

На правах рукописи

金子明

ЦЗИНЬ ЦЗЫМИН

**МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДОРОЖНОГО
ДВИЖЕНИЯ В КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКЕ**

Специальность 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Орёл – 2026

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

**Научный
руководитель:**

Зырянов Владимир Васильевич,
доктор технических наук, профессор

**Официальные
оппоненты:**

Ильина Ирина Евгеньевна
доктор технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный
университет», профессор кафедры «Технический
сервис машин»;

Загидуллин Римиль Равильевич

кандидат технических наук, доцент,
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский)
федеральный университет», доцент кафедры
конструктивно-дизайнерского проектирования;

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

Защита состоится «23» апреля 2026г. в 14ч.00мин. 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 «___» _____ 2026 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.gisnauka.ru/adverts-list/advert>).

*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.: +7960 6476660, e-mail: srmostu@mail.ru*

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

В.В. Васильева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования.

В Китайской Народной Республике достигнуты существенные успехи в управлении безопасностью дорожного движения (БДД), включая применение интеллектуальных систем управления дорожным движением. Такие экономически развитые города, как Шанхай, Шэньчжэнь и Чунцин, внедрив технологии больших данных, искусственного интеллекта и другие решения, повысили эффективность управления дорожным движением. Однако по сравнению со странами, поставившими целью достижение показателей «Vision Zero», меры Китая в сфере БДД всё ещё имеют существенный разрыв. Программа «Vision Zero» подчёркивает важность комплексных мер, включающих технологии, законодательство, проектирование дорог и просветительскую работу с населением, с целью вовлечения всего общества для достижения задачи «Zero Deaths, Zero Injuries». Практика показывает, что полагаться исключительно на технологии недостаточно для полного решения проблем в сфере БДД. В то же время управление БДД в Китае по-прежнему в большей степени основывается на локальной оптимизации технических средств.

В связи с этим, в рамках «Национального плана по обеспечению безопасности дорожного движения на 2020–2025 годы», включённого в положения «14-й пятилетки», Китай поставил перед собой задачу модернизации механизма управления БДД. Среди приоритетных направлений обозначены: активизация участия общественных и частных структур, углубление межведомственного взаимодействия, организация эффективного обмена данными между участниками транспортной системы, расширение спектра превентивных и оперативных мероприятий, а также повышение уровня правового регулирования.

Современные вызовы требуют разработки системы поддержки принятия решений в области БДД, способной обеспечить участие различных социальных групп и ориентированной на долгосрочную комплексную безопасность. Это, в свою очередь, предполагает необходимость глубокого анализа многофакторных взаимосвязей, определяющих уровень БДД в городах КНР. Кроме того, необходимо формирование единой информационной платформы, интегрирующей разнородные потоки больших данных, поддерживающей их обработку в реальном времени, прогнозирование и адаптивное реагирование на потенциальные угрозы. При этом важно, чтобы система обеспечивала эффективную обратную связь с подразделениями дорожной полиции и способствовала оперативному принятию корректирующих решений.

Степень разработанности темы исследования

Проблема обеспечения БДД и оптимизации транспортных потоков является объектом активных научных исследований на международном уровне. Российские ученые, такие как Бабков В.Ф., Блинкин М.Я., Горев А.Э., Власов В.М., Донченко В.В., Дорохин С.В., Евтюков С.А., Жанказиев С.В., Зырянов В.В., Клинковштейн Г.И., Клявин В.Э., Кравченко П.А., Новиков А.Н., Новиков И.А., Пугачев И.Н., Рассоха В.И., Сильянов В.В., Трофименко Ю.В. внесли значительный вклад в развитие данной научной области. Китайские специалисты,

включая профессора Цзяна Мина, докторов Хэ Жана и Хэ Чуана, а также профессора Лю Бина также имеют существенные достижения в исследовании безопасности дорожного движения.

Результаты данных исследований формируют теоретическую основу для разработки новых методологических подходов к обеспечению БДД и оптимизации управления транспортными потоками. Современные научные исследования не только углубляют понимание принципов организации БДД, но и создают доказательную базу для разработки эффективных транспортных стратегий. Внедрение инновационных решений и стратегических разработок способствует существенному снижению аварийности, оптимизации условий дорожного движения и устойчивому развитию урбанизированных территорий.

Целью исследования является повышение уровня управления безопасностью дорожного движения в городах Китайской Народной Республики

Задачи исследования:

- выполнить сравнительный анализ систем управления дорожным движением в различных странах, установить различия в подходах КНР с другими странами, обосновать основные направления совершенствования методов управления безопасностью дорожного движения;

- провести сбор и первичную обработку статистических данных о дорожно-транспортных происшествиях в г. Цзинань (КНР), обосновать применение математических методов для конкретных задач анализа и прогнозирования показателей безопасности дорожного движения;

- на основе экспериментальных данных создать многофакторную модель, описывающую взаимосвязи между факторами, характеризующими дорожно-транспортные происшествия;

- разработать структуру и формализовать содержание деятельности системы поддержки принятия решений по управлению безопасностью дорожного движения.

