

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(ФГБОУ ВО «КубГУ»)**

**Факультет компьютерных технологий и прикладной математики**  
**Кафедра информационных технологий**

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

**СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО  
ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Работу выполнил \_\_\_\_\_ В.А. Войновский

Направление подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) / специализация «Системное программирование и компьютерные технологии» (Математическое и программное обеспечение вычислительных машин)

Научный руководитель  
канд. техн. наук, доц. \_\_\_\_\_ А.Н. Полетайкин

Нормоконтролер,  
ст. преп. \_\_\_\_\_ А.В. Харченко

Краснодар  
2018

## РЕФЕРАТ

Работа содержит 44 страницы, 3 части, 4 рисунка, 5 таблиц, 9 источников.

НЕЧЁТКАЯ ЛОГИКА, СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, БИНАРНЫЕ НЕЧЁТКИЕ ОТНОШЕНИЯ, ОБЕСПЕЧЕНИЕ БДД, ПДД, ДТП, СМЕРТНОСТЬ НА ДОРОГАХ, ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ

Объектами исследования являются система поддержки принятия решений, математические модели нечёткой логики, а также технологии для их реализации.

Цель курсовой работы – изучение понятий нечёткой логики, рассмотрение проблемы обеспечения БДД. Итог проделанной работы – создание системы поддержки принятия решений по обеспечению БДД.

В результате была создана программная реализация системы поддержки принятия решений по обеспечению БДД, функциями которой являются:

- хранение списка мероприятий в классифицированном виде, экспертных оценок по эффективности мероприятий, их стоимости
- ранжирование мероприятий по обеспечению БДД
- составление наиболее оптимального списка мероприятий в рамках бюджета с целью поддержки принятия решений

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Аналитический обзор проблемы безопасности дорожного движения.....	5
1.1 Постановка проблемы безопасности дорожного движения.....	5
1.2 Обзорный анализ решений.....	6
1.2.1 Vision Zero.....	6
1.2.2 SafetyCube.....	8
1.2.3 German In-Depth Accident Study.....	9
1.2.4 Сравнительный анализ.....	11
1.3 Анализ систем поддержки принятия решений.....	12
1.4 Мероприятия по обеспечению БДД.....	13
2 Описание математической модели.....	16
2.1 Постановка задачи на создание СППР.....	16
2.2 Описание обрабатываемых данных.....	22
2.2.1 Исходные данные.....	22
2.2.2 Промежуточные результаты.....	23
2.2.3 Конечный результат.....	24
2.2.4 Преобразование исходных данных в результаты.....	24
2.3 Характеристика ожидаемых практических результатов.....	25
3 Техническая реализация СППР.....	26
3.1 Выбор средств по технической реализации проекта.....	26
3.2 Проектные решения.....	26
3.3 Пример работы проекта.....	27
Заключение.....	28
Список использованных источников.....	29
Приложение А.....	30
Приложение Б.....	37
Приложение С.....	41

## **ВВЕДЕНИЕ**

С началом XXI века автомобилизация в России растёт с каждым годом. По данным ГИБДД в Госавтоинспекции зарегистрировано более 56 миллионов автомобилей всех категорий и несмотря на кризисные явления на авторынке в среднем количество транспортных средств каждый год возрастает на 2-2.5 миллионов единиц. Постоянное увеличение числа машин ведёт к повышению интенсивности транспортных потоков, за которым следует и рост числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Согласно докладу ООН, ежегодно в мире погибает около 1.25 миллиона человек, большинство из которых приходится на бедные страны. На наших дорогах ежедневно гибнет в среднем 52 человека в день. Безопасность на дорогах является одной из приоритетных задач большинства стран мира, как и стремление к минимальной смертности на дорогах.

В данной курсовой работе будут представлены проект и программная реализация системы поддержки принятия решений по обеспечению безопасности дорожного движения для использования в административных органах в целях эффективного и рационального расходования средств из государственного бюджета на мероприятия по повышению безопасности дорожного движения.

Целью курсовой работы является рассмотрение понятий множеств причин и последствий ДТП, мероприятий по обеспечению безопасности дорожного движения; изучение принципов экспертного оценивания в условиях неопределённости, нечёткой классификации мероприятий по обеспечению безопасности дорожного движения и технологии нечёткого ранжирования мероприятий по повышению безопасности дорожного движения. Итогом курсовой работы является создание базы данных совместно с программой-анализатором для реализации вышеупомянутой системы.

# **1 Аналитический обзор проблемы безопасности дорожного движения**

## **1.1 Постановка проблемы безопасности дорожного движения**

Проблема безопасности дорожного движения заключается в необходимости максимального снижения смертности на дорогах, как среди водителей и их пассажиров, так и пешеходов. По данным ГИБДД за прошедший 2017 год в России произошло 169 432 ДТП, в которых было ранено 215 374 человек и погибло 19 088 человек. Это больше, чем число погибших военнослужащих за всё время проведения антитеррористической операции в Чечне. [6]

Обеспечением БДД должны заниматься ответственные лица в административных органах, однако зачастую перед ними встаёт вопрос о рациональном расходовании выделенных средств. Бюджет на безопасность на дорогах конечен, и потратить его нужно с максимальной пользой для населения. И если бы мероприятий по обеспечению БДД было бы не столь много, то данный вопрос ещё был бы разрешим без применения специальных средств. Однако только в этой курсовой работе была собрана база данных на 105 наименований, а в некоторых зарубежных аналогах общее число доходит до 215 пунктов. Обычному человеку сложно за оптимальное время принять наилучшее решение по выбору реализуемых мероприятий по обеспечению БДД, а потому в качестве помощи лицам из административных органов существуют системы поддержки принятия решений.

Система поддержки принятия решений (СППР) – это информационная система, основной задачей которой является помощь людям, принимающим решение в условиях, когда комплексный и достаточно широкий анализ предметной области затруднителен. Обычно в СППР состоит из базы данных с её системой управления и программы, реализующей анализ имеющихся данных. Для выработки решений в СППР могут использоваться различные

методы. В сфере обеспечения БДД наиболее распространённым являются методы нечёткой логики, поскольку пока что мы не можем выявить объективные чёткие формулы и закономерности для предотвращения ДТП. Вместо них используются мнения специалистов в данной области, называемые экспертными оценками.

## **1.2 Обзорный анализ решений**

Для получения адекватного представления об особенностях реализации проектов по обеспечению БДД и системы поддержки принятия решений, в частности, необходимо выполнить анализ подобных существующих разработок и проектов. При анализе открытых источников в поиске аналогичных проектов, обеспечивающих безопасность на дороге или же реализующих систему поддержки принятия решений по обеспечению БДД, было найдено три проекта, которые на текущий момент реализованы и имеют практический опыт в применении. Их сравнение позволит выявить сильные и слабые стороны каждого проекта и учитывать это в дальнейшем при составлении своего решения.

### **1.2.1 Vision Zero**

Vision Zero – это шведская программа по повышению безопасности дорожного движения и снижению смертности в ДТП. Её авторами была принята цель искоренить ДТП со смертельным исходом, иначе её называют «принцип нулевой терпимости к смертям». Vision Zero была принята в Швеции в октябре 1997 года, когда на её дорогах погибло 541 человек. В прошлом 2017 году на шведских дорогах погибли 253 человека, несмотря на возросшее население и повышение автомобилизации. Опыт Швеции оказался настолько удачным, что, когда в 2010 году Генеральная Ассамблея ООН объявила о Десятилетии действий о обеспечению безопасности дорожного

движения, в её основу была положена шведская программа Vision Zero. Саму программу переняли такие американские города как Бостон, Портленд, Сан-Франциско и Нью-Йорк, а также целые страны – Великобритания, Канада и Нидерланды. Основными принципами Vision Zero помимо совершенного отсутствия толерантности к смертельным исходам при ДТП являются осознание невозможности полного исключения людского фактора, как и фактора ошибки в ДТП, и перераспределение ответственности за безопасность на дороге с участников движения на проектировщиков дорожной системы. Шведское правительство использует множество средств для реализации своей программы, перечислим несколько в качестве примера:

- Алкозамки. Данная технология блокирует работоспособность транспортного средства в случае нетрезвости водителя.
- Ограничение скорости в населённых пунктах до 30 км/час.
- Перекрёстки с круговым движением. Согласно статистике кольцевое движение снижает пропускную способность перекрёстка и увеличивает число аварий, однако тяжесть ДТП заметно снижается.
- Очистка прилегающих к дорогам территорий.
- Напоминание о ремнях безопасности. Согласно шведским законам все производимые в стране автомобили оснащаются системами напоминания о ремне безопасности. Как итог показатель использования ремней в таких машинах стремится к 100%.

