

УДК 656.13

*Сафиуллин Р.Н., доктор технических наук, профессор Санкт-Петербургский
Горный университет императрицы Екатерины II*

*Сорванов А.В., магистр Санкт-Петербургский Горный университет
императрицы Екатерины II rasenmaher@yandex.ru*

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.

Аннотация: Статья исследует применение методов нечёткой логики для повышения безопасности транспортных средств в условиях роста аварийности на российских дорогах. Авторы демонстрируют, как адаптивные системы на основе нечётких множеств позволяют анализировать динамические и неопределённые факторы риска, такие как погодные условия, стиль вождения и загруженность трафика. На примере модели оценки риска ДТП показана эффективность подхода в обработке качественных данных и принятии решений в реальном времени. Исследование подтверждает, что интеграция нечёткой логики в интеллектуальные транспортные системы способна снизить аварийность за счёт гибкости и учёта экспертных знаний.

Ключевые слова: функциональная безопасность; транспортные средства; нечёткая логика, факторы безопасности

Введение

Рост числа транспортных средств и интенсивности дорожного движения создаёт серьёзные вызовы для безопасности в российских городах. По данным ГИБДД, в 2024 году зафиксировано более 116 тыс. дорожно-транспортных происшествий, что подчёркивает необходимость внедрения инновационных технологий для снижения аварийности [1, с.2] (рисунки 1-2). Особую актуальность приобретают интеллектуальные транспортные системы (ИТС), способные анализировать многофакторные риски в режиме реального времени.

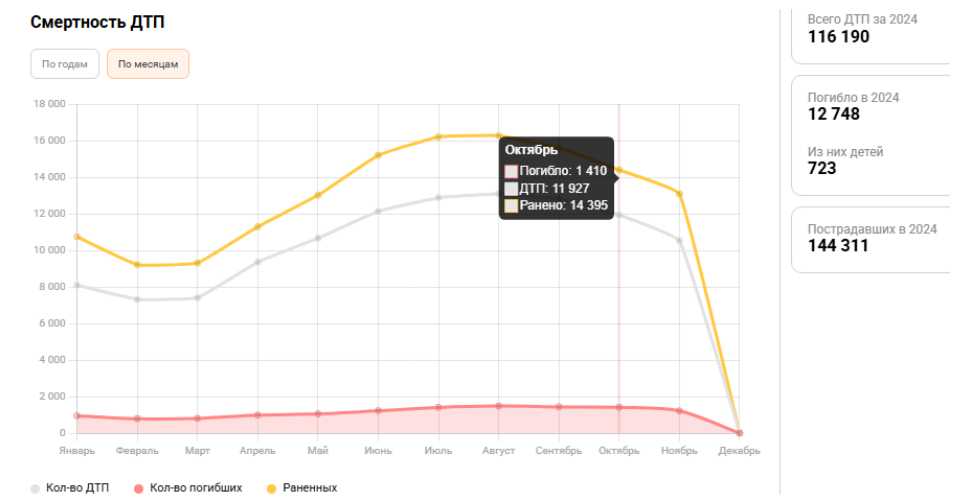


Рис. 4. Статистика ДТП за 2024 год [2]

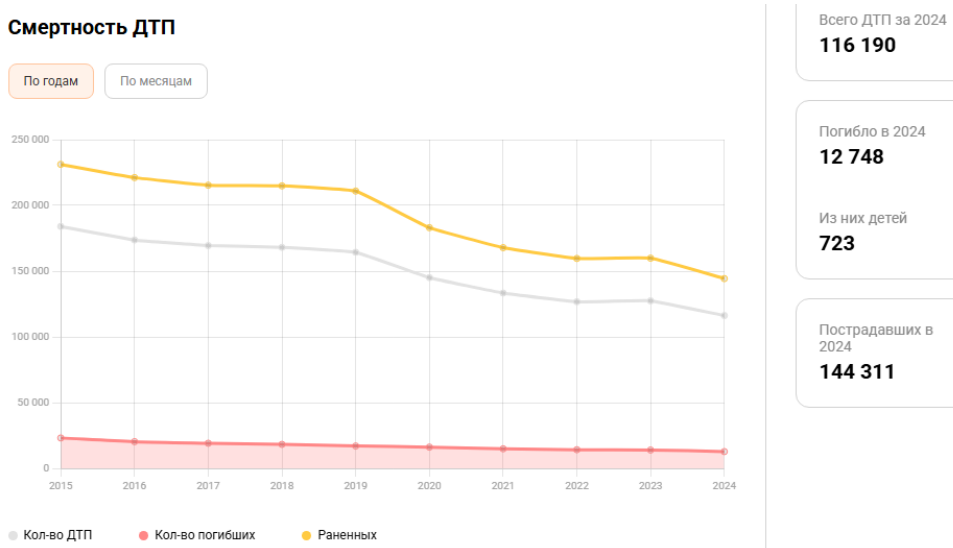


Рис. 5. Статистика ДТП за 2015-2024 года

Одним из перспективных направлений в области анализа дорожной аварийности является применение нечёткой логики — математического аппарата, который позволяет формализовать качественные и субъективные параметры, такие как «плохая видимость», «агрессивное вождение» или «сложные погодные условия». В отличие от классических статистических методов, опирающихся на бинарные критерии и жёсткие пороговые значения, нечёткие системы способны моделировать градации состояний, что особенно актуально для динамически меняющихся условий российских дорог. Например, понятие «гололёд» может варьироваться от слабого обледенения до сплошного наста, и нечёткая логика позволяет учитывать эти нюансы через функции принадлежности, преобразуя лингвистические переменные в числовые оценки.