Объект исследования: дорожно-транспортные происшествия.

Предмет исследования: факторы, оказывающие влияние на дорожно-транспортные происшествия.

Гипотеза исследования: применение разработанных теоретических и методических положений позволит обеспечить принятие решений по обеспечению безопасности дорожного движения соответствующих реальной ситуации.

Научная новизна исследования:

- усовершенствованы методы управления безопасностью дорожного движения, основанные на комплексном многомерном анализе данных, преодолевающие ограничения практики КНР, ориентированной преимущественно на технические средства контроля;

- систематизированы и классифицированы недостатки исходных данных о ДТП, а также научно обосновано применение интеллектуальных методов анализа данных, что создает методическую базу для повышения достоверности анализа дорожно-транспортных происшествий;

- на основании факторного анализа доказано существование

интегрированных факторов, включающих совокупность показателей безопасности движения, характеризующих дорожные условия, поведение водителя, транспортную нагрузку, получены статистически достоверные факторные модели системного анализа показателей аварийности;

- разработаны структура и функционал системы поддержки принятия решений по управлению безопасностью дорожного движения как комбинированной системы, управляемой знаниями и моделями обеспечивающая постоянную адаптацию к изменяющимся условиям и новым ситуациям.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке научных положений совершенствования управления безопасностью дорожного движения на основе методов взвешенного интегрирования признаков при анализе показателей ДТП, рекомендаций по применению математических методов оценки уровня аварийности, факторного анализа показателей безопасности дорожного движения и методики создания системы поддержки принятия решений.

Практическая значимость работы заключается в разработке методики создания системы поддержки принятия решений в сфере обеспечения БДД. Полученные результаты нашли применение при решении актуальных задач организации и безопасности дорожного движения в городском округе Цзинань (КНР), что подтверждает их практическую ценность и эффективность предложенных решений.

Методы исследования: методы исследования включают в себя сбор экспериментальных данных, комплексные теоретические и эмпирические методы анализа, обработку статистических данных о ДТП, применение методов многомерного анализа.

Положения, выносимые на защиту:

- метод управления БДД, направленный на устранение фрагментации экспериментальных проектов в данной области на территории КНР. Метод решает проблему изолированности данных и преодолевает чрезмерную зависимость малых и средних городов от традиционных систем мониторинга, которые не учитывают антропогенные факторы дорожной безопасности.

- корреляционные зависимости между параметрами, характеризующими ДТП, а также доказана эффективность использования факторного анализа для выявления скрытых закономерностей, объясняющих вариативность изучаемых показателей.

- результаты факторного анализа совокупности показателей, влияющих на ДТП, и факторная модель с выделением двух интегрированных факторов, характеризующих уровень водительской квалификации, поведение участников движения, дорожные условия и транспортную нагрузку;

- система поддержки принятия решений по управлению безопасностью дорожного движения как комбинированная система, основанная на знаниях и моделях с описанием ее структуры и функционала.

Степень достоверности и апробация результатов: Основные научные положения и результаты диссертационного исследования прошли апробацию на ряде международных научных мероприятий: IX Международной научно-

практической конференции "Информационные технологии и инновации на транспорте" (Орёл, 2023), Международном научном форуме "Наука и инновации - современные концепции" (Москва, 2023), IV Международной конференции "Устойчивое и инновационное развитие в цифровом глобальном пространстве" (Ростов-на-Дону, 2024), Международной конференции по интеллектуальному транспорту и умным городам "ICITSC 2024" (Ухань, Китай, 2024), X Международной научно-практической конференции "Информационные технологии и инновации на транспорте" (Орёл, 2024), Международной научно-практической конференции "Интеллектуальные транспортные системы в дорожном комплексе" (Ростов-на-Дону, 2024).

Личный вклад автора. Все научные результаты, представленные в данной работе, были получены автором самостоятельно в рамках проведенного исследования.

Соответствие диссертационной работы паспорту специальности.

Выполненные исследования соответствуют формуле паспорта научной специальности 2.9.5 – Эксплуатация автомобильного транспорта по пунктам: 6. Обеспечение экологической и дорожной безопасности автотранспортного комплекса; совершенствование методов автодорожной и экологической экспертизы, методов экологического мониторинга автотранспортных потоков; 9. Исследования в области безопасности движения с учетом технического состояния автомобиля, дорожной сети, организации движения автомобилей, качеств водителей; проведение дорожно-транспортной экспертизы, разработка мероприятий по снижению аварийности.

Публикации. Результаты диссертационного исследования опубликованы в десяти научных статьях, общий объем которых составляет 4,9 печатных листов. Среди них 3 статьи размещены в ведущих рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 4 статьи в изданиях, индексируемых в международных базах Scopus и Web of Science.