Как итог, можно сказать, что шведская программа Vision Zero является одним лучших примеров проекта по обеспечению безопасности дорожного движения, доказательством чего может служить один из самых низких показателей смертности в ДТП в мире – 3 из 100 000. В большинстве стран Евросоюза он составляет 5 на 100 000, а в США – 11 на 100 000.[1]

### 1.2.2 SafetyCube

Safety CaUsation, Benefits and Efficiency (SafetyCube DSS) – это европейская система поддержки принятия решений в области обеспечения безопасности дорожного движения, которая была разработана в рамках европейского исследовательского проекта SafetyCube при финансовой поддержке Европейской Комиссии в рамках рамочной программы «Horizon 2020» по развитию научных исследований и технологий, направленной на поддержку разработки политики на основе фактических данных. Проект стартовал 1 мая 2015 года и работал в течение трёх лет. Разработчиками является команда из университета Лафборо, Великобритания. Основной задачей проекта SafetyCube является разработка инновационной системы поддержки принятия решения в области безопасности дорожного движения, предоставляющей подробную интерактивную информацию о большом списке факторов риска ДТП и соответствующих мер обеспечения БДД, которая позволит политикам и заинтересованным сторонам выбирать и внедрять наиболее подходящие стратегии, меры и экономически эффективные подходы к сокращению числа жертв всех участников дорожного движения всех типов и степеней тяжести как в Европе, так и в остальном мире. Информация, представленная в системе поддержки принятия решений по безопасности дорожного движения, была собрана, проанализирована и обобщена многодисциплинарной командой опытных исследователей БДД. Была разработана и применена чётко определённая, систематическая и строго определённая методология, состоящая из:

- Таксономии для определения факторов риска и мер;
- Критериев идентификации и определения приоритетности соответствующей литературы;
- Кодирования отдельных исследований с помощью специального шаблона;



– Анализа кластеров сопоставимых исследований и обобщение полученных результатов с помощью метаанализа или других соответствующих методов.

В реализации проекта научное качество содержания системы поддержки принятия решения для безопасности дорожного движения было одним из главных приоритетов авторов проекта, потому были введены строгие процедуры обеспечения качества, включающие четыре этапа:

– Всеобъемлющие рекомендации, поддерживаемые семинарами, вебинарами и службой поддержки помогли пользователям SafetyCube в их работе;

– Выбор и кодирование исследований, а также анализ и краткое изложение результатов были рассмотрены в рамках проекта;

– Небольшое объединение независимых экспертов, проверивших как результаты отдельных кодированных исследований, так и общее содержание резюме, применяя набор предопределённых критериев качества.

Данный проект является весьма качественным примером реализации идеи системы поддержки принятия решений. Разработчиками проекта была собрана огромная база данных по мероприятиям и решениям, обеспечивающим БДД, из более чем 200 наименований, реализован алгоритм их анализа и выдачи эффективной и рациональной программы по обеспечению БДД. Проект поддерживает все государства-члены Европейского Союза и большинство прилегающих стран. [4]

### **1.2.3 German In-Depth Accident Study**

GIDAS (German In-Depth Accident Study) – это немецкий проект, являющийся одним из самых интенсивных в мире исследовательских проектов по исследованию ДТП. Проект предполагает тщательное изучение отдельных случаев ДТП, включая исследование аварии на месте

инструментальными средствами, реконструкция и имитации ДТП, опрос участников аварии, составление эскиза ДТП, полная запись всех параметров ДТП. После сбора необходимой базы данных о случаях ДТП специальной командой исследователей проводится комплексный анализ собранной информации, на основании которого вырабатываются рекомендации для автомобильной промышленности, дорожных служб и служб оперативного реагирования. При правильном анализе законодательные органы могут внимательно следить за ситуацией на дорогах Германии и обнаруживать как позитивные, так и негативные тенденции, а автомобилестроительные компании получают возможность улучшать свои технологии по защите участников дорожного движения. GIDAS запущен в 1999 году в Ганновере и Дрездене как совместный проект Федерального научно-исследовательского института автомобильных дорог (BASt) и Немецкой ассоциации исследования в области автомобильных технологий (FAT). На данный момент GIDAS сотрудничает с такими автомобильными компаниями как Ford, BMW, Volkswagen, Voch, Bast и Dalmer, поддерживает связи с Медицинским университетом Ганновера и Техническим университетом Дрездена. Ежегодно база данных проекта возрастает на 2000 случаев ДТП. Каждый файл-отчёт о происшествии содержит около 350 переменных и 150 фото для возможного подробного анализа как различными государственными учреждениями, так и частными автомобильными компаниями, сотрудничающими с проектом GIDAS. [2][3]

Итак, проект GIDAS является своего рода немецким аналогом шведской программы VisionZero и также достаточно успешен в своих целях. Ежегодно уровень смертности от ДТП в Германии снижается. В 2016 Федеральным ведомством статистики было зафиксировано всего лишь 3206 смертей на дорогах, что на 7.3% меньше предыдущего года и является рекордно низким показателем за 60 лет. [5]

## 1.2.4 Сравнительный анализ

Для наиболее удобного восприятия сравнения трёх выбранных решений было выбрано несколько сравнительных критериев, применимых ко всем вышеперечисленным проектам, и проведён сравнительный анализ информационных технологий анализа и обеспечения БДД. К сожалению, большинство информации о проектах не доступны широкой публике, поэтому судить о них можно лишь по публикациям в СМИ и сайтам самих проектов. Конечные результаты сравнения представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Сравнительный анализ информационных технологий анализа и обеспечения БДД

№	Сравнительный критерий	Vision Zero	SafetyCube	GIDAS
1	Назначение	Снижение смертности на дорогах	Система поддержки принятия решений по обеспечению БДД	Снижение смертности на дорогах, сбор базы данных о ДТП для использования в автомобильной промышленности и административными органами
2	Эффективность	Высокая; за 20 лет работы программа добилась снижения смертности на дорогах Швеции вдвое, несмотря на повышающуюся автомобилизацию	Точных данных о применении нет	Высокая; за 20 лет работы программа собрала огромную БД и снизила смертность на дорогах ФРГ

Окончание таблицы 1.1.

3	Открытость	Доступ к программе предоставлен в официальных документах шведского правительства	Доступ к функционалу системы предоставлен всем желающим	Закрыт. Предоставляется только сотрудничающим лицам
4	Удобство пользовательского интерфейса	Неизвестно	Высокое, интерфейс интуитивно понятен	Доступ к БД не является открытым

### 1.3 Анализ систем поддержки принятия решений

Как уже было указано, системы поддержки принятия решений используются во множестве областей современной жизни. Их применение особенно необходимо там, где накопился колоссальный объём знаний в какой бы то ни было сфере, и один человек уже не способен знать всё в своей теме и не может принимать достаточно рациональные решения, исходя из своих неполных данных. Своего рода прообразами СППР можно назвать различные справочники, содержавшие краткую выжимку из всего гигантского массива информации и помогавшие людям в самых разных сферах принимать верные решения. Сейчас СППР представляют собой высокотехнологичные системы, максимально приближённые к решению проблем повседневной рабочей деятельности и являются инструментом для лиц, принимающих решения, в условиях необходимости точной оценки различных альтернатив, предсказательного функционала и сложности в принятии решений. Данные системы способны полно и объективно проанализировать предметную деятельность и выдать наиболее рациональное и объективное решение в отличие от человека-специалиста,

который может иметь неполные знания в данной сфере или же быть субъективным по разным причинам при принятии решения.

Общепринятого определения СППР выработано не было, поскольку её устройство и конструкция кардинально зависят от вида задач, для решения которых она составляется, от доступных информации, данных и знаний, а также от самих пользователей системы. Тем не менее, существуют некоторые общепризнанные частями СППР признаки и элементы:

- Совокупность процедур по обработке данных и суждений;
- Интерактивные автоматизированные системы;
- Обеспечивающая доступ к данным и/или моделям система для принятия наилучшего решения.

В сфере обеспечения БДД системы поддержки принятия решений также играют довольно значимую роль. Существуют сотни различных причин и последствий ДТП, а также ничуть не меньшее количество возможных мероприятий по их предупреждению и/или смягчению тяжести. Дополнительные проблемы создаёт и фактор неопределённости взаимосвязи между мероприятиями, причинами и последствиями, поскольку пока что не были получены чёткие формульные соответствия функциональной зависимости между ними. Существуют лишь экспертные оценки специалистов в области обеспечения БДД, что лишь усложняет задачу лицу, принимающему решению, и делает шанс принятия объективного и рационального решения крайне низким.

