

УДК 004.82+004.891

DOI 10.24412/2413-7383-2024-2-59-77

Д. А. Чувиков

ФГБОУ ВО МАДИ, НИИ МИВАР

Россия, 127521, Москва, ул. Октябрьская, д. 72, d.chuvikov@list.ru

РАЗРАБОТКА ПЛАТФОРМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ И ЭКСПЕРТИЗЫ АВАРИЙНЫХ СОБЫТИЙ ДОРОЖНО- ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ НА БАЗЕ ЛОГИЧЕСКОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

D. A. Chuvikov

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), SRI MIVAR
72 Oktyabrskaya str., 127521, Moscow, Russia

DEVELOPMENT THE PLATFORM FOR RECONSTRUCTION AND EXAMINATION OF EMERGENCY EVENTS OF ROAD ACCIDENTS BASED ON LOGICAL ARTIFICIAL INTELLIGENCE

В статье представлена ретроспектива развития, аспекты научной новизны и практическая значимость проекта «Платформа реконструкции и экспертизы аварийных событий дорожно-транспортных происшествий на базе логического искусственного интеллекта». Платформа является первой системой, которая выполняет объективный анализ и экспертизу нарушений ПДД, а также исследование ДТП с участием беспилотных или пилотируемых транспортных средств. В статье описаны результаты экспериментальных исследований на примере ДТП Toyota Yaris при наезде на пешехода, а также приведены перспективы развития проекта.

Ключевые слова: экспертная система, система имитационного моделирования, ДТП, ПДД, миварный подход, мивар.

The article presents the development retrospective, aspects of scientific novelty and practical significance of the project "The Platform for reconstruction and examination of emergency events of road accidents based on logical artificial intelligence". The platform is the first system to carry out an objective analysis and examination of the fact of traffic violations and analysis of an accident involving an unmanned vehicle or a manned vehicle. The article describes the results of experimental studies using the example of a Toyota Yaris accident when hitting a pedestrian, as well as the future development prospects of the project.

Keywords: expert system, simulation system, combining system, traffic accident, traffic regulations, Mivar-based approach, mivar.

Введение

По прогнозам, что в ближайшие годы уровень насыщенности автотранспортом в России достигнет 550 автомобилей на 1000 человек к 2025 году, что означает, что примерно каждый второй житель будет водителем [1]. Кроме того, активно развивается направление автономного беспилотного транспорта. Исследования показывают, что объем мирового рынка беспилотных наземных транспортных средств в 2024 году оценивается в 2,56 миллиарда долларов США и, по прогнозам, достигнет 4,91 миллиарда долларов США к 2029 году, со среднегодовым темпом роста 13,87% в период с 2024 по 2029 годы. [2]. То есть, рост количества беспилотного транспорта – это вопрос времени.

Таким образом, можно сделать следующий вывод: в ближайшем будущем будут востребованы системы, которые смогут осуществить объективный анализ и экспертизу факта нарушения ПДД и анализ произошедшего ДТП с участием беспилотного транспорта. На данный момент таких систем на рынке нет. Следовательно, проект по разработке платформы реконструкции и экспертизы аварийных событий дорожно-транспортных происшествий на базе логического искусственного интеллекта является актуальным.

Ретроспектива развития проекта

С 2014-2016 гг. Д.А. Чувииковым начато формирование предпосылок проекта в научных работах [3-8].

В 2017 году была защищена кандидатская диссертация Д.А. Чувииковым на тему «Модели и алгоритмы реконструкции и экспертизы аварийных событий дорожно-транспортных происшествий» [9], [10]. В диссертации были отражены основные аспекты, связанные с автоматическим конструированием алгоритмов при анализе и экспертизе ДТП. Также в рамках исследования разработан прототип системы [11].

В 2019 году на Международном Форуме «АВТОНЕТ – 2019» Д.А. Чувииков выступил с докладом «Платформа реконструкции и экспертизы аварийных событий ДТП на базе логического ИИ» [12]. В докладе поднимается проблематика ДТП между беспилотными транспортными средствами. А также о необходимости упрощения процессов экспертизы ДТП, снижении требований к квалификации экспертов и количеству допускаемых ошибок при расчете экспертом, улучшении уровня достоверности и объективности исследований за счет использования предлагаемого решения. В докладе также акцентируется о развитии платформы в виде модуля Логической Интеллектуальной Системы Контроля за соблюдением ПДД, разработанного Д.В. Аладиным [13], [14].

В 2020 году Д.А. Чувииковым публикуется книга «Модели и алгоритмы реконструкции и экспертизы аварийных событий дорожно-транспортных происшествий на базе логического искусственного интеллекта», в которой отражены основные аспекты, связанные с автоматическим конструированием алгоритмов при анализе и экспертизе ДТП, а также возможности применения системы для экспертиз ДТП с участием беспилотных ТС [15].

В период с 2014 – 2024 проект активно развивается [16-25]. Написано по тематике более 92 научных работ, среди которых 3 монографии, 9 статей в журналах, входящих в Scopus, 2 патента на программное обеспечение и 1 защищенная кандидатская диссертация. В настоящее время активно ведутся работы по улучшению логического ядра для повышения скорости в принятии решения экспертом.

Научная новизна и практическая значимость проекта

За теоретическое ядро проекта взяты работы О.О. Варламова по Миварному подходу [26], [27].

Миварный подход – это 3 информационные технологии [27]:

1. Эволюционные многомерные базы данных и правил, в которых «мивар» – это точка трехмерного гносеологического базиса «Вещь-Свойство-Отношение»;

2. Линейной вычислительной сложности логический вывод (автоматический конструктор алгоритмов из модулей «причинно-следственных зависимостей») на основе двудольных ориентированных «миварных сетей» «Объект-Правило» в многомерном пространстве, объединяющих сети Петри с продукциями «Если-То»;

3. Глобальные информационные модели для обработки «контекстов» и принятия решений в реальном времени, когда базы данных, логический вывод и вычислительная обработка представляют собой единое целое в миварном информационном пространстве с основным базисом «Вещь-Свойство-Отношение».

Миварные системы уже показали свою эффективность в разных предметных областях, таких как: финансово-банковская сфера [28], медицина [29-33], беспилотный транспорт [21], [34], автономные интеллектуальные робототехнические комплексы [21], [35], [36], машиностроение [37-42], образование [43], [44], распознавание речи и языковые модели [45-47] и так далее [48].

Миварная система позволяет описать и структурировать имеющуюся информацию о предмете анализа ДТП и ПДД, а также решать сложные логические задачи [17], [48].

Миварный подход обладает высоким потенциалом для эволюционного развития программно-аппаратных комплексов [27]. Важно отметить, что мощный миварный инструментальный, масштабируемость миварных моделей знаний и малые требования к аппаратному обеспечению позволяют получить низкую себестоимость решения, а также обеспечить возможность для адаптации продукта под законодательства стран, в которых планируется эксплуатация автомобиля.

Сформулируем тезисно основные аспекты научной новизны проекта:

– Разработана методика объединения экспертной системы, построенной на базе миварного подхода логического искусственного интеллекта, и системы имитационного моделирования в целях решения задач реконструкции и экспертизы ДТП.

– Разработаны алгоритмы совместной работы экспертной системы, построенной на базе миварного подхода логического искусственного интеллекта, и системы имитационного моделирования (СИМ), в частности последовательный алгоритм взаимодействия с учетом выбора доминирующей системы, последовательно-параллельный алгоритм с учетом выбора доминирующей системы и параллельный алгоритм.

– Разработаны модели реконструкции и экспертизы ДТП в формализме базы знаний (БЗ) двудольных ориентированных миварных сетей, включающие в себя формулы анализа тормозных качеств автомобиля, определения скоростных показателей автомобиля в условиях конкретной ДТС, формулы расчета различных случаев: скольжения автомобиля при торможении, движении автомобиля на криволинейных участках дороги, наезда автомобиля на пешехода при равномерном движении и неограниченной видимости.