Структура и объем диссертации. Диссертационное исследование структурно включает введение, четыре содержательные главы, заключение с обобщением основных результатов и выводов. Общий объем работы составляет 156 страниц, включая 22 таблицы и 30 рисунков. Библиографический раздел содержит 103 источника научной литературы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность работы, излагаются цели исследования, научная новизна и практическая ценность, а также основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Анализ современных тенденций обеспечения безопасности дорожного движения» приведены основные данные об изменении ситуации с обеспечением безопасности дорожного движения в КНР, сравнение политики борьбы с дорожно-транспортной аварийности в КНР и других странах. КНР в сфере управления безопасностью дорожного движения сталкивается со следующими структурными проблемами и вызовами:

– резкий рост числа автомобилей и существенное отставание инфраструктуры: в последние 10 лет число водителей увеличилось на 53 % (до 550 млн человек), автомобилей до 460 миллионов, в сельских районах нехватка дорожных средств безопасности достигает 40 %;

– проблемы фрагментации в системе управления дорожной безопасностью: органы общественной безопасности осуществляют 92% управленческих полномочий, в то время как участие муниципальных и региональных исполнительных органов на более низком уровне, вклад коммерческого сектора ограничивается преимущественно поставками технического оборудования. При этом отсутствуют четко регламентированные механизмы возложения ответственности за проектные недостатки дорожной инфраструктуры;

– дисбаланс системы оценки дорожной безопасности из-за чрезмерного акцента на количественных показателях («число выявленных нарушений» — 420 млн ежегодно, «охват дорог оборудованием» — 98 % в таких городах, как Пекин, Шанхай, Гуанчжоу и Шэньчжэнь), при недостаточном внимании к реализации системного подхода;

- научное обеспечение мероприятий по обеспечению безопасности дорожного движения является недостаточным, что приводит к неспособности заблаговременно устранить угрозы безопасности дорожного движения.

Таким образом, возникает необходимость в создании новой системы поддержки принятия решений по управлению БДД, использующей системную дисциплинарную базу данных, обеспечивающей оперативность, взаимодействие, предотвращение ДТП и реагирование на чрезвычайные ситуации с долгосрочными и комплексными целями.

Во второй главе «Оценка факторов влияющих на безопасность дорожного движения» рассмотрены сравнительные показатели безопасности дорожного движения как для нескольких провинций, так и для детально по городу Цзинань для научного анализа. Сравнительные показатели приведены для провинций со значительным диапазоном в численности населения от 38 млн чел в провинции Гуйчжоу до 126 млн чел. в провинции Гуандун. Данные показывают, что в регионах с населением более 100 млн чел. социальный риск значительно ниже, т.е. хотя полагается, что социальный риск характеризует уровень безопасности вне зависимости от числа жителей на самом деле существует смещение, вызванное этим показателем. Поэтому на основании анализа отчетных данных была получена следующая зависимость со значимым коэффициентом корреляции $r_k = 0,951$:

$$S_r = 0,014 * p + 2,784 * kl - 0,0169 * p * kl, \quad (1)$$

где p – население региона, млн чел.;

kl – число погибших в ДТП за год, тыс. чел.;

S_r – социальный индекс.

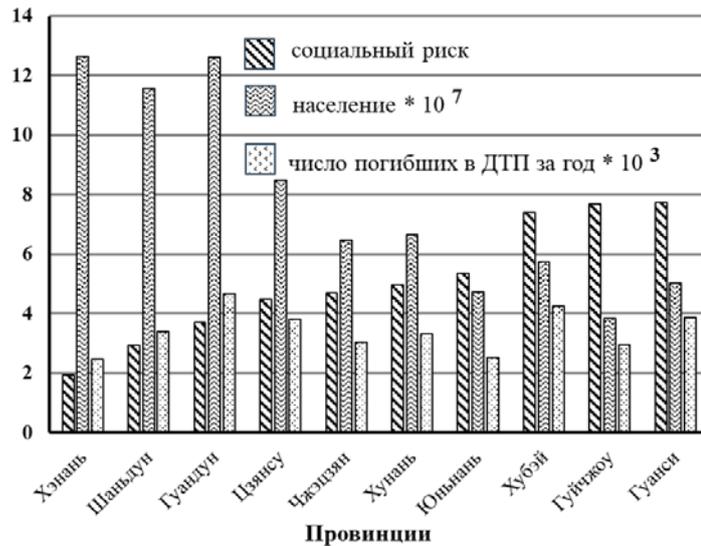


Рис. 1 – Показатели аварийности в некоторых провинциях КНР

Выполнен детальный анализ статистических данных о 7221 ДТП, зарегистрированных на территории городского округа Цзинань провинции Шаньдун (КНР). Исследование охватывает широкий спектр факторов, включая аспекты, связанные с поведением участников дорожного движения, транспортные средства, инфраструктурные параметры автомобильных дорог и условия окружающей среды. Аналитическая выборка включает 31 параметр, характеризующий временные и пространственные аспекты ДТП, метеорологические условия, уровень видимости, причины возникновения аварий и особенности освещения, факторы человеческого поведения, влияющие на аварийность. В диссертации анализировались также такие факторы, влияющие на ДТП и не учитываемые в России, как уровень образования водителей, время начала и окончания осмотра места ДТП. Основная задача исследования заключается в выявлении многофакторных детерминант, определяющих уровень безопасности дорожного движения.