#### **1.4 Мероприятия по обеспечению БДД**

Центральнообразующую роль в рассматриваемой в этой курсовой работе системе поддержки принятия решений играют мероприятия по обеспечению БДД. Под мероприятиями подразумевают действия, направленные на соблюдение и предупреждение причин, при которых возможно возникновения ДТП, а также снижения тяжести их последствий.

Мероприятия по обеспечению безопасности дорожного движения обеспечиваются и координируются соответствующими должностными лицами, а также органами исполнительной власти различных субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, физическими и юридическими лицами (координирование и регулирование на городском электрическом наземном транспорте и в дорожном хозяйстве) а также общественными объединениями. В качестве примера мероприятий, обеспечивающих БДД, можно привести: введение ограничения скорости, освещение дорог, организация мониторинга дорожного движения, строительство обходов населённых пунктов. В рамках курсовой работы была собрана таблица мероприятий, обеспечивающих БДД, состоящая из 105 наименований и размещённая в приложении А. Мероприятия в таблице классифицированы в первую очередь по системе ВАДС (Водитель – Автомобиль – Дорога – Среда), приведённую на рисунке 1.1.

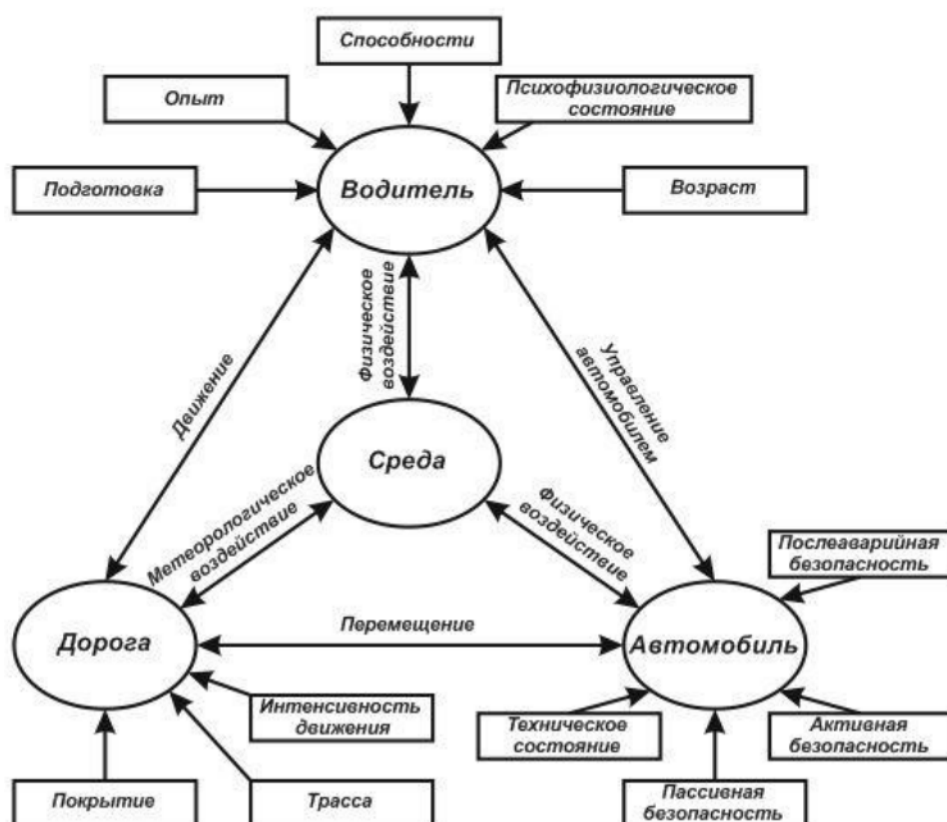


Рисунок 1.1 – Система ВАДС

Как известно, на безопасность на дорогах оказывает влияние множество факторов, которые можно объединить в сложную динамическую

систему, включающую в себя множество элементов человек, автомобиль, дорога, функционирующих в определённой среде. Эти элементы единой дорожно-транспортной системы находятся в определённых отношениях и связях друг с другом, образуя целостность [9]. Помимо ВАДС в таблице также была проведена классификация по типу мероприятий, а также по объёму необходимых средств на реализацию и сложности предлагаемого решения. Все данные были взяты из авторитетных источников, освещающих проблему БДД, таких как норвежский справочник по безопасности дорожного движения Департамента дорожного движения и Дирекции автомобильных дорог Норвегии[8] и книга В.И. Коноплянко «Организация безопасности дорожного движения»[7].

## **2 Описание математической модели**

### **2.1 Постановка задачи на создание СППР**

При рассмотрении различных процессов и параметров в условиях, когда невозможно выводить объективные данные, часто приходится полагаться на субъективные, выдаваемые от специалистов в той или иной области – экспертов. Отсутствие чётких формул и теоретически доказанных закономерностей – основные причины, по которым аналитикам приходится использовать методы и модели экспертного оценивания. Самые полезные решения зачастую получаются специалистами при анализе нечёткой неопределённости, в которой главной особенностью считается требование вычислений при имеющихся параметрах, заданных нечётко, или же самой по себе неточной технологической информации. В этом случае наиболее оптимальным считают методы теории нечётких множеств, не учитывая обычную теорию вероятности. Основной из особенностей данных методов является согласованность степени точности решения с точностью начальных данных и условием задачи.

При основательном исследовании объекта появляется достаточно источников неопределённости, а ряд параметров не представляется возможным измерить точно, отчего в его оценке появляется обязательный субъективный компонент. Он выражается нечёткими оценками по типу «скорее всего», «ожидаемый», «наверное да», «наиболее возможный» и т.д. Функция принадлежности задаёт количественную меру неопределённости относительно параметров на интервале. В качестве примера на рисунке 2.1 можно привести данную функцию принадлежности.

Эта функция получена на основании экспертных оценок специалистов по проблемам обеспечения БДД. Мы видим, что балл от 0 до 1 считается экспертами чётко низким, от 4 до 6 – чётко средним, а 9 и 10 – чётко высоким. Между данными промежутками специалисты



проявляют неуверенность, что и передаётся ломанным графиком функции принадлежности.

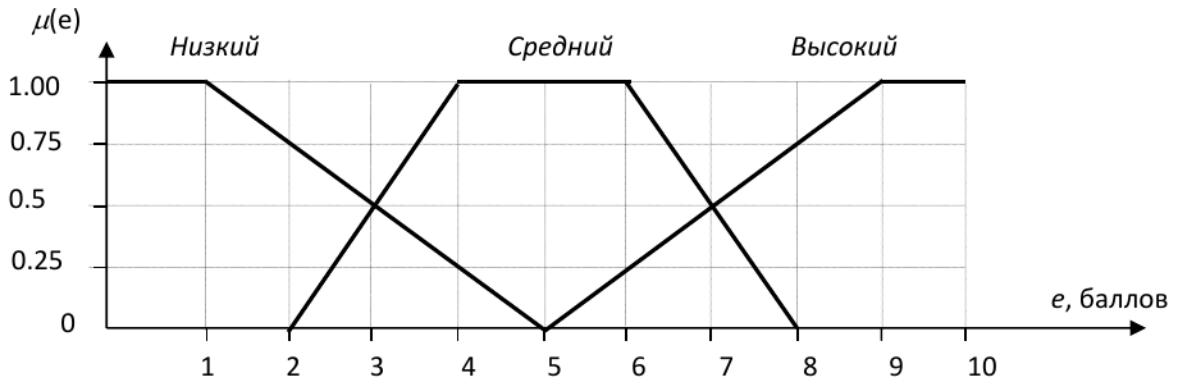


Рисунок 2.1 – Функция принадлежности

Нечёткое множество способно функционально быть и нечёткой переменной, выражающей нечёткое значение на основе чёткого множества лингвистических термов L (Low/Низкий), A (Average/Средний) и H (High/Высокий), находящихся в диапазоне от 0 до 1. К примеру, оценке в 7,5 балла соответствует тройка значений  $\{0; 0,25; 0,625\}$ , а 4 баллам –  $\{0; 1; 0\}$ . Такая переменная может быть элементом бинарного нечёткого отношения (БНО), строящегося на основе двух базисных множеств. В качестве примера можно привести БНО Последствия ДТП – Лингвистические термы. Такое БНО  $O_B$  образует декартово произведение базовых множеств  $B \times TL$ , где его элементами выступает множество кортежей. При проектировании СППР по обеспечению БДД можно сформировать БНО нечётких оценок тяжести последствий  $O_B = \{ \langle \beta_i, t_j \rangle, \mu_{O_B} \langle \beta_i, t_j \rangle \}$ . Здесь  $\beta_i \in B$  и  $t_j \in TL$  – элементы четких множеств,  $\mu_{O_B} \langle \beta_i, t_j \rangle$  – ФП БНО, которая определяется как отображение  $\mu_{O_B} : B, TL \rightarrow [0, 1]$ . Фактически, это матрица размером  $|B| \times 3$ , элементами которой выступают нечеткие оценки, выражаемые функцией  $\mu_{O_B}$ , в виде троек действительных чисел единичного отрезка.