– Разработана методика генерации интерфейсов для конструктора экспертных систем, основанного на концепции миварного подхода.

– Разработано специальное математическое обеспечение в виде экспертной системы «Анализ ДТП» на базе логического искусственного интеллекта [11].

– Разработана вспомогательная система контроля за соблюдением правил дорожного движения на базе логического искусственного интеллекта (логическая интеллектуальная система контроля за соблюдением правил дорожного движения – ЛИСК ПДД) [13], [14], [21], [23-25], отвечающая за оценку действий участников ДТС на предмет соответствия правилам дорожного движения Российской Федерации.

Сформулируем тезисно основные аспекты практической значимости проекта:

– Применение предложенной методики объединения миварной ЭС, построенной на базе логического искусственного интеллекта, и СИМ, а также алгоритмов совместной работы миварной ЭС и СИМ при реконструкции и экспертизе аварийных событий ДТП, позволили снизить трудоемкость процесса экспертизы, снизить количество ошибок при расчете, снизить затраченное время на экспертизу, улучшить уровень достоверности и объективности экспертных исследований, снизить требования к квалификации экспертов за счет разработанного специального математического обеспечения экспертной системы анализа и экспертизы ДТП.

– Использование экспертной системы «Анализ ДТП» в практической сфере деятельности экспертных учреждений, страховых компаний и т.п., способствует повышению уровня объективности результатов, полученных специалистами при реконструкции и экспертизе аварийных событий ДТП.

– Использование методов расчетов, реализованных в виде программы для ЭВМ (экспертная система «Анализ ДТП») в учебном процессе ФГБОУ ВО «МАДИ» кафедры «Организация и безопасность движения» по дисциплинам «Экспертный анализ ДТП» и «Современные методы экспертного исследования ДТП», а также кафедры «Автоматизированные системы управления» по дисциплине «Моделирование систем» позволяет повысить качество подготовки специалистов.

– Экспертная система «Анализ ДТП» является адаптивной и представляет собой модель «белого ящика», то есть эксперт имеет доступ к изменению базы знаний: добавлению новых правил (формул) и параметров, изменению существующих имен параметров для индивидуализации системы. Это позволяет эксперту добавлять в систему новые «сценарии» ДТП.

– Разработанная методика генерации интерфейсов для конструктора экспертных систем, основанного на концепции миварного подхода, позволила упростить и ускорить процесс создания специализированных ЭС.

– Функциональные возможности ЛИСК ПДД позволили вырабатывать рекомендации и оценки действий водителя транспортного средства на предмет соответствия правилам дорожного движения Российской Федерации. Таким образом, ЛИСК ПДД выступает в качестве самостоятельного компонента и готова к внедрению в системы помощи водителям, в проекты беспилотных автомобилей и в комплексы управления транспортными средствами на закрытых территориях. Также программный модуль может применяться в контуре систем фиксации нарушений правил дорожного движения, устанавливаемых по заказу Государственной инспекции безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел Российской Федерации (ГИБДД МВД РФ).

– База знаний ЛИСК ПДД является гибкой к условиям изменяющегося законодательства и обладает возможностью адаптации под правила дорожного движения других стран.

Результаты экспериментальных исследований

Исследование проводилось по блоку анализа ДТП. На вход в ЭС «Анализ ДТП» были загружены данные произошедшего ДТП. Основываясь на заложенной в ЭС «Анализ ДТП» базе знаний (рис. 1), система на выходе предоставила рекомендацию для эксперта с визуализацией ДТП (рис. 7, рис. 8).

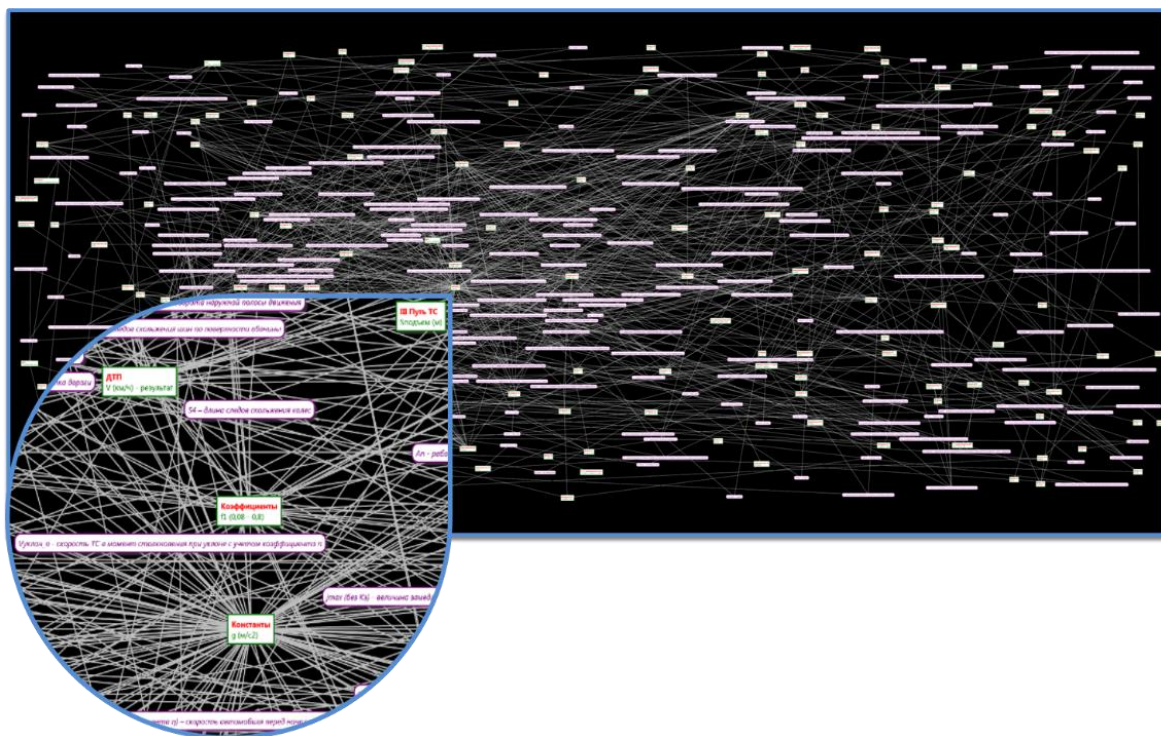


Рисунок 1 – Структура базы знаний ЭС «Анализ ДТП»

Результаты экспериментальных исследований проведены на примере ДТП Toyota Yaris при наезде на пешехода. В рассматриваемом происшествии изменено название улицы и скрыты данные по номеру автомобиля, с целью сохранения анонимности.

Описание ДТП: Автомобиль Toyota Yaris, следовавший по ул. Круговая, совершил наезд на пешехода, который переходил проезжую часть с правой стороны. Дорога на ул. Круговая с двусторонним движением. Было установлено, что водитель находился в состоянии алкогольного опьянения. Время реакции водителя составила 1,5 с, время запаздывания срабатывания привода 0,3 с, время замедления 0,2 с. Пешеход переходил дорогу через нерегулируемый пешеходный переход со скоростью 5 км/ч. Он успел пройти по полосе движения автомобиля расстояние, равное 1,4 м. Со слов свидетелей, скорость автомобиля Toyota Yaris в момент наезда составляла 50 км/ч.

Дорога на ул. Круговая с асфальтобетонным покрытием, в момент ДТП была сухая погода. Разрешенная максимальная скорость на данном участке дороги – 60 км/ч. По замерам длина тормозного пути ТС Toyota Yaris составила 32 м. Основная сила удара пришлась на правую переднюю часть бампера и капот автомобиля. Расстояние от правого края проезжей части до автомобиля 2 м. Габаритная ширина автомобиля 1,66 м.