Анализ данных выявил четкую зависимость между стажем вождения и частотой ДТП.

Рис. 2 - Частота совершения ДТП в зависимости от стажа вождения

Наибольшее количество ДТП (1650 случаев) зафиксировано среди водителей с нулевым стажем и лиц, не имеющих водительского удостоверения, что обусловлено недостаточным уровнем подготовки и слабым пониманием принципов безопасного вождения. Вторую по опасности группу составляют водители со стажем управления транспортным средством от 7 до 9 лет (в среднем 407 случаев ежегодно), для которых характерна парадоксальная комбинация сформировавшихся навыков вождения с недооценкой потенциальных рисков.

Впервые выявлены существенные различия в уровне аварийности в зависимости от образования водителей. Лица с начальным и средним образованием стали виновниками 69,67% всех ДТП. Основные нарушения в данной группе включают: отвлечение внимания (использование мобильных устройств во время движения), несоблюдение правил приоритета проезда (969 случаев) и управление транспортным средством в состоянии алкогольного опьянения (308 случаев), что свидетельствует о недостаточном усвоении правил дорожного движения этой категорией участников дорожного движения. Данные дисперсионного анализа для 15 факторов, влияющих на ДТП, подтверждают статистически достоверное различие причин ДТП (табл. 1).

Табл. 1 – Результаты дисперсионного анализа для оценки различий для 15 видов нарушений ПДД при ДТП

Изменчивость	Средний квадрат	Число степеней свободы	Квадрат ошибки	Критерий Фишера
Между выборками для водителей с начальным, средним образованием и высшим образованием	1594283	15	106285,5	2,28969
Между видами нарушений ПДД при ДТП для данных категорий водителей	462769,2	1	462769,2	9,969352
Взаимодействие	696287,8	15	46419,19	

Сравнение расчетного критерия Фишера с табличным для соответствующего числа степеней свободы показывает на существенные различия. Таким образом, имеется статистически достоверное доказательство различий в поведении водителей в зависимости от уровня образования.

Гендерно-возрастной анализ показал, что мужчины становятся участниками 86,06% ДТП, причем наиболее высокая аварийность наблюдается среди водителей в возрасте 20-30 лет, что объясняется склонностью к рискованному поведению и случаями управления автомобилем в нетрезвом состоянии.

Проведенный анализ статистических данных выявил существенные различия в характере ДТП в зависимости от типа транспортных средств. За трехлетний период легковые автомобили стали участниками 2357 ДТП, что составляет 32,6% от общего количества происшествий. Данный показатель обусловлен значительным увеличением числа личных автомобилей и возникновением заторов в городских зонах, что, в свою очередь, приводит к

столкновениям и боковым авариям.

Мототранспортные средства также демонстрируют высокую аварийность, за три года зарегистрировано 1787 случая ДТП. Рост числа аварий с участием мотоциклов коррелирует с развитием курьерских служб. Основные причины таких происшествий связаны с отсутствием защитных шлемов у водителей и резкими маневрами при выполнении перестроений.

Анализ данных выявил существенное влияние метеорологических условий на характеристики ДТП; наибольшая частота наблюдается в ясную погоду (0,51 случая в час), однако наиболее тяжелые последствия характерны для аварий, происходящих при неблагоприятных погодных условиях. Особый интерес представляют сезонные колебания аварийности: в период государственных праздников количество ДТП увеличивается на 126%, что обусловлено комплексом факторов, включая массовые междугородние поездки, усталость водителей, превышение установленной скорости движения, недостаточное знание маршрутов, случаи управления транспортными средствами в состоянии алкогольного опьянения.

В третьей главе «Применение факторного анализа в изучении ДТП» показаны возможные области применения различных математических методов для анализа ДТП и получены модели факторного анализа.

Анализ данных о ДТП обычно базируется на полицейских отчетах, включающих детали происшествий, погодные и дорожные условия. Несмотря на возможную неполноту сведений и неточность оценки травм, интеграция этих данных с дорожной и метеорологической информацией позволяет выявить скрытые взаимосвязи и факторы риска. Однако необходимо корректное применение математических методов, основные свойства которых были рассмотрены в диссертации:

- многомерный регрессионный анализ позволяет предсказывать категориальные исходы, подходит для причинно-следственного анализа и обработки категориальных переменных, но не выявляет латентные связи между переменными, не способствует снижению размерности данных;

- кластерный анализ обеспечивает группировку данных на основе сходства между параметрами без необходимости предварительного задания кластеров, выявляет естественное распределение данных, но не предоставляет непосредственной информации о латентной структуре между переменными;

- анализ временных рядов используется для предсказания данных, зависящих от времени, выявляя тенденции и периодичность временных рядов, но требует данных за значительный период времени с сопоставимой методикой регистрации;

- случайный лес обеспечивает классификацию и предсказания, может обрабатывать большое количество признаков и устойчив к пропущенным данным, в основном можно использовать для прогнозирования;

- анализ нейронных сетей подходит для сложных проблем и больших наборов данных может выявлять сложные структуры и связи обычно требует больших объемов данных, при этом модель имеет низкую интерпретируемость и высокие вычислительные затраты;

- факторный анализ позволяет эффективно решать задачи сокращения размерности данных и выявлять скрытые взаимосвязи между переменными. Данный методологический подход позволяет идентифицировать и систематизировать основные факторы, оказывающие существенное влияние на уровень БДД.

