систем Белгородской агломерации / Л.Е. Кущенко, Е.А. Новописный, А.Н. Новиков, А.С. Камбур // Вестник гражданских инженеров. 2022. № 2 (85). – С. 222-232 (1,28 п.л./0,85 п.л.)

5. Камбур, А.С. Использование интеллектуальных транспортных систем для повышения качества организации дорожного движения / Л.Е. Кущенко, Е.А. Новописный, И.А. Новиков, А.С. Камбур // Мир транспорта и технологических машин. 2022. № 2 (73). – С. 83-91 (1,05 п.л./0,85 п.л.)

6. Камбур, А.С. Разработка методики определения рационального выбора длительности разрешающего сигнала светофорного регулирования на основании нейронной сети / Л.Е. Кущенко, С.В. Кущенко, А.С. Камбур, И.А. Улинец // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – №3-1(82). – С. 108-114 (0,81 п.л./0,61 п.л.)

7. Камбур, А.С. Особенности анализа аварийности с участием пешеходов на территории Белгородской области / Л.Е. Кущенко, А.С. Камбур // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – №4. – С. 70-75 (0,7 п.л./0,4 п.л.)

8. Камбур, А.С. Повышение безопасности дорожного движения на нерегулируемых пешеходных переходах / Л.Е. Кущенко, А.С. Камбур, С.В. Кущенко // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – №3-1(86). – С. 75-83 (0,7 п.л./0,4 п.л.)

Публикации в изданиях, входящих в базы Scopus и Web of Science

9. Kambur, A. Improving traffic management through the use of intelligent transport systems / L. Kushchenko, A. Kambur, I. Novikov / MATEC Web of Conferences The VII International Scientific and Practical Conference «Information Technologies and Management of Transport Systems», 2021, 00044, pp.1-7 (0,81 п.л./0,61 п.л.)

10. Kambur, A. The use of information technology «Auto –Intellect» to improve the quality of traffic management / L. Kushchenko, S. Kushchenko, A. Novikov, A. Kambur // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2021, pp.1-5 (0,58 п.л./0,4 п.л.)

11. Kambur, A. The analyzing of personal and public transport traffic flows in Belgorod agglomeration / L. Kushchenko, S. Kushchenko, I. Novikov, A. Kambur // Journal of Applied Engineering Science pp.700-706 (0,81 п.л./0,61 п.л.)

Программы для ЭВМ, имеющие государственную регистрацию

12. Камбур А.С., Кущенко Л.Е., Кущенко С.В. Программа управления временем разрешающего сигнала светофорного регулирования для пешеходного потока: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024687692 от 20.11.2024.

13. Камбур А.С., Кущенко Л.Е., Кущенко С.В., Смоленский И.В., Королева Л.А., Улинец И.А. Программа расчета длительности разрешающего сигнала светофорного регулирования для пешеходов посредством определения характеристик пешеходного потока с использованием нейронной сети: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025661016 от 05.05.2025 г.

Монографии

14. Камбур, А.С. Особенности процесса торможения автомобиля при производстве дорожно-транспортной экспертизы / Л.Е. Кущенко, Д.А. Лазарев, И.А. Новиков, А.С. Камбур – Белгород: Изд-во БГТУ, 2023. – 86 с. (5 п.л./1,3 п.л.)

Публикации в других изданиях

15. Камбур, А.С. Мировой опыт развития интеллектуальных транспортных систем / Кущенко Л.Е., Камбур А.С., Демченко А.А. // Наука и образование: актуальные вопросы теории и практики, Курск, 2021, с. 50-54 (0,29 п.л./0,1 п.л.)

16. Камбур, А.С. Достижение устойчивого развития транспортных систем в городах России: проблемы и пути решения / Кущенко Л.Е., Кущенко С.В., Камбур А.С., Одинцов Д.В. // Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок, безопасности движения и эксплуатации транспортных средств, Саратов, 2021, с. 112-117 (0,34 п.л./0,1 п.л.)

17. Камбур, А.С. Применение интеллектуальных транспортных систем с целью повышения экономического эффекта от предложенных мероприятий / Кущенко Л.Е., Камбур А.С., Гузнородова К.Е. // Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых, Липецк, 2021, с.111-116 (0,35 п.л./0,25 п.л.)

18. Камбур, А.С. Достижение косвенного экономического эффекта дорожного движения при использовании интеллектуальных транспортных

систем / Камбур А.С., Кущенко Л.Е. // Проблемы национальной экономики в цифрах статистики, Тамбов, 2021, с. 134-141 (0,7 п.л./0,4 п.л.)

19. Камбур, А.С. Способ повышения безопасности движения пешеходов / Кущенко Л.Е., Малышев А.А., Камбур А.С. // Автоматизация и энергосбережение в машиностроении, энергетике и на транспорте, Вологда, 2021, с. 312-318 (0,81 п.л./0,61 п.л.)

20. Камбур, А.С. Совершенствование информационного обеспечения участников дорожного движения с помощью комплекса ИТС /Л.Е. Кущенко, А.С. Камбур, С.В. Кущенко, Н.А. Загородний // Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте, сборник статей международной научно-практической конференции, Липецк, 2022, с. 72-77 (0,34 п.л./0,1 п.л.)

21. Камбур, А.С. Элементы, входящие в состав комплекса интеллектуальной транспортной системы / А.С. Камбур, Л.Е. Кущенко, К.Е. Гузнорова // Международная научно-техническая конференция «Транспортные и транспортно-технологические системы», Тюмень, 2022, с. 79-87 (0,35 п.л./0,25 п.л.)

22. Камбур, А.С. Проведение сравнительного анализа движения транспортных потоков при въезде в город с применением ИТС за период до и во время пандемии / Л.Е. Кущенко, А.С. Камбур, К.Е. Гузнорова // XVII Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок, безопасности движения и эксплуатации транспортных средств», Саратов, 2022. с.80-85 (0,29 п.л./0,15 п.л.).

23. Камбур, А.С. Выявление видов нарушения ПДД с помощью ИТС / Кущенко Л.Е., Камбур А.С., Кущенко С.В., Воля А.П. // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук «Эффективные материалы, технологии, машины и оборудование для строительства современных транспортных сооружений. Организация и безопасность движения» Белгород, 2022 с. 102-105 (0,81 п.л./0,61 п.л.)

Камбур Алина Сергеевна

Повышение безопасности дорожного движения на пешеходных переходах
в городских агломерациях

усл. печ. л. 2,0

Тираж 100

Формат 60×84/16

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете
им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.