Определить, была ли у водителя в сложившейся ситуации техническая возможность избежать наезда на пешехода? Исходные данные: $V = 13,89 \text{ м/с}$; $V_{II} = 1,39 \text{ м/с}$; $t_1 = 1,5 \text{ с}$; $t_2 = 0,3 \text{ с}$; $t_3 = 0,2 \text{ с}$; $S_4 = 32 \text{ м}$; $S_{II} = 2 \text{ м}$; $\Delta Y = 2 \text{ м}$; $B = 1,66 \text{ м}$; $f = 0,75$; $l_y = 0,7 \text{ м}$; $SpeedLimit = 60 \text{ км/ч}$.

Установить: была ли у водителя ТС Toyota Yaris в сложившейся ситуации техническая возможность избежать наезда на пешехода?

По этическим причинам фотоматериалы происшествия были заменены на фотоматериалы идентичного краш-теста.

Фотоматериалы представлены на рис. 2 – 5.



Рисунок 2 – Момент, когда водитель ТС Toyota Yaris мог заметить пешехода



Рисунок 3 – Момент первого контакта



Рисунок 4 – Момент торможения ТС Toyota Yaris

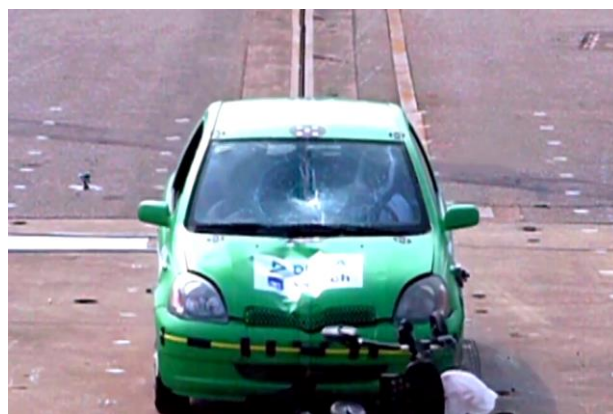


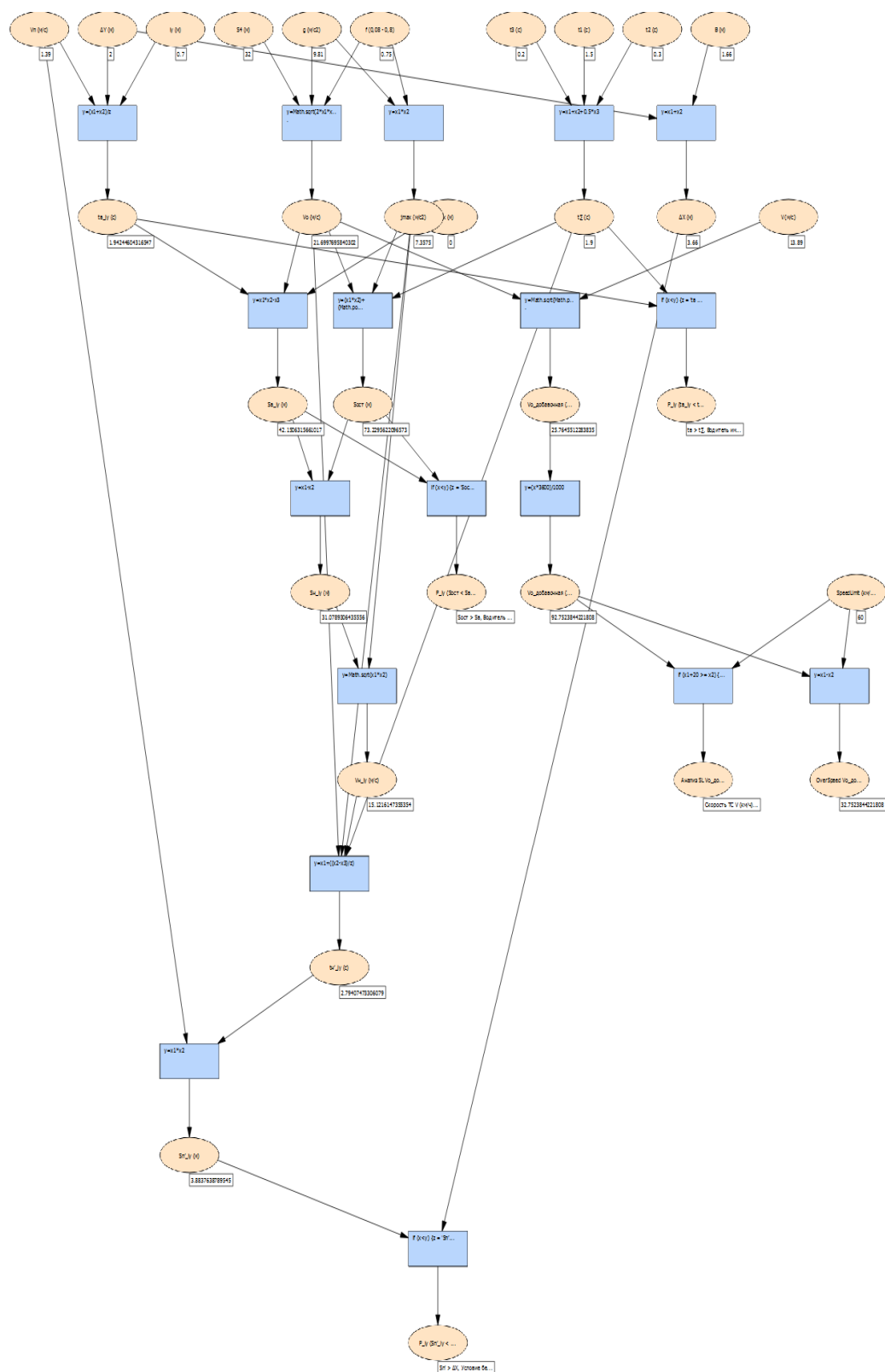
Рисунок 5 – Повреждения ТС Toyota Yaris

Входные данные были занесены в ЭС «Анализ ДТП». Данные с полученным результатом представлены на рис. 6.