Нечёткая классификация множества мероприятий по обеспечению БДД (E) по множеству последствий ДТП (B) считает нужным установление нечёткого соответствия между данными множествами за счёт выставления

оценки от эксперта по степени уверенности в эффективности данного мероприятия по предотвращению данного последствия ДТП. Выражается эта степень в виде целого числа в интервале  $[0; 100]$ , где 0 – полная неуверенность, а 100 – полная уверенность. Оценки выставляются самостоятельно на множестве сочетаний  $E \times B$ , представляющих собой декартово произведение соответствующих множеств чёткого характера. Рационально для отобранного последствия сформировать наиболее полный список мероприятий по обеспечению БДД с полем для соответствующей оценки. Тем не менее, эксперту при выдаче оценки будет трудно определить точное значение, а потому предлагается сделать движок, при перемещении которого значение в поле плавно меняется от 0 до 100 с шагом в 1. Данная графическая шкала позволит выставлять более точные экспертные оценки в их числовом эквиваленте, масштабируемые до числового отрезка от 0 до 1. В итоге будет сформировано БНО  $O_{EB} = \langle \langle \varepsilon_i, \beta_j \rangle, \mu_{O_{EB}} \langle \varepsilon_i, \beta_j \rangle \rangle$ . В терминах классификационного анализа функция принадлежности  $\mu_{O_{EB}} \in [0, 1]$  – оценка степени уверенности эксперта в соотношении объектов классификации  $\beta_j \in B$  к классификационным признакам  $\varepsilon_i \in E$ .

Рассмотренные БНО могут быть использованы для решения задачи ранжирования мероприятий по предупреждению ДТП в условиях нечеткой неопределенности, которая, как было показано выше, имеет место при соотнесении последствий ДТП с предупреждающими их мероприятиями. Для лучшей визуализации БНО мероприятия-последствия приведём таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Структура БНО нечеткой классификации последствий ДТП

Объекты классификации (последствия ДТП)	Признаки классификации (мероприятия по предупреждению последствий ДТП)				
	$\varepsilon_1$	$\varepsilon_2$	$\varepsilon_3$	...	$\varepsilon_n$
$\beta_1$	Нечеткие оценки $\mu_{O_{EB}} \in [0, 1]$ степени уверенности эксперта в отнесении $\beta_j$ к $\varepsilon_i$				
$\beta_2$					
...					
$\beta_m$					

Для получения ранговых оценок мероприятий на основе нечеткого отношения  $O_E$  уместно применить операцию композиции БНО. Данная бинарная операция не дистрибутивна и предполагает наличие левого (Л) и правого (П) операндов, в роли которых выступают согласованные по размеру БНО. Результатом операции является некоторое результирующее бинарное нечёткое отношение, функция принадлежности которого определяется по формуле  $\mu_{L \times P} = \max_{\arg j} \{ \min \{ \mu_{Lij}, \mu_{Pjk} \} \}$ .

Композиция max-min для решения задачи оценивания ЗУН будет выглядеть следующим образом:

$$O_E = O_{EB} \otimes O_B, \quad (1)$$

$$\mu_{O_E} \{ \langle \varepsilon_i, t_j \rangle \} = \max_{\beta_j \in B} \{ \min \{ \mu_{O_{EB}} \langle \varepsilon_i, \beta_j \rangle, \mu_{O_B} \langle \beta_j, t_k \rangle \} \}. \quad (2)$$

Правое БНО – условно-постоянное, содержит экспертные оценки последствий  $\beta_j \in B$  в виде троек оценок уровня выраженности  $t_k \in TL$  согласно графику ФП на рисунке 2.1.

Левое БНО  $O_{EB}$  переменное, выражает текущую нечеткую классификационную группировку последствий  $\beta_j \in B$  по мероприятиям  $\varepsilon_i \in E$ . Актуализация оценок  $\mu_{O_{EB}} \langle \varepsilon_i, \beta_j \rangle$  может осуществляться вручную.

Однако следует учитывать, что экспертные оценки соотношения мероприятий с последствиями ДТП являются не вполне состоятельными, ввиду того, что предупреждать целесообразно причины ДТП, а не их последствия. Поэтому формировать БНО  $O_{EB}$  уместно посредством сопоставления мероприятий с причинами эти последствия вызывающие, то есть на основе БНО  $O_{EA} = \{\langle \varepsilon_i, \alpha_j \rangle, \mu_{O_{EA}} \langle \varepsilon_i, \alpha_j \rangle\}$ , где  $\alpha_j \in A$  – элементы множества причин возникновения ДТП. Выше мы рассмотрели причинно-следственную структуру аварийности, базирующаяся на реальной статистике. На основе этой статистики может быть сформировано соответствующее БНО  $O_{AB} = \{\langle \alpha_i, \beta_j \rangle, \mu_{O_{AB}} \langle \alpha_i, \beta_j \rangle\}$  При этом композиция (формула 3) порождает БНО  $O_{EB}$ , которое в этом случае можно считать переменным, модифицирующимся синхронно с изменением причинно-следственной матрицы  $O_{AB}$ .

$$O_{EB} = O_{EA} \otimes O_{AB}. \quad (3)$$

Результатом операции композиции (формула 1) является БНО  $O_E$  размером  $|E| \times 3$ , каждая строка которого выражает нечеткую характеристику трех уровней выраженности оценки значимости соответствующего мероприятия для профилактики ДТП. Четкая оценка  $i$ -ого мероприятия образуется посредством выполнения операции дефаззификации методом центра тяжести для одноточечных множеств (формула 4):

$$E_i = \frac{\sum_{j=1}^n O_{Eij} \cdot b_{ij}}{\sum_{j=1}^n O_{Eij}}, \quad (4)$$

где  $O_{Eij}$  – элемент БНО  $O_E$ , выражаемый ФП  $\mu_{O_E} \{\langle \varepsilon_i, t_j \rangle\}$  по формуле 2,  $b_{ij}$  – четкое значение соответствующего элемента базисного множества оценок  $TF$ , определяемое на основе ФП «Нечеткая оценка  $e$  по 10-балльной шкале»  $E_i$  - ранговые оценки мероприятий. Конечный алгоритм в виде схемы

работы программной реализации математической модели представлен на рисунке 2.2.