В рамках настоящего исследования в качестве ключевого аналитического инструмента был выбран факторный анализ, что обусловлено его способностью эффективно решать задачи сокращения размерности данных и выявлять скрытые взаимосвязи между переменными. Исследование сфокусировано на комплексном анализе таких параметров, как профессиональный стаж водителей, модели их поведения, технические характеристики транспортных средств, воздействие метеорологических условий на состояние дорожного покрытия, а также влияние праздничных периодов на аварийность. Применение статистических методов оценки позволило не только определить индивидуальный вклад каждого из рассматриваемых факторов, но и проанализировать характер их взаимодействия и взаимного влияния.

Для реализации факторного анализа был предварительно проведен комплекс подготовительных процедур обработки данных. Указанные процедуры включали удаление пропущенных значений, исключение статистических выбросов и стандартизацию кодировки переменных. На этом этапе в качестве основного инструмента анализа использовался программный пакет STATISTICA 10, в котором был применен метод главных компонент (Principal Component Analysis, PCA), позволяющий выявить скрытую факторную структуру исследуемых данных.

Для оценки адекватности выборки и применимости факторного анализа были выполнены расчеты критерия Кайзера-Мейера-Олкина (КМО) и проведен тест сферичности Бартлетта. Полученные результаты (значение КМО = 0,729 и статистически значимое р-значение теста Бартлетта <0,001) свидетельствуют о соответствии данных требованиям факторного анализа и обоснованности его применения для решения поставленных исследовательских задач.

Факторный анализ является статистическим методом, который позволяет изучать скрытые взаимосвязи между переменными, выявляя неочевидные факторы за множеством наблюдаемых переменных и тем самым уменьшая их количество. В контексте анализа ДТП этот метод применяется для определения ключевых факторов, характеризующих ДТП, обеспечивая более глубокое понимание для их предотвращения и управления безопасностью.

По терминологии факторного анализа реальные входные данные называются переменными, а выявленные гипотетические показатели – факторами. Таким образом на входе имеем матрицу переменных $Y=(y_{ij})$ размерностью (4879x20) из 5000 ДТП с 20 показателями для каждого ДТП. Переменные характеризуют ДТП - последствия ДТП, тип, дорожные условия, организацию дорожного движения, водителей, технические характеристики транспортных средств, метеоусловия. Особенности статистики ДТП в КНР позволили включить в состав переменных уровень образования водителей.

Поскольку переменные имеют разную размерность было произведено их

нормирование по следующей формуле:

$$z_{ij} = \frac{y_{ij} - \bar{y}_i}{\sigma_i}, \quad (2)$$

где y - переменная;

σ - стандартное отклонение всей выборки данной переменной;

i - индекс переменной, характеризующий ДТП, $i=1,2,\dots,m$;

j - индекс ДТП, $j=1,2,\dots,n$

Из матрицы нормированных значений вычисляется корреляционная матрица:

$$R = \frac{1}{n-1} ZZ' , \quad (3)$$

где R - корреляционная матрица;

Z - матрица нормированных значений переменных;

Z' - транспонированная матрица

Оценка общности на основе квадрата коэффициента множественной корреляции каждой переменной приведена в табл. 2.

Табл. 2 – Общности переменных

Название переменной	Квадрат коэффициента множественной корреляции
Поведение водителя	0,834078
Дорожные условия	0,740111
Периоды пиковых нагрузок	0,646199
Транспортное средство	0,712295
Стаж вождения	0,641095

Высокие значения оценок общности указывают на наличие общих факторов, которые влияют на каждую из переменных. Дальнейшая задача состоит в нахождении этих факторов на основе изучения дисперсии каждой переменной с разделением ее на общую дисперсию, объяснимую общими для данных переменных факторами, и специфическую дисперсию, которая зависит от самой переменной.

Табл. 3 – Распределение дисперсии по факторам

Номер фактора	Объяснимая дисперсия	Доля к общей дисперсии	Накопленное значение
1	3,372	0,674	0,674
2	1,023	0,205	0,879
3	0,323	0,065	0,944
4	0,173	0,035	0,979
5	0,108	0,021	1,000

По правилам факторного анализа значимыми являются факторы с вкладами больше единицы, поэтому в данном выделяются два фактора.

Для создания такой структуры факторных нагрузок, когда каждая из переменных определяется, в основном, влиянием какого-либо одного фактора была применена процедура вращения по методу VARIMAX (табл. 4).

Таблица 4 – Значения факторных нагрузок

Название переменной	Значения факторных нагрузок	
	Фактор 1	Фактор 2
Поведение водителя	0,408	0,873
Дорожные условия	0,906	0,277
Периоды пиковых нагрузок	0,924	0,148
Транспортное средство	0,555	0,700
Стаж вождения	0,044	0,945

Содержательная интерпретация факторов производится на основе анализа распределения долей единичной дисперсии переменных (рис. 3).