Объект	Значение	Найти	Объект	Значение	Найти	Объект	Значение	Найти
- ДТП - I Характеристики ДТП и ТС - Характеристика ДТП - Характеристика ТС - B (м) 1,66 - hс (м) Число - hстекла (м) Число - jmax (м/с²) 7.3575 - jср (м/с²) Число - L (м) Число - La (м) Число - Lb (м) Число - lx (м) 0 - ly (м) 0,7 - M (кг) Число - M1 (кг) Число - M2 (кг) Число - ΔX (м) 3.66 - ΔY (м) 2 - Aw (Н·м) Число - Ax (Н·м) Число - Ap (Н·м) Число - As (Н·м) Число - II Скорость ТС - ΔV (м/с) Число - ΔV3 (м/с) Число - V (м/с) 13,89 - V' (м/с) Число - V_n (м/с) Число - Vo (м/с) 21.69976958 - Vo_β (м/с) Число - Vo_n (м/с) Число - Vкр.з. (м/с) Число - Vкр.о. (м/с) Число - Vn (м/с) Число - Vn_ly (м/с) 15.12161473 - Vo_n_β (м/с) Число - Vo_добавочная (м/с) 25.76455122 - Vo_подъем (м/с) Число - Vo_подъем_n (м/с) Число - Vo_уклон (м/с) Число - Vo_уклон_n (м/с) Число - Vn (м/с) 1,39 - Vподъем (м/с) Число - Vподъем_n (м/с) Число - Vсл (м/с) Число - Vуклон (м/с) Число - Vуклон_n (м/с) Число - Vю (м/с) Число			- Перевод V (км/ч) → V (м/с) - III Путь ТС - S1 (м) Число - S2 (м) Число - S3 (м) Число - S4 (м) 32 - S4_n (м) Число - S4_подъем (м) Число - S4_подъем_n (м) Число - S4_уклон (м) Число - S4_уклон_n (м) Число - S4' (м) Число - S4'_n (м) Число - S4'' (м) Число - S4''_n (м) Число - S4''' (м) Число - S4'''_n (м) Число - S6_грузового (м) Число - S6_легкового (м) Число - Se (м) Число - Se_ly (м) 42.15063156 - Sd (м) Число - Sk (м) Число - Sn (м) Число - Sn_ly (м) 31.07893064 - Sосколков (м) Число - Sост (м) 73.22956220 - Sn (м) Число - Sn' (м) Число - Sn'_ly (м) 3.883763878 - Sпад (м) Число - Sподъем (м) Число - Sc (м) Число - Sck (м) Число - Scl (м) Число - Sr (м) Число - Sуд (м) Число - IV Время - a (дел) Число - b (дел) Число - c (дел) Число - d (дел) Число - e (дел) Число - mtj (м/с²·дел) Число - mt (с/дел) Число - tΣ (с) 1.9 - t1 (с) 1,5 - t2 (с) 0,3			- t3 (с) 0,2 - t4 (с) Число - ts (с) Число - ts_ly (с) 1.942446043 - td (с) Число - tr' (с) Число - tr'_ly (с) 2.794074733 - ton (с) Число - тосколков (с) Число - tcl (с) Число - tr (с) Число - V (км/ч) - результат Число - Vo (км/ч) - результат Число - Vo_добавочная (км/ч) 92.75238442 - Анализ ДТП - ΔH_грузового (мм) Текст - ΔH_легкового (мм) Текст - BeltOFF Текст - BeltON Текст - P - предотвращение ДТП - P_ly - предотвращение ДТП - P_ly (Sост < Se_ly, Sост > Se_ly) Sост > Se, B - P_ly (Sn'_ly < ΔX, Sn'_ly > ΔX) Sn' > ΔX, Усп - P_ly (ts_ly < tΣ, ts_ly > tΣ) ts > tΣ, Водит - Скоростной режим - OverSpeed - OverSpeed V (км/ч) Число - OverSpeed Vo (км/ч) Число - OverSpeed Vo_добавочная (км/ч) 32.75238442 - SpeedLimit (км/ч) 60 - Анализ SL - Анализ SL V Текст - Анализ SL Vo Текст - Анализ SL Vo_добавочная Скорость ТС - Константы - g (м/с²) 9.81 - lгрузового (м) 14 - lлегкового (м) 5 - Коэффициенты - f (0,08 - 0,8) 0,75 - f1 (0,08 - 0,8) Число - f2 (0,08 - 0,8) Число - f3 (0,08 - 0,8) Число - fn (0,08 - 0,8) Число - η (0,5 - 0,86) Число - φ (0,015 - 0,3) Число - Kα (0,0 - 1,6) Число		

Рисунок 6 – Данные с полученным результатом в ЭС «Анализ ДТП»

Модель решения представлена на рисунке 7 в виде графа



Рассмотрим листинг решения, который состоит из 18 шагов:

```

Шаг № 0
Отношение:  $t_{в\_ly}$  – время видимости пешехода в зависимости от  $ly$ 
Правило:  $t_{в\_ly}$  – время видимости пешехода в зависимости от  $ly$ 
Входные параметры:
 $V_{п}$  (м/с)=1.39;
 $\Delta Y$  (м)=2;
 $ly$  (м)=0.7;
Формула:
 $y = (x1 + x2) / z$ 
Результат:  $t_{в\_ly}$  (с)=1.94244604316547;
-----

Шаг № 1
Отношение:  $V_o$  – скорость ТС перед началом торможения
Правило:  $V_o$  – скорость ТС перед началом торможения
Входные параметры:
 $S_4$  (м)=32;
 $g$  (м/с2)=9.81;
 $f$  (0,08 – 0,8)=0.75;
Формула:
 $y = \text{Math.sqrt}(2 * x1 * x2 * x3)$ 
Результат:  $V_o$  (м/с)=21.6997695840302;
-----

Шаг № 2
Отношение:  $S_{в\_ly}$ 
Правило:  $S_{в\_ly}$  – расстояние видимости пешехода (удаленность автомобиля от места наезда) в зависимости от  $ly$ 
Входные параметры:
 $lx$  (м)=0;
 $V_o$  (м/с)=21.6997695840302;
 $t_{в\_ly}$  (с)=1.94244604316547;
Формула:
 $y = x1 * x2 - x3$ 
Результат:  $S_{в\_ly}$  (м)=42.1506315661017;
-----

Шаг № 3
Отношение:  $t_{\Sigma}$  – суммарное время
Правило:  $t_{\Sigma}$  – суммарное время
Входные параметры:
 $t_3$  (с)=0.2;
 $t_1$  (с)=1.5;
 $t_2$  (с)=0.3;
Формула:
 $y = x1 + x2 + 0.5 * x3$ 
Результат:  $t_{\Sigma}$  (с)=1.9;
-----

Шаг № 4
Отношение:  $t_1, t_2, t_3, t_4, j_{\max}, j_{\max}$  (без  $K_{\Sigma}$ ),  $S_1, S_2, S_{п'}, S_{п'}_{ly}, S_{пад}, S_{уд}$ 
Правило:  $j_{\max}$  (без  $K_{\Sigma}$ ) – величина замедления без  $K_{\Sigma}$  – поправочный коэффициент эффективности торможения
Входные параметры:
 $g$  (м/с2)=9.81;
 $f$  (0,08 – 0,8)=0.75;
Формула:
 $y = x1 * x2$ 
Результат:  $j_{\max}$  (м/с2)=7.3575;
-----

Шаг № 5
Отношение:  $S_{ост}$  – длина остановочного пути
Правило:  $S_{ост}$  – длина остановочного пути
Входные параметры:
 $j_{\max}$  (м/с2)=7.3575;
 $t_{\Sigma}$  (с)=1.9;
 $V_o$  (м/с)=21.6997695840302;
Формула:
 $y = (x1 * x2) + (\text{Math.pow}(x2, 2) / (2 * z))$ 
Результат:  $S_{ост}$  (м)=73.2295622096573;
-----

Шаг № 6
Отношение:  $S_{п}, S_{п\_ly}, L_a, L_b, M_1, M_2, \Delta V, \Delta V_3, V_{ю}, \Delta V_3$  (в зависимости от  $j_{сл}$ ),  $V_{ю}$  (в зависимости от  $j_{сл}$ ),  $OverSpeed V, OverSpeed V_o, OverSpeed V_o_{добавочная}$ 

```

Правило: S_{n_ly} – расстояние, на которое переместился бы автомобиль после пересечения линии следования пешехода, если бы водитель действовал технически правильно, своевременно затормозив в зависимости от ly

Входные параметры:

$S_{ост} (м) = 73.2295622096573;$

$S_{в_ly} (м) = 42.1506315661017;$

Формула:

$y = x_1 - x_2$

Результат: $S_{n_ly} (м) = 31.0789306435556;$

Шаг № 7

Отношение: V_n, V_{n_ly}

Правило: V_{n_ly} – скорость автомобиля в момент пересечения им линии следования пешехода при условии своевременного торможения в зависимости от ly

Входные параметры:

$S_{n_ly} (м) = 31.0789306435556;$

$j_{max} (м/с^2) = 7.3575;$

Формула:

$y = \text{Math.sqrt}(x_1 * x_2)$

Результат: $V_{n_ly} (м/с) = 15.1216147355354;$

Шаг № 8

Отношение: tn', tn'_{ly}

Правило: tn'_{ly} – время движения автомобиля с момента возникновения опасной обстановки до пересечения линии следования пешехода при условии своевременного торможения в зависимости от ly

Входные параметры:

$V_{n_ly} (м/с) = 15.1216147355354;$

$j_{max} (м/с^2) = 7.3575;$

$t_{\Sigma} (с) = 1.9;$

$V_o (м/с) = 21.6997695840302;$

Формула:

$y = x_1 + ((x_2 - x_3) / z)$

Результат: $tn'_{ly} (с) = 2.79407473306079;$

Шаг № 9

Отношение: $t_1, t_2, t_3, t_4, j_{max}, j_{max} \text{ (без } K_{\alpha}), S_1, S_2, S_{п'}, S_{п'_{ly}}, S_{пад}, S_{уд}$

Правило: $S_{п'_{ly}}$ – перемещение пешехода за время tn'_{ly}

Входные параметры:

$tn'_{ly} (с) = 2.79407473306079;$

$V_{п} (м/с) = 1.39;$

Формула:

$y = x_1 * x_2$

Результат: $S_{п'_{ly}} (м) = 3.8837638789545;$

Шаг № 10

Отношение: $S_{б_грузового}, S_{б_легкового}, \Delta X, L, M, S_{осколков}, V_o, t_{оп}, V_{сл}$

Правило: ΔX – сумма расстояний от боковой поверхности автомобиля до границы опасной зоны и ширины колеи автомобиля

Входные параметры:

$\Delta Y (м) = 2;$

$B (м) = 1.66;$

Формула:

$y = x_1 + x_2$

Результат: $\Delta X (м) = 3.66;$

Шаг № 11

Отношение: $P (S_{п'} < \Delta X, S_{п'} > \Delta X), P_{ly} (S_{п'_{ly}} < \Delta X, S_{п'_{ly}} > \Delta X)$ – предотвращение ДТП

Правило: $S_{п'_{ly}} < \Delta X, S_{п'_{ly}} > \Delta X$

Входные параметры:

$S_{п'_{ly}} (м) = 3.8837638789545;$

$\Delta X (м) = 3.66;$

Формула:

$\text{if } (x < y) \{ z = 'S_{п'} \setminus u003C \Delta X, \text{Условие не безопасного перехода полосы движения ТС'}; \} \text{ else } \{ z = 'S_{п'} \setminus u003E \Delta X, \text{Условие безопасного перехода полосы движения ТС'}; \}$

Результат: $P_{ly} (S_{п'_{ly}} < \Delta X, S_{п'_{ly}} > \Delta X) = S_{п'} > \Delta X, \text{Условие безопасного перехода полосы движения ТС};$

Шаг № 12

Отношение: $V_o \text{ добавочная}$ – скорость автомобиля перед началом торможения при добавочной скорости V в момент столкновения ТС

Правило: $V_o \text{ добавочная}$ – скорость автомобиля перед началом торможения при добавочной скорости V в момент столкновения ТС

Входные параметры:

V (м/с)=13.89;

Vo (м/с)=21.6997695840302;

Формула:

y=Math.sqrt(Math.pow(x1,2)+Math.pow(x2,2))

Результат: Vo_добавочная (м/с)=25.7645512283835;

Шаг № 13

Отношение: Перевод V (м/с) → V (км/ч)

Правило: Vo_добавочная (м/с) → Vo_добавочная (км/ч)

Входные параметры:

Vo_добавочная (м/с)=25.7645512283835;

Формула:

y=(x*3600)/1000

Результат: Vo_добавочная (км/ч)=92.7523844221808;

Шаг № 14

Отношение: SpeedLimit - ограничение максимальной скорости

Правило: Анализ SL Vo_добавочная - параметр определяющий нарушение скоростного режима водителем по Vo_добавочная

Входные параметры:

SpeedLimit (км/ч)=60;

Vo_добавочная (км/ч)=92.7523844221808;

Формула:

if (x1 >= x2) {y = 'Скорость ТС V (км/ч) ≤ SpeedLimit, Водитель соблюдал скоростной режим';} else

{y = 'Скорость ТС V (км/ч) \u003E SpeedLimit, Водитель не соблюдал скоростной режим';} Результат:

Анализ SL Vo_добавочная=Скорость ТС V (км/ч) > SpeedLimit, Водитель не соблюдал скоростной режим;

Шаг № 15

Отношение: P (tv < tΣ, tv > tΣ), P_ly (tv_ly < tΣ, tv_ly > tΣ) - предотвращение ДТП

Правило: tv_ly < tΣ, tv_ly > tΣ

Входные параметры:

tv_ly (с)=1.94244604316547;

tΣ (с)=1.9;

Формула:

if (x<y) {z = 'tv \u003C tΣ, Водитель не имел технической возможности предотвратить ДТП';} else

{z = 'tv \u003E tΣ, Водитель имел возможность принять меры к предотвращению ДТП';}

Результат: P_ly (tv_ly < tΣ, tv_ly > tΣ)=tv > tΣ, Водитель имел возможность принять меры к предотвращению ДТП;

Шаг № 16

Отношение: Sn, Sn_ly, La, Lb, M1, M2, ΔV, ΔV3, Vю, ΔV3 (в зависимости от jсл), Vю (в зависимости от jсл), OverSpeed V, OverSpeed Vo_добавочная

Правило: OverSpeed Vo_добавочная - превышение максимальной скорости Vo_добавочная

Входные параметры:

Vo_добавочная (км/ч)=92.7523844221808;

SpeedLimit (км/ч)=60;

Формула:

y=x1-x2

Результат: OverSpeed Vo_добавочная (км/ч)=32.7523844221808;

Шаг № 17

Отношение: P (Sост < Sv, Sост > Sv), P_ly (Sост < Sv_ly, Sост > Sv_ly), P (Sост < Sn, Sост > Sn)

- предотвращение ДТП

Правило: Sост < Sv_ly, Sост > Sv_ly

Входные параметры:

Sост (м)=73.2295622096573;

Sv_ly (м)=42.1506315661017;

Формула:

if (x<y) {z = 'Sост \u003C Sv, Водитель имел возможность предотвратить ДТП своевременным торможением';} else {z = 'Sост \u003E Sv, Водитель не имел возможность предотвратить ДТП своевременным торможением. ТС не остановилось при торможении у линии следования пешехода, а пересекло ее';}

Результат: P_ly (Sост < Sv_ly, Sост > Sv_ly)=Sост > Sv, Водитель не имел возможность предотвратить ДТП своевременным торможением. ТС не остановилось при торможении у линии следования пешехода, а пересекло ее;

При помощи ЭС «Анализ ДТП», получаем следующий ответ: $t_B > t_{\Sigma} = 1,94 \text{ с} > 1,90 \text{ с}$. Водитель имел техническую возможность предотвратить ДТП. Так как соблюдается условие: $S_{ост} > S_B = 73,22 \text{ м} > 42,15 \text{ м}$, то автомобиль при торможении не остановился у линии следования пешехода, а пересек ее.

$S_{п'} > \Delta X = 3,88 \text{ м} > 3,66 \text{ м}$. Таким образом, своевременно затормозив, водитель не смог бы остановить автомобиль у линии следования пешехода, однако при этом пешеход мог бы покинуть опасную зону, если бы не менял скорости и направления своего движения.

$V_0 > SpeedLimit = 92,75 \text{ км/ч} > 60 \text{ км/ч}$. Следовательно, Toyota Yaris не соблюдал скоростной режим на ул. Круговая. Водитель Toyota Yaris двигался со скоростью 92,75 км/ч при максимально разрешенной 60 км/ч, тем самым превысив максимально разрешенную на данном участке скорость на 32,75 км/ч.

Для полноты представляемой информации, опираясь на данные, полученные из ЭС «Анализ ДТП» реконструируем данное происшествие при помощи блока СИМ. На рисунке 8 представлена реконструкция событий ДТП, которая разделена на четыре основных этапа: момент перед торможением ТС Toyota Yaris (когда водитель мог заметить пешехода), момент наезда на пешехода, момент торможения ТС Toyota Yaris и момент остановки ТС Toyota Yaris.