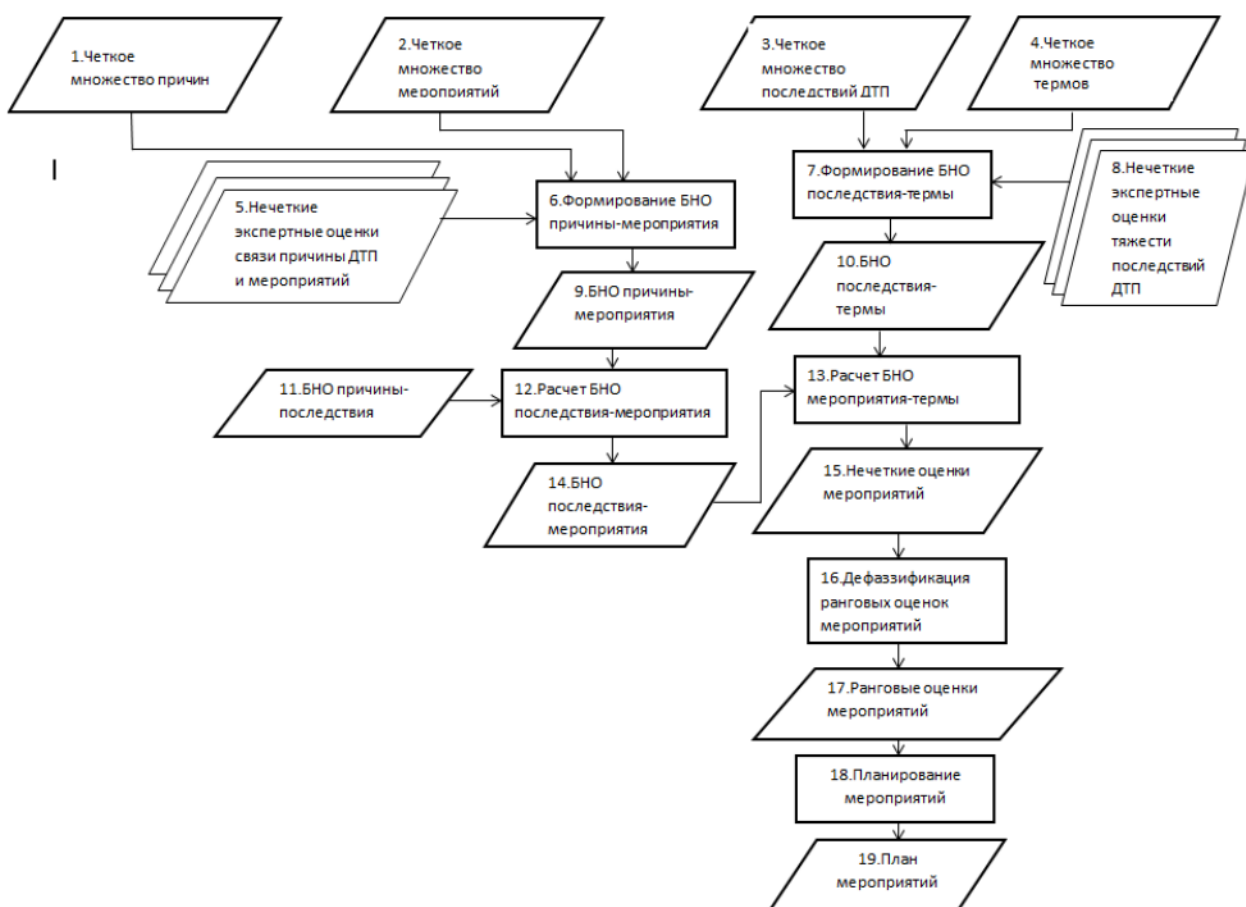


Рисунок 2.2 – Схема инфообработки

## **2.2 Описание обрабатываемых данных**

### **2.2.1 Исходные данные**

Причины ДТП – это совокупность множеств факторов, природного или техногенного характера, способных оказать прямое или косвенное влияние на возникновение ДТП. Причины подразделяются на различные множества, такие как: Общие сведения (день недели, час дня, время суток), Дорожные условия (тип и состояние покрытия, искусственные сооружения, недостатки в содержании участка дороги и пр.), Сведения об участниках ДТП (квалификация участника, пол, возраст, водительский стаж, нарушения ПДД и пр.), Сведения о транспортном средстве (ТС) (класс и тип ТС, наличие прицепа, технические неисправности ТС), Сведения о пострадавших (род занятий и средства пассивной безопасности).

Мероприятия по обеспечению БДД – это комплекс мер и действий со стороны уполномоченных лиц из административных органов, направленный на повышение БДД и посильному устранению возможных причин ДТП. Мероприятия разрабатываются и предлагаются компетентными экспертами по вопросам БДД. В проекте будет использоваться собственная база данных мероприятий, обеспечивающих БДД, собранная из специальной литературы по данному вопросу.

Следствия ДТП – это события, спровоцированные возникновением ДТП и приводящие к изменению состояния участников ДТП, транспортных средств и дорожной среды на месте происшествия. Следствия классифицируются на такие множества как: Общие сведения (вид ДТП, количество участников, количество ТС), Сведения о ТС (местонахождение, внешние повреждения), Сведения о потерпевших (кол-во пострадавших, состояние пострадавшего, тип травм).

Термы – интуитивно определённое выражение формального языка (системы), являющееся формальным именем объекта или именем формы.

Примеры терм в контексте экспертного оценивания – Низкий, Средний, Высокий. Термы используются для нечёткого оценивания экспертами различных показателей, таких как, например, взаимосвязь компонент.

Нечёткие экспертные оценки связи причины ДТП и мероприятий по обеспечению БДД – это рецензии специалистов в области БДД, показывающие взаимосвязь между причиной возможного ДТП и предлагаемым мероприятием по обеспечению БДД. Применяются в математических моделях при расчёте влияния конкретно заданного мероприятия на устранение причины ДТП.

Нечёткие экспертные оценки тяжести последствия ДТП – это рецензии специалистов в области БДД, прогнозируемые тяжесть событий из последствий ДТП. Используются в математических моделях для вычитывания степени рациональности исправления данного ДТП.

Бинарное нечёткое отношение (БНО) причины-последствия – это математическая модель, ставящая в соотношение причины ДТП и проявляющиеся в случае его возникновения последствия. Результатом является некое рациональное число в пределах от 0 до 1, отражающая степень взаимосвязи двух показателей, где 0 – это абсолютное его отсутствие, а 1 – прямое и непосредственное влияние.

### **2.2.2 Промежуточные результаты**

БНО причины-мероприятия – математическая модель, ставящая в соответствие причины возникновения ДТП и мероприятия по их возможному устранению.

БНО последствия-термы – математическая модель, ставящая в соответствие последствия произошедшего ДТП и экспертные оценки, выраженные в термах.

БНО последствия-мероприятия – математическая модель, ставящая в соответствие последствия произошедшего ДТП и мероприятия по их возможному устранению.

Нечёткие оценки мероприятий – характеристика объектом нечётного множества каждого из мероприятий, отражающая степень его эффективности по превентивному устранению причин ДТП и их последствий.

### **2.2.3 Конечный результат**

Ранговые оценки мероприятий – итоговый результат работы системы поддержки принятия решений, после которого каждому мероприятию из базы данных присваивается определённый ранг, основанный на рациональности вложения средств, рассчитанной на основании итогового обеспечения БДД, тяжести возможных ДТП, стоящей за причиной и стоимости проекта по реализации мероприятия.

План мероприятий – результат работы назначенных ответственных лиц из административных органов, собственноручно выбирающих мероприятия из готового списка для их дальнейшей реализации и учитывающих итоговые ранговые оценки мероприятий системы поддержки принятия решения в своей выборке.

### **2.2.4 Преобразование исходных данных в результаты**

Формирование БНО причины-мероприятия – составление математической модели для расчёта бинарного нечёткого отношения между причинами возникновения ДТП и мероприятиями, его прекращающими.

Формирование БНО последствия-термы – составление математической модели для расчёта бинарного нечёткого отношения между последствиями произошедшего ДТП и экспертными оценками в лингвистической характеристике, термах.



Расчёт БНО последствия-мероприятия – выполнение вычислительных операций для определения числовых оценок взаимосвязи между последствиями ДТП и мероприятиями для их предотвращения или снижения тяжести.

Расчёт БНО мероприятия-термы – выполнение вычислительных операций для определения взаимного соответствия лингвистической оценки в терме и мероприятия по обеспечению БДД.

Дефаззификация ранговых оценок мероприятий – преобразование ранговых оценок мероприятий по обеспечению БДД из объектов нечёткого множества в чёткое число. Производится для корректного восприятия в дальнейшем людьми, ответственными за планирование мероприятий.

Планирование мероприятий – организация выборки подходящих мероприятий из ранжированного списка ответственными людьми из административных органов соразмерно имеющемуся разделу государственного бюджета на обеспечение безопасности дорожного движения.

### **2.3 Характеристика ожидаемых практических результатов**

Результатом работы математической модели должен стать итоговый план мероприятий, исходя из имеющихся средств на реализацию возможных проектов по обеспечению БДД, который будет оказывать посильную помощь ответственным людям из административных органов.

## **3 Техническая реализация СППР**

### **3.1 Выбор средств по технической реализации проекта**

Основным языком программирования для создания программы-анализатора был выбран Python 3.6 по причине открытой лицензии использования, удобных высокоуровневых структур данных, поддержки множества операций высшей математики, включая операции нечёткой логики, и анализа больших объёмов из баз данных за счёт как встроенных самими создателями Python, так и библиотеками от сторонних разработчиков. В качестве средства реализации базы данных был выбран MySQL по причине свободного распространения данной реляционной СУБД, а также её удобства и многофункциональности. Из доступных библиотек для языка Python были взяты MySQLdb с целью реализации связи программы-анализатора и базы данных MySQL и NumPy для возможности реализовать необходимые в математической модели операции нечёткой логики.

### **3.2 Проектные решения**

Программной реализацией в рамках курсовой работы является тестовая база данных, включающая в себя три мероприятия по обеспечению БДД и экспертные оценки связи данных мероприятий и выборки причин возникновения ДТП. Также в БД входят полный список причин возникновения ДТП, список последствий ДТП и экспертные оценки по их (последствиям) тяжести. Программный код и общая структура БД представлена в Приложении С.

После внесения необходимых данных в БД программа-анализатор получает к ним доступ посредством функций библиотеки-коннектора MySQLdb и конструирует необходимые для дальнейших вычислений БНО. После этого проводятся необходимые вычисления в соответствии с

поставленной ранее математической моделью при помощи операций нечёткой логики, таких как композиция и дефаззификация, получая в конце ранговые оценки всего списка мероприятий. Отсортированный по убыванию ранга список выводится на экран приложения.