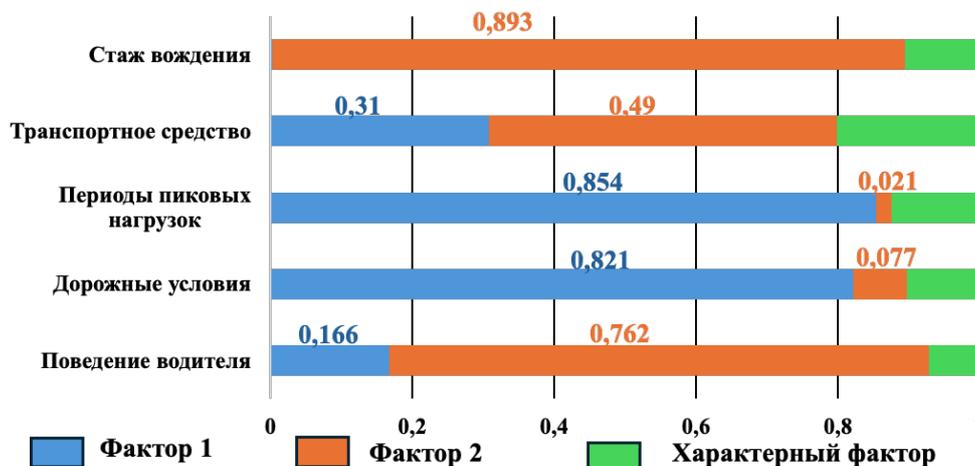


Рис. 3 – Распределение долей единичных дисперсий по переменным

Таким образом, первый фактор объясняет 44,884% дисперсии, второй - 43,019%, при этом в совокупности оба фактора объясняют 87,903% общей дисперсии. Одним из определяющих преимуществ факторного анализа является то, что полученные факторы являются независимыми и это позволяет анализировать различные ситуации фиксируя один из факторов и изменяя другой, получая при этом качественно иную ситуацию. Исходя из распределения долей единичных дисперсий первый фактор можно назвать фактором дорожных условий, а второй – фактором водителя.

Факторная модель имеет следующий вид:

$$F_1 = 0,0053bd + 0,4807rc + 0,5276h + 0,1334v - 0,3028s \quad (4)$$

$$F_2 = 0,3901bd - 0,1401rc - 0,2236h + 0,2441v + 0,6041s \quad (5)$$

В четвертой главе «Исследование и применение управленческих решений в области БДД на основе анализа ДТП» рассмотрены вопросы управления безопасностью дорожного движения.

Необходимость в развитии систем поддержки принятия решений по управлению безопасностью дорожного движения (СППР БД) обусловлена недостаточным объемом и доступностью информации на системном уровне, типичным и в некоторой степени ограниченным набором мер по снижению ДТП,

запаздыванием с принятием решений. Это ясно видно из «пирамиды безопасности» что большинство данных представляют нормальные условия и конфликтные ситуации, но эти данные остаются вне рамок анализа.

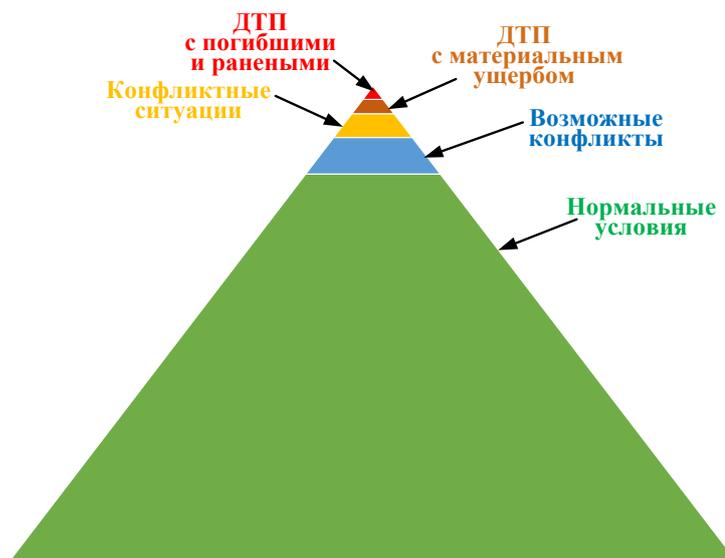


Рис. 4 – Пирамида безопасности

С учетом постоянного усложнения условий дорожного движения СППР БД должна строиться как комбинированная система, управляемая знаниями и моделями, поскольку в этом случае обеспечивается постоянная адаптация к изменяющимся условиям. Основанные на знаниях и моделях СППР БД, содержат знания в области обеспечения безопасности дорожного движения и по дорожному движению в целом, моделей обработки информации и дорожного движения, предоставляя специалистам соответствующие примеры, правила, методики. Для целенаправленного использования этой информации база знаний должна удовлетворять следующим требованиям:

- семантическая целостность в общей системе знаний;
- непротиворечивость, полнота и непрерывность знаний;
- целевое предоставление знаний специалистам в соответствии с содержанием запросов;
- моделирование процессов дорожного движения.