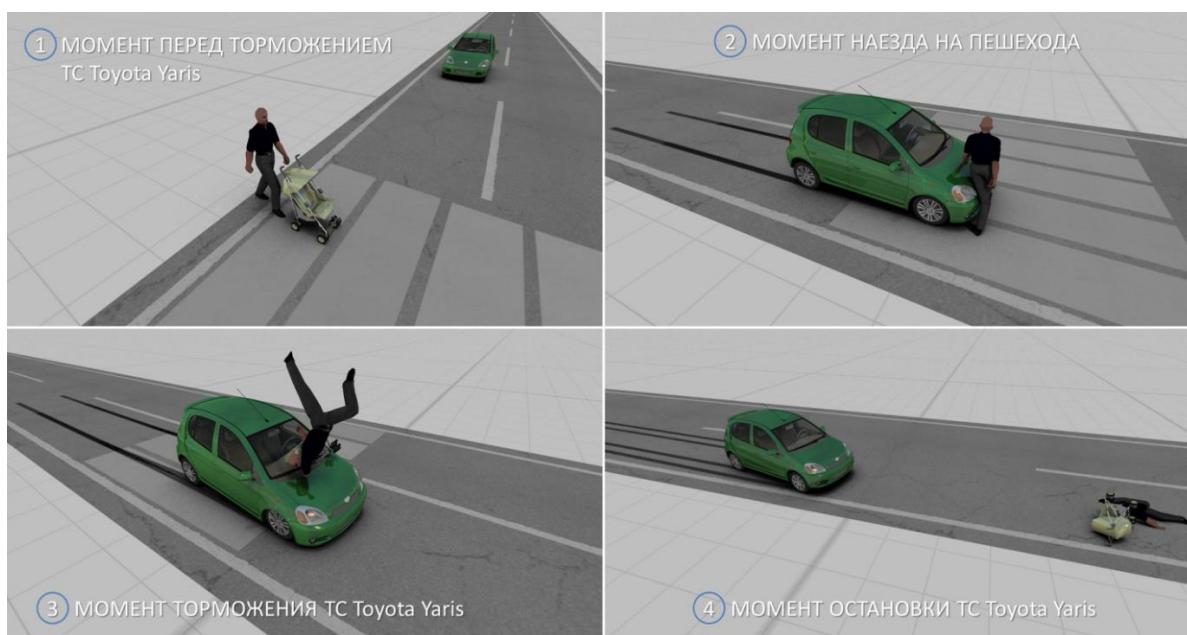


Рисунок 8 – Реконструкция происшествия

Таким образом, из полученных данных эксперт может сделать следующий вывод: своевременно затормозив, водитель не смог бы остановить автомобиль у линии следования пешехода, однако при этом пешеход мог бы покинуть опасную зону, если бы не менял скорости и направления своего движения. Не применив экстренное торможение, водитель действовал технически неправильно. Водитель Toyota Yaris виновен в рассматриваемом происшествии.

Заключение

Существуют все технологические предпосылки для создания логически рассуждающих систем, анализирующих ДТП и ПДД, а также контролирующих действия водителя. Одной из таких систем является Платформа реконструкции и экспертизы аварийных событий ДТП на базе логического искусственного интеллекта интеллектуальная. По оценкам, для проезда обычного перекрестка необходимо 300 логических правил («Если, то»). Применение классических экспертных систем с полно-переборной вычислительной сложностью к таким задачам потребует приблизительно $\sim 3,06e614$ вычислительных итераций. А если речь идет про анализ ДТП и установку объективных нарушений ПДД водителем или беспилотным ТС, то количество итераций может превышать значение $\sim 9,04e18128483$. Что доказывает потребность в описанной платформе.

Также, стоит заметить, что модуль ЛИСК ПДД является самостоятельным блоком и может быть применен в решении задач, связанных с системами помощи водителям ТС [24], [48].

Современные системы помощи водителю уже сейчас могут поддерживать безопасное расстояние до впереди идущего автомобиля, помогать при парковке и контролировать соблюдение скоростного режима. В то же время они не в полной мере предупреждают о нарушении ПДД. Это связано прежде всего с тем, что системы поддержки водителей не включают в свой состав модули оценки действий водителя. Речь прежде всего идет о контроле действий водителя, требующих принятия логических рассуждений, т.к. контроль «простых» нарушений (пересечение сплошной разделительной полосы, проезд на запрещающий сигнал светофора и игнорирование скоростного лимита) могут осуществляться средствами на базе методов сравнения с шаблонами решений и нейронных сетей. Система контроля водителя на базе модуля ЛИСК ПДД в отличие от существующих комплексов рефлексного уровня, может выполнять ситуационное управление в реальных дорожных условиях и строить алгоритмы действий со скоростью 1 млн правил/с., т.е. по всему объему ПДД. Система контроля будет подсказывать водителю разрешенные маневры, а в случае нарушения водителем ПДД – сможет сообщить ему о нарушении. Разрабатываемый программный продукт может встраиваться в системы поддержки водителей в новые автомобили или, в виде, отдельных модулей для используемых автомобилей.

Таким образом, можно сделать следующий вывод: Платформа реконструкции и экспертизы аварийных событий ДТП на базе логического искусственного интеллекта является ядром для создания отдельных самостоятельных решений в области анализа и экспертизы различных аварийных ситуаций и систем контроля и предотвращения таких ситуаций.

В перспективе разработанные математические модели реконструкции и экспертизы ДТП могут быть использованы в беспилотном транспорте [34]. Это позволит сотрудникам Госавтоинспекции автоматически устанавливать причины ДТП и формировать заключение о ДТП с четкой установкой степени виновности водителя или причин отказа узлов, систем и агрегатов транспортных средств.

Список литературы

1. Чуви́ков, Д.А. Модели и алгоритмы реконструкции и экспертизы аварийных событий дорожно-транспортных происшествий на базе логического искусственного интеллекта / Чуви́ков Д.А. М.: ИНФРА-М, 2020. 305 с. ISBN: 978-5-16-016711-4. DOI: 10.12737/1220729.