### 3.3 Пример работы проекта

Рассмотрим работу программы на примере трёх мероприятий, обеспечивающих БДД: «Введение налога на транспортные средства», «Законодательное регулирование индивидуальных транспортных предприятий», «Ответственность автошкол за своих учеников». Экспертные оценки по взаимной связи данных мероприятий и множества причин возникновения ДТП содержатся в приложении Б, таблице Б1, а экспертные оценки тяжести последствия ДТП находятся в приложении Б, таблице Б2. Пример итога работы программной части курсовой приведён на рисунке 3.1.

```
Введение налога на транспортные средства - 5.34  
Законодательное регулирование индивидуальных транспортных предприятий - 5.255  
Ответственность автошкол за своих учеников - 4.975  
>>>
```

Рисунок 3.1 – Ранговые оценки мероприятий

На основании этих данных лица, принимающие решения, способны более адекватно и рационально оценивать необходимость внедрения того или иного решения, обеспечивающего БДД.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В рамках курсовой работы были рассмотрены основные теоретические основы проблемы обеспечения БДД, создания СППР и математических моделей нечёткой логики. В результате для рассматриваемого процесса поддержки принятия решений была разработана программная реализация СППР, позволяющая комплексно оценить все необходимые факторы в принятии решения для соответствующих лиц и выдать наиболее рациональный и объективный результат. Тем самым достигнута поставленная цель курсовой работы, создание СППР для выборки мероприятий по обеспечению БДД.

Благодаря математическим моделям нечёткой логики возможно создание систем поддержки принятия решений, способных полно и объективно проанализировать предметную деятельность и обеспечить лица, принимающие решения, максимальной поддержкой в их работе.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Trafikverket Swedish Transport Administration // (Engl.). – URL: [www.trafikverket.se/en](http://www.trafikverket.se/en) [2 декабря 2018]
- 2 GIDAS. German In-Depth Accident Study // (Engl.). – URL: <https://www.gidas.org/en/willkommen/> [3 декабря 2018]
- 3 Technische Universität Dresden // (Gerl.). – URL: <https://vufo.de/startseite/> [3 декабря 2018]
- 4 SafetyCube DSS European Road Safety Decision Support // (Engl.). – URL: <https://www.roadsafety-dss.eu/#/> [1 декабря 2018]
- 5 Destatis Statistisches Bundesamt // (Engl.). – URL: <https://www.destatis.de/EN/Homepage.html> [5 декабря 2018]
- 6 Показатели состояния безопасности дорожного движения. Гоставтоинспекция // (Рус.). – URL: <http://stat.gibdd.ru> [25 ноября 2018]
- 7 Коноплянко В.И., Организация и безопасность дорожного движения / Коноплянко В.И. – М.: Высшая школа, 2007. – 383с.
- 8 Эльвик Р., Мюсен А.Б., Ваа Т., Справочник по безопасности дорожного движения/Пер. с норв. Под редакцией проф. В.В. Сильянова – М.: МАДИ(ГТУ), 2001. – 754с.
- 9 Степанов И.С., Влияние элементов системы водитель – автомобиль – дорога – среда на безопасность дорожного движения: Учебное пособие / Степанов И.С., Покровский Ю.Ю., Ломакин В.В. – М.: МГТУ «МАМИ», 2011. – 171 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Таблица А1. Классификация мероприятий по обеспечению БДД

№	Категория ВАДС	Сложность реализации	Объём необходимых средств	Тип мероприятия	Формулировка
1	Водитель	Низкая	Средний	Законодательный	Введение общего налога на транспортные средства
2	Водитель	Низкая	Высокий	Законодательный	Законодательное регулирование индивидуальной транспортной деятельности
3	Водитель	Средняя	Средний	Законодательный	Ответственность автошкол за своих учеников
4	Водитель	Средняя	Средний	Технический	Регулирование обязательной остановки перед выездом на перекресток
5	Водитель	Средняя	Средний	Технический	Регулирование обязанности уступать дорогу на перекрестках
6	Водитель	Низкая	Низкий	Пропагандистский	Письма с предупреждением, отметки в правах, изъятие водительских удостоверений
7	Водитель	Низкая	Низкий	Пропагандистский	Требования к состоянию здоровья водителей;
8	Водитель	Низкая	Низкий	Пропагандистский	Использование фар ближнего света в дневное время;
9	Водитель	Низкая	Средний	Пропагандистский	Специальные курсы для "трудных" водителей;
10	Водитель	Низкая	Низкий	Законодательный	Запрет на разговор за рулем по мобильному телефону и отправки смс;
11	Водитель	Низкая	Низкий	Пропагандистский	Надзор за употреблением пищи во время движения;
12	Водитель	Низкая	Низкий	Пропагандистский	Контроль за курением в автомобиле;
13	Водитель	Низкая	Низкий	Пропагандистский	Совершенствование надзора и контроля за использованием ремней безопасности, детских удерживающих устройств и других защитных средств;

Окончание таблицы А1

14	Водитель	Низкая	Средний	Законодательный	Уточнение требований к здоровью водителей, совершенствование системы подготовки.
15	Автомобиль	Низкая	Средний	Законодательный	Регулирование законом работы автотранспортных предприятий;
16	Автомобиль	Средняя	Средний	Законодательный	Нормирование требований к глубине протектора шин колеса автомобиля.
17	Автомобиль	Низкая	Низкий	Пропагандистский	Использование шипованных шин.
18	Автомобиль	Низкая	Средний	Технический	Применение тормозов с антиблокировочными устройствами и дисковые тормоза
19	Автомобиль	Низкая	Низкий	Технический	Установка дополнительных стопсигналов.
20	Автомобиль	Низкая	Низкий	Технический	Усовершенствование фар автомобилей.
21	Автомобиль	Низкая	Низкий	Технический	Световозвращающие материалы и защитное покрытие (корпус).
22	Автомобиль	Низкая	Средний	Технический	Управление, подвеска, устойчивость.
23	Автомобиль	Низкая	Низкий	Пропагандистский	Защитные каски и шлемы велосипедиста и мотоциклиста
24	Автомобиль	Низкая	Низкий	Технический	Автомобильные ремни безопасности для легковых автомобилей.
25	Автомобиль	Низкая	Низкий	Технический	Безопасность детей в автомобиле.
26	Автомобиль	Средняя	Средний	Технический	Конструктивная безопасность автомобилей при столкновениях.
27	Автомобиль	Низкая	Низкий	Технический	Ремни безопасности для большегрузных автомобилей.
28	Автомобиль	Низкая	Средний	Технический	Встроенная защита в легковых автомобилях.
29	Автомобиль	Низкая	Средний	Технический	Органы управления и контрольноизмерительные приборы и датчики.

Окончание таблицы А1

30	Автомобиль	Средняя	Средний	Технический	Применение автоматических систем контроля дистанции между автомобилями.
31	Автомобиль	Низкая	Низкий	Законодательный	Стандартизация общей массы автомобиля.
32	Автомобиль	Низкая	Низкий	Законодательный	Нормирование мощности двигателя автомобиля и применения встроенного ограничителя максимальной скорости.
33	Автомобиль	Низкая	Низкий	Законодательный	Нормирование мощности двигателя мопеда и мотоцикла.
34	Автомобиль	Низкая	Средний	Технический	Защитные устройства и грузовых автомобилей, препятствующие попаданию людей под автомобиль.
35	Автомобиль	Низкая	Низкий	Законодательный	Требования к большегрузным транспортным средствам.
36	Автомобиль	Средняя	Низкий	Технический	Оснащение мотоциклов и мопедов.
37	Автомобиль	Низкая	Низкий	Технический	Оснащение велосипедов.
38	Автомобиль	Низкая	Низкий	Законодательный	Требования к прицепах транспортных средств.
39	Автомобиль	Низкая	Низкий	Технический	Противопожарные средства автомобиля.
40	Автомобиль	Средняя	Средний	Технический	Обеспечение безопасности перевозки опасных грузов.
41	Автомобиль	Низкая	Низкий	Законодательный	Сертификация транспортных средств и контроль их технического состояния при регистрации;
42	Автомобиль	Средняя	Средний	Технический	Совершенствование системы управления и подвески, повышение устойчивости автомобиля;
43	Дорога	Высокая	Высокий	Технический	Строительство автомобильных магистралей
44	Дорога	Высокая	Высокий	Технический	Строительство обходов населённых пунктов
45	Дорога	Высокая	Высокий	Технический	Разделение главных и второстепенных дорог в городах