Предложенная СППР БД представляет собой комплексную платформу, объединяющую современные информационные технологии и методы управления для обеспечения научно обоснованного принятия решений, направленных на повышение уровня дорожной безопасности. В рамках диссертационного исследования особое внимание уделено ключевому структурному элементу системы - специализированной базе данных по безопасности дорожного движения. В работе детально описаны механизмы сбора, хранения, обработки и аналитического использования информации, касающейся различных аспектов дорожной безопасности, что обеспечивает эффективную аналитическую обработку данных и оперативный доступ к релевантной информации.

Структура СППР БД включает подсистемы внутренней и внешней

информации, прогнозно-аналитическую платформу, подсистему принятия решения (рис. 5).

Рис. 5 – Структура системы поддержки принятия решений по управлению безопасностью дорожного движения

Подсистема внутренней информации состоит из следующих компонентов:

- классификатор объектов СППР БД - участники дорожного движения, транспортная инфраструктура, транспортные средства, система управления безопасностью движения. Является целевой структурой, связывающей факторы риска каждого объекта с совокупностью соответствующих им показателями и мероприятиями;

- база знаний по проблемам обеспечения безопасности дорожного движения - интеграция результатов исследований с целью выявления и устранения противоречий для повышения надежности выводов на системном уровне;

- база данных ДТП, взаимосвязей между факторами риска, мероприятиями и эффективностью;

- модуль оценки эффективности мероприятий и рисков;

- варианты реагирования.

Подсистема внешней информации базируется как на данных органов управления безопасностью дорожного движения, так и на данных интеллектуальной транспортной системы. Основными источниками данных на административном уровне являются Министерство общественной безопасности и его территориальные подразделения, Министерство транспорта КНР, региональные департаменты транспорта, подразделения дорожной полиции. На функциональном уровне наиболее надежным источником информации является интеллектуальная транспортная система и, прежде всего, подсистемы мониторинга параметров транспортных потоков, светофорного управления, видеонаблюдения, детектирования ДТП и ЧС, управления инцидентами, интеграционная платформа.

Прогнозно-аналитическая платформа включает подсистему организации потоков данных, подсистему моделирования и прогнозирования, подсистему формирования сценариев, подсистему оценки качества решения.

Подсистема организации потоков данных обеспечивает формирование целевых запросов к данным, автоматический поиск аналогичных ситуаций и решений в том числе по неполным данным. Основными функциями являются:

- обеспечение проведения обработки и анализа данных внешних источников информации в потоковом режиме для работы в реальном режиме времени используя также возможность обращения к архивным данным;

- вариативность способов идентификации и принятия запросов, а также автоматическое обновление данных в соответствии с принятой классификацией временной интеграции данных;

- возможность использования данных вновь появившихся источников информации;

- объединение результатов различных исследований и практических кейсов при формировании ответа на запрос для повышения достоверности ответа на запрос;

- применение методов интеллектуального анализа данных для выявления и объяснения различий в результатах однотипных ситуаций с предоставлением возможных источников различий.

Подсистема моделирования и прогнозирования функционирует на основе следующих моделей:

- модели выявления дорожно-транспортных происшествий и инцидентов. Для сокращения времени обнаружения ДТП и инцидентов необходимо кроме явного способа обнаружения инцидента по результатам видеонаблюдения оператором иметь математические модели, которые могут оценивать ситуацию по совокупности параметров транспортного потока и других источников информации. Множественность источников информации необходима для снижения числа ложных срабатываний;

- операционные модели оптимального ресурсного обеспечения действий при ДТП и инцидентах включающие перечень необходимых служб и их зон ответственности, организационные, технические и кадровые ресурсы. Такие модели определяют стратегию действий с учетом сложности ситуации и имеющихся ограничений. Наряду с готовыми ситуационными решениями большое значение имеют модельные решения для конкретной ситуации;

- модели планирования времени для возвращения к нормальным условиям движения. Эти модели являются комплексными, используют входные данные моделей ресурсного обеспечения, модели прогнозирования изменения характеристик транспортных потоков;

- модели динамического перераспределения транспортных потоков, изменения маршрутов общественного транспорта, ограничения доступа в зону ДТП, изменения схем организации дорожного движения и параметров светофорного управления.

СППР БД необходимо тестировать для проверки логики выбора и оценки качества решений в реальных ситуациях именно поэтому в структуру СППР БД включена подсистема оценки качества решений. Для этого должны быть созданы тестовые примеры на основе реальных инцидентов с возможностью генерировать новые ситуации с использованием комбинации входных параметров, генерируемых случайным образом. Формируется выбор показателей для анализа ситуации, набор планов реагирования на инциденты и ДТП, логические схемы для составления дерева решений, описание условий координации действий всех организаций, принимающих участие в устранении последствий инцидентов. При этом происходит не только тестирование СППР БД, но также пополняется база данных ДТП, взаимосвязей между факторами риска, мероприятиями и эффективностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании сравнительного анализа основных мировых тенденций реализации транспортной политики в сфере обеспечения безопасности дорожного движения «Концепция нулевой смертности», «Устойчивая безопасность», «Подход к созданию безопасной системы» с особенностями деятельности по БДД в КНР установлено, что наряду со снижением числа погибших в ДТП высокие темпы роста автомобильного парка и продолжающаяся урбанизация создают новые вызовы, которые требуют постоянной адаптации

управленческих стратегий по всей логической цепи которые исследованы в диссертации начиная с анализа ДТП до систем поддержки принятия решений по безопасности дорожного движения.