2. Mordor Intelligence. Unmanned Ground Vehicle Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2024 - 2029) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/unmanned-ground-vehicle-market> (дата обращения: 23.06.2024).
3. Анализ технологий трехмерного моделирования и создания 3D объектов для различных интеллектуальных систем / Чуви́ков Д.А., Казакова Н.А. и др. *Автоматизация и управление в технических системах*. 2014. № 2 (10). С. 84-97. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-2-9. URL: auts.esrae.ru/10-194
4. 3D modeling and 3D objects creation technology analysis for various intelligent systems / Chuvikov D.A., Kazakova N.A. et al. *International Journal of Advanced Studies*. 2014. Т.4, № 4. С. 16-22. DOI: 10.12731/2227-930X-2014-4-3. URL: journal-s.org/index.php/ijas/article/view/4065
5. Чуви́ков, Д.А. Применение миварных технологий в интеллектуальном имитационном моделировании / Д.А. Чуви́ков, А.О. Петерсон / *Автоматизация и управление в технических системах*. 2015. № 4.1; URL: auts.esrae.ru/16-346 (дата обращения: 18.08.2022).
6. Варламов, О.О. Использование миварного подхода в решении задач, связанных с имитационным моделированием / О.О. Варламов, Д.А. Чуви́ков. *ИММОД-2015: Труды конф.* М.: ИПУ РАН, 2015. Т. 1. С. 280-284.
7. Чуви́ков, Д.А. Сравнительный анализ инструментальных сред для разработки экспертных систем в различных предметных областях / Д.А. Чуви́ков, А.О. Петерсон. *Промышленные АСУ и контроллеры*. 2016. № 8. С. 20-27.
8. Чуви́ков, Д.А. Роль использования синтеза систем имитационного и экспертного моделирования / Чуви́ков Д.А. *Труды Конгресса «IS&IT'16»*. Т. 2. 2016. С. 125-128.
9. Чуви́ков, Д.А. *Модели и алгоритмы реконструкции и экспертизы аварийных событий дорожно-транспортных происшествий: дис. ... канд. технич. наук: 05.13.01* / Чуви́ков Д.А. М., 2017. 318 с.
10. Чуви́ков, Д.А. *Модели и алгоритмы реконструкции и экспертизы аварийных событий дорожно-транспортных происшествий: автореф. ... канд. технич. наук: 05.13.01* / Чуви́ков Д.А. М., 2017. 24 с.
11. Чуви́ков, Д.А. *Экспертная система «Анализ ДТП»*. Патент № 2017660355 от 21.09.2017 / Чуви́ков Д.А. Россия, 2017.
12. ICT.Moscow. *Платформа реконструкции и экспертизы аварийных событий ДТП на базе логического ИИ* [Электронный ресурс]. URL: <https://ict.moscow/projects/ai/presentation/platforma-rekonstruktsii-i-ekspertizy-avariinykh-sobytiy-dtp-na-baze-logicheskogo-ii/> (дата обращения: 25.06.2024).
13. О перспективах использования миварного подхода в системах контроля за соблюдением правил дорожного движения / Аладин Д.В., Варламов О.О. и др. *Технологии и компоненты интеллектуальных транспортных систем*. 2018. С. 127-140.
14. Аладин, Д.В. Принципы создания системы контроля за соблюдением правил дорожного движения на базе миварных технологий / Аладин Д.В. *Студенческая научная весна*. 2018. С. 260.
15. Чуви́ков, Д.А. Модели и алгоритмы реконструкции и экспертизы аварийных событий дорожно-транспортных происшествий на базе логического искусственного интеллекта / Чуви́ков Д.А. М.: ИНФРА-М, 2020. 305 с. ISBN: 978-5-16-016711-4. DOI: 10.12737/1220729.
16. Чуви́ков Д.А. Универсальные алгоритмы взаимодействия экспертной системы и системы имитационного моделирования / Чуви́ков Д.А. *T-Comm*. 2017. №4(11). С.34-40.
17. Чуви́ков, Д.А. Об экспертной системе «Анализ ДТП», основанной на концепции миварного подхода / Чуви́ков Д.А. *Проблемы искусственного интеллекта*. 2017. № 2 (5). С. 78-88.
18. Чуви́ков Д.А. О методике объединения экспертной системы, построенной на базе миварного подхода, и системы имитационного моделирования для решения класса задач реконструкции и экспертизы аварийных событий ДТП / Чуви́ков Д.А. *Труды Конгресса «IS&IT'17»*. Т. 1. 2017. С. 313-321.
19. Чуви́ков, Д.А. О методике объединения миварной экспертной системы и системы имитационного моделирования для решения класса задач реконструкции и экспертизы аварийных событий ДТП / Чуви́ков Д.А. *Труды Конгресса «IS&IT'18»*. Т. 1. 2018. С. 364-372.
20. Mivar models of reconstruction and expertise of emergency events of road accidents / Chuvikov D.A., Varlamov O.O. et al. *IASF-2018*. 2019. Vol. 534. 14 p. DOI: 10.1088/1757-899X/534/1/012007.
21. Control of machines and robots: creation of mivar decision-making systems for controlling autonomous tractors and special vehicles of the ministry of emergencies / Aladin D.V., Varlamov O.O. et al. *ToPME-2019*. 2020. Vol. 747. 6 p. DOI: 10.1088/1757-899X/747/1/012098.
22. О создании интеллектуальной системы «Миварная активная энциклопедия» / Байбарин Р.Г., Кучеренко М.А. и др. *Сборник трудов научного симпозиума технологов-машиностроителей «Фундаментальные основы физики, химии и механики наукоёмких технологических систем формообразования и сборки изделий»*. 2021. С. 219-227.
23. Аладин, Д.В. Об архитектурных особенностях систем интеллектуального планирования и систем

- контроля за соблюдением правил дорожного движения / Д.В. Аладин, Д.А. Чувиков, О.О. Варламов. *Сборник статей «Искусственный интеллект в автоматизированных системах управления и обработки данных»*. 2022. С. 27-34.
24. Чувиков, Д.А. Миварное представление оперативного мышления водителя ВАТС / Д.А. Чувиков, Д.В. Аладин. *МИВАР'22*. 2022. С. 351-356.
25. Аладин, Д.В. Миварные системы интеллектуального планирования и контроля за соблюдением ПДД / Д.В. Аладин, Д.А. Чувиков. *МИВАР'22*. 2022. С. 344-350.
26. Варламов, О.О. Системный анализ и синтез моделей данных и методы обработки информации в самоорганизующихся комплексах оперативной диагностики: дис. ... докт. тех. наук: 05.13.01 / Варламов О.О. М., 2003. 307 с.
27. Варламов, О.О. *Эволюционные базы данных и знаний для адаптивного синтеза интеллектуальных систем. Миварное информационное пространство* / Варламов О.О. М.: Радио и связь, 2002. 288 С. ISBN 5-256-01650-4.
28. О создании миварной экспертной системы для автоматизации выбора банковских кредитов / Корнеева А.П., Черненко С.В., Шкуратова Л.П., Семенов Д.В., Аладин Д.В., Чувиков Д.А. *Труды Конгресса «IS&IT'22»*. Т.2. 2022. С. 272-280.
29. Чувиков, Д.А. О экспертной системе "Метаболический синдром. Диагноз и лечение" для врача терапевта и эндокринолога / Чувиков Д.А. *Труды Конгресса «IS&IT'21»*. 2021. С. 560-567.
30. МЭС «Метаболический синдром» для терапевта и эндокринолога / Чувиков Д.А., Адамова Л.Е., Булатова И.Г., Аладин Д.В., Осипов В.Г. *МИВАР'22*. 2022. С. 105-114.
31. *Клиентская часть программного комплекса на основе информационно-аналитической системы с поддержкой принятия решений об эффективности и безопасности применения термолабильных компонентов крови в медицинской практике*. Патент № 2021680245 от 08.12.2021 / Аладин Д.В., Чувиков Д.А. и др. Россия, 2021.
32. *Серверная часть программного комплекса на основе информационно-аналитической системы с поддержкой принятия решений об эффективности и безопасности применения термолабильных компонентов крови в медицинской практике*. Патент № 2022610851 от 17.01.2022 / Аладин Д.В., Чувиков Д.А. и др. Россия, 2022.
33. О разработке миварной экспертной системы «Метаболический синдром. диагноз и лечение» для врача терапевта и эндокринолога / Чувиков Д.А., Адамова Л.Е. и др. *Сборник трудов «Фундаментальные основы физики, химии и механики наукоёмких технологических систем формообразования и сборки изделий»*. 2021. С. 395-403.
34. Shadrin S.S. Experimental autonomous road vehicle with logical artificial intelligence / S.S. Shadrin, A.M. Ivanov, O.O. Varlamov. *Journal of advanced transportation*. 2017. С. 2492765.
35. Varlamov O.O. "Brains" for Robots: Application of the Mivar Expert Systems for Implementation of Autonomous Intelligent Robots / Varlamov O.O. *Big Data Research*. 2021. Vol.25, 100241.
36. Миварные системы принятия решений роботов. Роборазум / Варламов О.О., Коценко А.А. и др. М.: Инфра-М, 2024. 549 с.
37. Применение миварной экспертной системы для улучшения точности распознавания речи для развития машиностроительного искусственного интеллекта / Румянцев О.К., Писарчук Н.А. и др. *Сборник трудов «Фундаментальные основы физики, химии и механики наукоёмких технологических систем формообразования и сборки изделий»*. 2022. С. 300-306.
38. О трех возможностях применения логического искусственного интеллекта для подготовки и повышения квалификации специалистов для наукоёмких технологий в машиностроении / Адамова Л.Е., Гузева Т.А. и др. *Сборник трудов «Современные тенденции развития инструментальных систем и металлообрабатывающих комплексов»*. 2022. С. 321-329.
39. 2022: развитие машиностроительного ИИ для СПЖЦ / Трищенко А.В., Осипов В.Г. и др. *МИВАР'22*. 2022. С. 433-439.
40. О развитии в 2022 году машиностроительного ИИ для систем полного жизненного цикла изделий / Трищенко А.В., Осипов В.Г. и др. *Информация и образование: границы коммуникаций*. 2022. № 14 (22). С. 215-217.
41. О развитии машиностроительного искусственного интеллекта для систем полного жизненного цикла изделий / Трищенко А.В., Осипов В.Г. и др. *Сборник статей «Искусственный интеллект в автоматизированных системах управления и обработки данных»*. 2022. С. 105-112.
42. Машиностроительный искусственный интеллект: разработка методик логического искусственного интеллекта для систем полного жизненного цикла изделий / Трищенко А.В., Осипов В.Г. и др. *Сборник трудов ДГТУ «Машиностроительные технологические системы»* 2022. С. 403-409.