Окончание таблицы А1



46	Дорога	Высокая	Высокий	Технический	Строительство канализированных пересечений в одном уровне
47	Дорога	Высокая	Высокий	Технический	Устройство кольцевых пересечения
48	Дорога	Высокая	Высокий	Технический	Совершенствование планировки пересечений в одном уровне
49	Дорога	Высокая	Высокий	Технический	Разделение Х-образного пересечения на два Т-образных пересечения
50	Дорога	Высокая	Высокий	Технический	Строительство пересечений в разных уровнях
51	Дорога	Средняя	Средний	Технический	Реконструкция наиболее опасных участков дорог с большим числом ДТП
52	Дорога	Средняя	Средний	Технический	Улучшение поперечного профиля дороги
53	Дорога	Средняя	Средний	Технический	Улучшение состояния обочин дороги
54	Дорога	Средняя	Средний	Технический	Повышение транспортно-эксплуатационных качеств существующих дорог
55	Дорога	Средняя	Средний	Технический	Установка дорожных ограждений
56	Дорога	Средняя	Средний	Пропагандистский	Мероприятия по снижению ДТП с участием диких животных
57	Дорога	Средняя	Средний	Технический	Оборудование кривых в плане
58	Дорога	Средняя	Средний	Технический	Обеспечение безопасности движения в тоннелях
59	Дорога	Низкая	Низкий	Законодательный	Введение платы за проезд по дороге;
60	Дорога	Низкая	Средний	Пропагандистский	Мероприятия по совершенствованию работы общественного транспорта (расценки, частота и маршрут движения и т.д.);
61	Дорога	Средняя	Средний	Технический	Управление и регулирование дорожного движения.
62	Дорога	Низкая	Низкий	Законодательный	Законодательное регулирование системы дорожного движения
63	Дорога	Средняя	Средний	Технический	Восстановление дорожного покрытия;

Окончание таблицы А1

64	Дорога	Средняя	Средний	Технический	Повышение ровности дорожного покрытия;
65	Дорога	Средняя	Средний	Технический	Повышение сцепных качеств дорожного покрытия;
66	Дорога	Средняя	Средний	Технический	Осветление дорожного покрытия;
67	Дорога	Средняя	Средний	Технический	Защита горных дорог от снежных лавин, снегозаносов и камнепадов;
68	Дорога	Низкая	Средний	Технический	Совершенствование зимнего содержания дорог;
69	Дорога	Низкая	Средний	Технический	Совершенствование содержания тротуаров, пешеходных переходов и велосипедных дорожек в зимний период;
70	Дорога	Низкая	Низкий	Технический	Контроль правильности расстановки дорожных знаков в соответствии с требованиями стандартов;
71	Дорога	Средняя	Средний	Технический	Обеспечение безопасности производства дорожных работ.
72	Дорога	Средняя	Средний	Технический	Оздоровление дорожного движения;
73	Дорога	Средняя	Средний	Технический	Обустройство магистральных улиц и дорог населенных пунктов;
74	Дорога	Средняя	Средний	Технический	Устройство пешеходных улиц и дорог;
75	Дорога	Низкая	Средний	Технический	Регулирование въезда на автомобильные магистрали;
76	Дорога	Низкая	Низкий	Технический	Регламентация преимущественного проезда на участке дороги;
77	Дорога	Низкая	Низкий	Технический	Регулирование обязанности уступить дорогу на пересечении;
78	Дорога	Низкая	Низкий	Технический	Регулирование обязательной остановки перед выездом на перекресток;
79	Дорога	Средняя	Средний	Технический	Применение светофорного регулирования на пересечениях;

Окончание таблицы А1

80	Дорога	Средняя	Средний	Технический	Применение светофорного регулирования на пешеходных переходах;
81	Дорога	Низкая	Низкий	Законодательный	Введение ограничения скорости;
82	Дорога	Низкая	Средний	Технический	Принудительное регулирование скорости движения;
83	Дорога	Средняя	Средний	Технический	Устройство разметки проезжей части;
84	Дорога	Низкая	Низкий	Технический	Регулирование движения пешеходов и велосипедистов;
85	Дорога	Низкая	Низкий	Технический	Регулирование остановки и стоянки автомобилей;
86	Дорога	Низкая	Низкий	Технический	Устройство улиц с односторонним движением;
87	Дорога	Средняя	Средний	Технический	Устройство реверсивных полос движения;
88	Дорога	Низкая	Низкий	Технический	Обустройство остановок общественного транспорта;
89	Дорога	Средняя	Средний	Технический	Оперативное изменение маршрутов движения;
90	Дорога	Низкая	Низкий	Технический	Применение указателей и табло с изменяемой информацией;
91	Дорога	Низкая	Низкий	Технический	Обеспечение безопасности движения на железнодорожных переездах.
92	Дорога	Низкая	Низкий	Технический	Учет особенностей восприятия водителем дорожных условий в проектировании дорог и организации движения
93	Среда	Средняя	Средний	Технический	Увеличение расстояния видимости
94	Среда	Средняя	Средний	Технический	Устройство освещения дорог
95	Среда	Средняя	Средний	Технический	Устройство площадок отдыха и придорожных предприятий сервиса
96	Среда	Средняя	Средний	Технический	Перепланировка застройки территорий
97	Среда	Средняя	Средний	Технический	Распределение поездок по

					типам транспортных средств
--	--	--	--	--	----------------------------

Окончание таблицы А1

98	Среда	Средняя	Средний	Технический	Повышение доступа к медицинскому обслуживанию
99	Среда	Средняя	Средний	Технический	Организация мониторинга дорожного движения
100	Среда	Низкая	Низкий	Пропагандистский	Проведение аудита БДД в местах концентрации ДТП
101	Среда	Средняя	Средний	Технический	Организация тех. службы по оперативной эвакуации неисправных или попавших в ДТП транспортных средств
102	Среда	Средняя	Средний	Пропагандистский	Пропаганда по соблюдению ПДД
103	Среда	Низкая	Низкий	Пропагандистский	Световозвращающие материалы и защитное покрытие (одежда и ее элементы);
104	Среда	Средняя	Низкий	Пропагандистский	Обучение детей дошкольного возраста (до 6 лет);
105	Среда	Средняя	Низкий	Пропагандистский	Обучение детей в школе (возраст 6-18 лет).

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б1. Фрагмент экспертных оценок связи мероприятий и причин

Мероприятие	Причина	Эксперт №1	Эксперт №2	Эксперт №3	Групповая оценка
Компетентность		0,71	0,73	0,41	
Введение общего налога на транспортные средства	Недостатки в содержании дороги	90	25	70	59,92
	Квалификация участника	5	0	65	16,32
	Возрастная группа	0	10	40	12,81
	Водительский стаж	10	20	57	24,36
	Время за рулём до ДТП	0	0	35	7,76
	Нарушения ПДД	0	0	59	13,08
	Состояние опьянения	0	0	54	11,97
	Технические неисправности ТС	45	0	58	30,12
Законодательное регулирование индивидуальной транспортной деятельности	Недостатки в содержании дороги	90	30	61	59,90
	Квалификация участника	90	75	65	78,54

Окончание таблицы Б1

	Возрастная группа	90	70	41	71,25
	Водительский стаж	90	90	70	85,57
	Время за рулём до ДТП	90	100	52	85,52
	Нарушения ПДД	90	60	65	72,62
	Состояние опьянения	90	90	57	82,69
	Технические неисправности ТС	90	85	48	78,72
Повышение ответственности автошкол за своих учеников	Квалификация участника	65	25	80	52,54
	Возрастная группа	55	0	34	28,64
	Водительский стаж	32	5	75	30,88
	Время за рулём до ДТП	57	0	75	38,50
	Нарушения ПДД	80	0	80	48,43
	Состояние опьянения	90	0	65	48,95
	Технические неисправности ТС	80	0	73	46,88

Таблица Б2. Экспертные оценки связи последствий и тяжести

Наименование	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Групповая оценка
Компетентность	0,71	0,73	0,41	
Столкновение	10	9	6	8,72
Переворачивание	9	9	8	8,78
Наезд на стоящее ТС	6	6	5	5,78
Наезд на препятствие	4	6	4	4,79
Наезд на пешехода	10	10	9	9,78
Наезд на велосипедиста	9	10	10	9,62
Наезд на гужевой транспорт	8	9	8	8,39
Наезд на животных	8,5	8	5	7,53
Падение пассажира	9	8	4	7,50
Падение груза	8	7	4	6,72
Один участник	7	5	3	5,32
Несколько (2-5) участников	8	6	6	6,77
Много (6-10) участников	9	7	8	7,99
Очень много (>11) участников	10	8	10	9,21
Один ТС	7	5	4	5,55
Несколько (2-5) ТС	8	7	5	6,94
Много (6-10) ТС	9	8	8	8,38
Очень много (>11) ТС	10	9	10	9,61
ТС на месте ДТП	0	4	5	2,69
ТС скрылось с места ДТП	5	5	7	5,44
ТС разыскано в срок до 1 суток	0	5	3	2,64
ТС разыскано в срок от 1 до 3 суток	2	6	5	4,24
ТС разыскано в срок от 3 до 10 суток	3	7	7	5,46
ТС разыскано в срок более 10 суток	4	8	9	6,69
Повреждена передняя центральная часть ТС	8	7	4	6,72
Повреждена передняя правая часть ТС	6	7	4	5,95
Повреждена боковая правая часть ТС	6	8	4	6,35