2. Применение интеллектуальных методов анализа исходных данных о ДТП для исключения нерелевантных, дублированных и ошибочных данных позволило устранить 5% ошибочных данных и сократить с 86 до 31 дублирующие друг друга в официальной отчетности факторы ДТП. Это является методическую базой для повышения достоверности анализа дорожно-транспортных происшествий. По результатам дисперсионного анализа доказано влияние уровня образования водителей на причины ДТП, сочетание совокупности технических средств на уровень аварийности.

3. Результаты факторного анализа позволили выявить систему взаимосвязей между показателями ДТП, перевести множество первичных показателей (4879 ДТП с 20 показателями для каждого ДТП), характеризующих ДТП в два значимых фактора, объясняющих практически на 90% (87,9%) общую дисперсию данных показателей. Доказана эффективность факторного анализа для идентификации скрытых закономерностей, определяющих вариативность исследуемых показателей. Полученные факторные модели для обобщенных факторов дорожных условий и водителя обеспечивают достоверную оценку изменения аварийности по этим обобщенным факторам и показателям, связанным с дорожными условиями, водителями, транспортными средствами, транспортной нагрузкой.

4. Разработанная структура и функции системы поддержки принятия решений по обеспечению безопасности дорожного движения как комбинированной системы управляемой знаниями и моделями, включающей подсистемы внутренней и внешней информации, прогнозно-аналитическую платформу, подсистему принятия решений обеспечивает целевое предоставление знаний и методов по безопасности дорожного движения адаптированных к реальной ситуации для эффективных действий специалистов без запаздывания в условиях неполной информации.

5. В рамках исследования была разработана комплексная система поддержки принятия управленческих решений в области БДД. Система включает создание интегрированной базы данных, объединяющей динамическую и статическую информацию, что способствует эффективному обмену данными и вовлечению общественности в процесс управления. Данная система предоставляет сотрудникам дорожной полиции научно обоснованную базу для принятия превентивных мер по предотвращению ДТП, оперативного реагирования на аварийные ситуации и разработки стратегических решений в сфере дорожной безопасности. Результаты диссертационной работы в части системного анализа ДТП и методических рекомендаций по СППР БД приняты к внедрению в дорожной полиции г. Цзинань, Шаньдунском научно-исследовательском институте транспортного проектирования «Чжэнцзюй».

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

1. Цзинь, Ц. Применение анализа данных в обеспечении безопасности дорожного движения в Китайской народной республике / Ц. Цзинь // Мир транспорта и технологических машин. № 3-4 (82), 2023. С. 90-97.
2. Цзинь, Ц. Определение ключевых факторов, влияющих на дорожно-транспортные происшествия: применение факторного анализа / Ц. Цзинь, В.В. Зырянов // Мир транспорта и технологических машин, № 3-2 (86), 2024. С. 82-88.
3. Цзинь, Ц. Анализ системы управления дорожным движением в КНР / Ц. Цзинь // Транспорт Урала, № 3 (82), 2024. С. 96-100.

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

4. Wei T, Jin Z, Zhu T, et al. Effects of IVIS touchscreen operation tasks on driver's mental workload based on explainable CatBoost algorithm[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 2025: 09544070251330416.
5. Haiyan Jiang, Yijia Li, Ziming Jin, Vladimir Zyryanov. Digital traffic state analysis for urban regions considering complex multi-directional flow changes[J]. Ain Shams Engineering Journal, Volume15, Issue12,2024, 103124, ISSN2090-4479, <https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.103124>.
6. Ziming Jin; Analysis of the severity of road traffic safety accidents based on the random forest model. AIP Conf. Proc. 17 June 2025; 3276 (1): 040010. <https://doi.org/10.1063/5.0262433>
7. JING H JIN Z. Multi-directional Traffic Flow Fusion Analysis and Modelling for Urban Road Networks Serving Intelligent Transportation Systems/ZIMING J. HAIYAN J//ICITSC2024

Публикации в других изданиях

8. Цзинь Ц. В Китае систематический подход к управлению решает проблемы безопасности электровелосипедов / Ц. Цзинь // Наука и инновации - современные концепции, 2023, Т.2, С.137-141
9. Цзинь Ц. Анализ факторов влияния на безопасность городского дорожного движения / Ц. Цзинь // Образование и наука в России и за рубежом, 2021, выпуск 77, С.152-154
10. Цзинь Ц. Влияние устройства для безопасности дорожного движения на безопасность дорожного движения. / Ц. Цзинь // Образование и наука в России и за рубежом, 2019, выпуск 14, С.62.