Это обеспечивает более точную адаптацию алгоритмов к реальным сценариям, где факторы риска часто взаимосвязаны и нелинейны.

Реализация Национальной стратегии развития искусственного интеллекта до 2030 года активизировала внедрение интеллектуальных транспортных систем (ИТС) в регионах России[3], однако потенциал нечёткой логики в этой области изучен недостаточно. Так, в большинстве существующих решений используются методы машинного обучения, требующие больших объёмов структурированных данных, которые зачастую недоступны в условиях неоднородной дорожной инфраструктуры и климатического разнообразия. В отличие от них, нечёткие системы демонстрируют эффективность даже при ограниченной выборке, что подтверждается исследованиями в аналогичных условиях — например, при прогнозировании аварийности в горных регионах с резкими перепадами температур.

Нечёткая логика: основы и принципы

В отличие от классической бинарной логики, где решения принимаются по принципу «истина/ложь», нечёткая логика оперирует промежуточными значениями, что позволяет работать с такими понятиями, как «почти высокий риск» или «умеренная загруженность». Например, оценка скорости движения как «высокой» не требует жёсткого порога в 90 км/ч. Вместо этого используется плавная шкала: 80 км/ч может иметь степень принадлежности к «высокой скорости» 60%, а 100 км/ч — 95%.

Этот подход особенно ценен в транспортной безопасности, где многие факторы носят качественный характер. Например, параметр «агрессивное вождение» невозможно точно измерить, но его можно описать через комбинацию данных: резкие торможения, частые перестроения и превышение скорости. Нечёткая логика преобразует эти наблюдения в формальные правила, такие как:

«Если частота перестроений высокая И средняя скорость превышает допустимую, ТО стиль вождения агрессивный».

Почему классические методы часто неэффективны:

Методы, основанные на статистике или фиксированных правилах, обеспечивают стабильность и линейность, в то время как дорожная среда представляет собой динамическую, адаптивную систему.

Несчастные случаи в одном и том же месте могут происходить по разным причинам в зависимости от времени суток и интенсивности дорожного движения.

Преимущества использования нечёткой логики

Нечёткая логика обеспечивает естественный способ описания и обработки качественных лингвистических характеристик дорожной среды, которые трудно формализовать с помощью традиционных методов. Реальные эксперты оперируют такими терминами, как «умеренный дождь», «низкая видимость» или «резкий манёвр», и именно нечёткие множества позволяют преобразовать эти понятия в математическую модель, сохраняя их смысловую нагрузку. Например, параметр «интенсивность осадков» может быть представлен не бинарным значением («дождь/нет дождя»), а градациями: «слабый», «умеренный», «сильный», «ливень». Каждая из этих категорий определяется через функции принадлежности, которые отражают плавные переходы между состояниями.

Нечёткая логика демонстрирует высокую устойчивость к неполным или зашумлённым данным, что характерно для реальных транспортных систем. Например, если датчик освещённости вышел из строя, система может оценить видимость косвенно — через анализ скорости потока, частоты включения фар другими автомобилями или данных о погоде из сторонних источников. Это критически важно для управления в режиме реального времени, где задержки в принятии решений могут привести к аварии.

Заключение

Таким образом, интеграция нечеткой логики в задачи анализа и управления дорожным движением является эволюционным шагом в развитии интеллектуальных транспортных систем. Это позволяет строить более гибкие, надежные и прозрачные модели, которые не только повышают эффективность мониторинга и прогнозирования аварий, но и формируют основу для

дальнейшего внедрения автономных решений. В конечном счете, именно способность учитывать многогранный характер дорожных условий и адаптироваться к изменяющимся обстоятельствам делает нечеткую логику ключевым инструментом для любой платформы безопасности дорожного движения.

Список использованных источников

1. Сырцова, Е. А. Эффекты внедрения интеллектуальных транспортных систем в регионах России / Е. А. Сырцова // Государственное управление. Электронный вестник. – 2023. – № 101. – С. 159-169. – DOI 10.24412/2070-1381-2023-101-159-169. – EDN RHWEOL.
2. Полная статистика ДТП по России по месяцам в 2024 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rusdtp.ru/stat-dtp/> (дата обращения 28.04.2025)
3. Хамитов, Р. М. Искусственный интеллект в транспортной сфере как средство повышения безопасности / Р. М. Хамитов, О. В. Князькина, А. В. Шорохова // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2024. – № 1(39). – EDN HUPITB.

R.N. Safiullin, Doctor of Technical Sciences, Professor Saint Petersburg Mining University of Empress Catherine II

A.V. Sorvanov, Master's Student Saint Petersburg Mining University of Empress Catherine II rasenmaher@yandex.ru

ANALYSIS OF FUZZY LOGIC METHODS APPLICATION IN VEHICLE SAFETY ENHANCEMENT

Abstract: The article explores the application of fuzzy logic methods to improve vehicle safety amid rising accident rates on Russian roads. The authors demonstrate how adaptive systems based on fuzzy sets enable the analysis of dynamic and uncertain risk factors, such as weather conditions, driving behavior, and traffic density. Using a road accident risk assessment model as an example, the study highlights the approach's effectiveness in processing qualitative data and enabling real-time decision-making. The research confirms that integrating fuzzy logic into intelligent transportation systems can reduce accidents by leveraging flexibility and incorporating expert knowledge.

Keywords: functional safety; vehicles; fuzzy logic; safety factors