Окончание таблицы Б2

Повреждена задняя правая часть ТС	4	8	4	5,58
Повреждена задняя центральная часть ТС	4	6	4	4,79
Повреждена задняя левая часть ТС	4	6	4	4,79
Повреждена боковая левая часть ТС	5	8	4	5,96
Повреждена передняя левая часть ТС	5	6	4	5,17
Повреждена верхняя часть ТС	8	8	6	7,56
Один пострадавший	6	8	4	6,35
Несколько (2-5) пострадавших	6,5	8	6	6,98
Много (6-10) пострадавших	7	9	8	8,01
Очень много (>11) пострадавших	8	10	10	9,23
Пострадавший умер на месте ДТП	10	10	10	10,00
Пострадавший умер по дороге в больницу	9,5	9	10	9,41
Пострадавший умер в больнице в течение 30 суток	9	7	10	8,43
Пострадавший травмирован	8	8	3	6,89
Травмированным потребовалось стационарное лечение	8,5	9	7	8,36
Травмированным потребовалось амбулаторное лечение	7,5	7	5	6,75
Травмированным оказана первая медицинская помощь	6	8	3	6,12



ПРИЛОЖЕНИЕ С  
Код программы-анализатора

```
import MySQLdb, numpy

def maxMin(x, y):
    z = []
    for x1 in x:
        for y1 in y.T:
            z.append(max(numpy.minimum(x1, y1)))
    return numpy.array(z).reshape((x.shape[0], y.shape[1]))

def marks(m):
    if m <= 1:
        return [1, 0, 0]
    elif m <= 2:
        return [round((1-m)/4+1, 7), 0, 0]
    elif m <= 4:
        return [round((1-m)/4+1, 7), round((4-m)/3, 7), 0]
    elif m <= 6:
        return [0, 1, 0]
    elif m <= 8:
        return [0, round((6-m)/2+1, 7), round((m-5)/4, 7)]
    elif m <= 9:
        return [0, 0, round((m-5)/4, 7)]
    elif m <= 10:
        return [0, 0, 1]
    else:
        return [0, 0, 0]

def defuzzification(A):
```

```

q1 = -4*A[0] + 5
q21 = -3*A[1] + 4
q22 = 2*A[1] + 6
q3 = 4*A[2] + 5
return (A[0]*q1+A[1]*q21+A[1]*q22+A[2]*q3)/(A[0]+2*A[1]+A[2])
conn = MySQLdb.connect(host="localhost", user="non-Reagan",
                        password="V1k1ng1453", db="dbrsa")
cur = conn.cursor(MySQLdb.cursors.DictCursor)
cur.execute("SELECT * FROM activity")
d_activity = cur.fetchall()
cur.execute("SELECT * FROM causes")
d_causes = cur.fetchall()
cur.execute("SELECT * FROM effects")
d_effects = cur.fetchall()
cur.execute("SELECT * FROM em_causes_activity")
d_em_causes_activity = cur.fetchall()
cur.execute("SELECT * FROM em_effects_severity")
d_em_effects_severity = cur.fetchall()
BNO_effects_severity = []
for i in range(43):
    BNO_effects_severity.append(marks(d_em_effects_severity[i]['severity']))
BNO_effects_severity = numpy.array(BNO_effects_severity)
f = open('test.txt')
A = f.read().split()
f.close()
BNO_causes_effects = []
k = 0
for i in range(17):
    BNO_causes_effects.append([])
    if (i<=6) or (i==8) or (i==16):

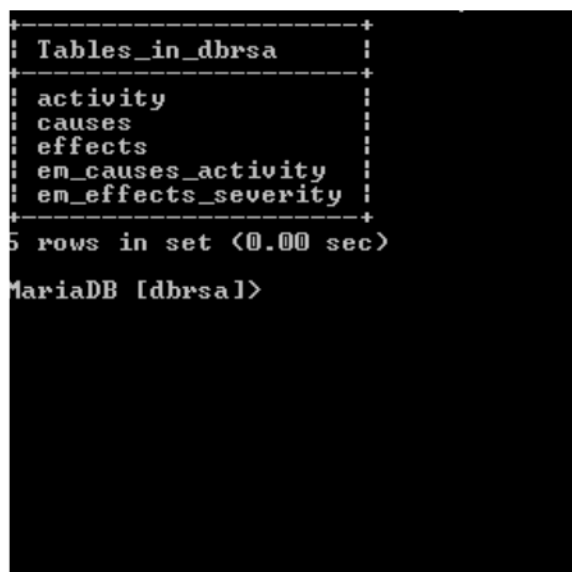
```

```

for j in range(43):
    BNO_causes_effects[i].append(int(0))
else:
    for j in range(43):
        BNO_causes_effects[i].append(int(A[k]))
    k += 1
BNO_causes_effects = numpy.array(BNO_causes_effects)
BNO_activity_causes = [[0 for j in range(17)] for i in range(3)]
for i in range(len(d_em_causes_activity)):
    BNO_activity_causes[d_em_causes_activity[i]['activity_id'] -
1][d_em_causes_activity[i]['cause_id'] - 1] =
round(d_em_causes_activity[i]['correlation']/100, 4)
BNO_activity_causes = numpy.array(BNO_activity_causes)
BNO_activity_effects = maxMin(BNO_activity_causes, BNO_causes_effects)
BNO_activity_severity = maxMin(BNO_activity_effects, BNO_effects_severity)
ranks = [defuzzification(BNO_activity_severity[i] for i in
range(len(BNO_activity_severity))]
for i in range(len(ranks)):
    print(d_activity[i]['formulation'], ' - ', round(ranks[i], 3))

```

Внутренняя структура базы данных



```

+-----+
| Tables_in_dbrsa |
+-----+
| activity         |
| causes         |
| effects         |
| em_causes_activity |
| em_effects_severity |
+-----+
5 rows in set (0.00 sec)

MariaDB [dbrsa] >

```

## Таблицы БД

```

MariaDB [dbrsal] > select * from causes;
+----+-----+
| id | name                |
+----+-----+
|  1 | surface type        |
|  2 | surface status      |
|  3 | artificial constructions |
|  4 | elements section road |
|  5 | TSOD                |
|  6 | engineering transport arrangement |
|  7 | weather             |
|  8 | deficiencies road   |
|  9 | concentrations accidents |
| 10 | qualification        |
| 11 | age group           |
| 12 | driving experience  |
| 13 | time driving        |
| 14 | traffic violations  |
| 15 | intoxication test   |
| 16 | technical fault vehicle |
| 17 | passive safety equipment |
+----+-----+
17 rows in set (0.00 sec)

MariaDB [dbrsal] > select * from effects;
+----+-----+
| id | name                |
+----+-----+
|  1 | clash               |
|  2 | reversal            |
|  3 | hitting a standing vehicle |
|  4 | hitting an obstacle |
|  5 | hitting a pedestrian |
|  6 | hitting a cyclist   |
|  7 | hitting a horse drawn transport |
|  8 | hitting an animals  |
|  9 | fall passenger      |
| 10 | fall load           |
| 11 | one member          |
| 12 | several members     |
| 13 | many members        |
| 14 | very many members   |
| 15 | one vehicle         |
| 16 | several vehicles    |
| 17 | many vehicles       |
| 18 | very many vehicles  |
| 19 | one victim          |
| 20 | several victimss    |
| 21 | many victims        |
| 22 | very many victims   |
| 23 | vehicle on the place accident |
| 24 | vehicle disappears from place accident |
| 25 | vehicle found in time 1-3 days |
| 26 | vehicle found in time 3-10 days |
| 27 | vehicle found in time more than 10 days |
| 28 | damaged front central part |
| 29 | damaged front right part |
| 30 | damaged right part  |
| 31 | damaged rear right part |
| 32 | damaged rear center part |
| 33 | damaged rear left part |
| 34 | damaged left part   |
| 35 | damaged front left part |
| 36 | damaged top part    |
| 37 | victim dies on the place |
| 38 | victim died on way to hospital |
| 39 | victim died in hospital within 30 days |
| 40 | victim injured      |
| 41 | victim required hospital treatment |
| 42 | victim required outpatient treatment |
| 43 | victim received first aid |
+----+-----+

```

## Пример заполнения таблиц «Причины» и «Последствия»