43. О создании интеллектуальной системы «Миварная активная энциклопедия» / Байбарин Р.Г., Кучеренко М.А. и др. *Сборник трудов «Фундаментальные основы физики, химии и механики наукоёмких технологических систем формообразования и сборки изделий»*. 2021. С. 219-227.
44. Проект «Миварная активная энциклопедия» / Байбарин Р.Г., Кучеренко М.А. и др. *МИВАР'22*. 2022. С. 178-186.
45. Перспективная схема построения системы распознавания речи с применением миварной экспертной системы / Румянцев О.К., Писарчук Н.А. и др. *Искусственный интеллект: теоретические аспекты, практическое применение*. 2022. С. 186-191.
46. О создании миварной экспертной системы для улучшения точности распознавания речи / Румянцев О.К., Писарчук Н.А. и др. *Труды Конгресса «IS&IT'22»*. Т.2. 2022. С. 24-31.
47. О преимуществах и недостатках современных больших языковых моделей для построения диалоговых систем / Чуви́ков Д.А., Ким Р.И. и др. *Труды Конгресса «IS&IT'23»*. Т.2. 2023. С. 40-47.
48. Аладин Д.В. Миварные системы интеллектуального планирования и контроля за соблюдением ПДД / Д.В. Аладин, Д.А. Чуви́ков. *МИВАР'22*. 2022. С. 344-350.

References

1. Chuvikov, D.A. Models and algorithms for the reconstruction and examination of emergency events of road traffic accidents based on logical artificial intelligence / Chuvikov D.A. М.: INFRA-M, 2020. 305 p. ISBN: 978-5-16-016711-4. DOI: 10.12737/1220729.
2. Mordor Intelligence. Unmanned Ground Vehicle Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2024 - 2029) [Electronic resource]. URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/unmanned-ground-vehicle-market> (accessed: 06/23/2024).
3. Analysis of three-dimensional modeling technologies and 3D objects creation technology analysis for various intelligent systems / Chuvikov D.A., Kazakova N.A. et al. *Automation and control in technical systems*. 2014. No. 2 (10). P. 84-97. DOI: 10.12731/2306-1561-2014-2-9. URL: auts.esrae.ru/10-194
4. 3D modeling and 3D objects creation technology analysis for various intelligent systems / Chuvikov D.A., Kazakova N.A. et al. *International Journal of Advanced Studies*. 2014. Vol. 4. No. 4. P. 16-22. DOI: 10.12731/2227-930X-2014-4-3. URL: journal-s.org/index.php/ijas/article/view/4065
5. Chuvikov, D.A. Application of mivar technologies in intelligent simulation modeling / D.A. Chuvikov, A.O. Peterson / *Automation and control in technical systems*. 2015. No. 4.1; URL: auts.esrae.ru/16-346 (date of access: 18.08.2022).
6. Varlamov, O.O. Using the mivar approach in solving problems related to simulation modeling / O.O. Varlamov, D.A. Chuvikov. *IMMOD-2015: Proceedings of the conf. Moscow: IPU RAS*, 2015. Vol. 1. P. 280-284.
7. Chuvikov, D.A. Comparative analysis of tool environments for developing expert systems in various subject areas / D. A. Chuvikov, A. O. Peterson. *Industrial ACS and controllers*. 2016. No. 8. P. 20-27.
8. Chuvikov, D. A. The role of using the synthesis of simulation and expert modeling systems / Chuvikov D. A. *Proceedings of the Congress "IS&IT'16"*. Vol. 2. 2016. P. 125-128.
9. Chuvikov, D. A. Models and algorithms for the reconstruction and examination of emergency events of road accidents: dis. ... candidate of technical sciences: 05.13.01 / Chuvikov D. A. Moscow, 2017. 318 p.
10. Chuvikov, D. A. Models and algorithms for the reconstruction and examination of emergency events of road accidents: author's abstract. ... PhD in Engineering: 05.13.01 / Chuvikov D.A. Moscow, 2017. 24 p.
11. Chuvikov, D.A. Expert system "Accident Analysis". Patent No. 2017660355 dated 09.21.2017 / Chuvikov D.A. Russia, 2017.
12. ICT.Moscow. Platform for reconstruction and examination of accident events based on logical AI [Electronic resource]. URL: <https://ict.moscow/projects/ai/presentation/platforma-rekonstruktsii-i-ekspertizy-avariinykh-sobytiy-dtp-na-baze-logicheskogo-ii/> (date of access: 06.25.2024).
13. On the Prospects of Using the Mivar Approach in Traffic Rules Compliance Monitoring Systems / Aladin D.V., Varlamov O.O. et al. *Technologies and Components of Intelligent Transport Systems*. 2018. pp. 127-140.
14. Aladin, D.V. Principles of Creating a Traffic Rules Compliance Monitoring System Based on Mivar Technologies / Aladin D.V. *Student Scientific Spring*. 2018. p. 260.

15. Chuvikov, D.A. Models and Algorithms for Reconstruction and Expertise of Emergency Events of Road Traffic Accidents Based on Logical Artificial Intelligence / Chuvikov D.A. Moscow: INFRA-M, 2020. 305 p. ISBN: 978-5-16-016711-4. DOI: 10.12737/1220729.
16. Chuvikov D.A. Universal algorithms for interaction between an expert system and a simulation modeling system / Chuvikov D.A. T-Comm. 2017. No. 4 (11). P. 34-40.
17. Chuvikov, D.A. On the expert system "Accident Analysis" based on the concept of the mivar approach / Chuvikov D.A. Problems of Artificial Intelligence. 2017. No. 2 (5). P. 78-88.
18. Chuvikov D.A. On the methodology for combining an expert system built on the basis of the mivar approach and a simulation modeling system to solve a class of problems of reconstruction and examination of emergency events of road accidents / Chuvikov D.A. Proceedings of the Congress "IS&IT'17". T. 1. 2017. P. 313-321.
19. Chuvikov, D.A. On the methodology of combining a mivar expert system and a simulation modeling system to solve a class of problems of reconstruction and expertise of emergency events of road accidents / Chuvikov D.A. Proceedings of the Congress "IS&IT'18". T. 1. 2018. P. 364-372.
20. Mivar models of reconstruction and expertise of emergency events of road accidents / Chuvikov D.A., Varlamov O.O. et al. IASF-2018. 2019. Vol. 534. 14 p. DOI: 10.1088/1757-899X/534/1/012007.
21. Control of machines and robots: creation of mivar decision-making systems for controlling autonomous tractors and special vehicles of the ministry of emergencies / Aladin D.V., Varlamov O.O. et al. ToPME-2019. 2020. Vol. 747. 6 p. DOI: 10.1088/1757-899X/747/1/012098.
22. On the creation of the intelligent system "Mivar Active Encyclopedia" / Baibarin R.G., Kucherenko M.A. et al. Collection of works of the scientific symposium of mechanical engineers "Fundamental foundations of physics, chemistry and mechanics of science-intensive technological systems for shaping and assembly of products". 2021. P. 219-227.
23. Aladin, D.V. On the architectural features of intelligent planning systems and traffic enforcement systems / D.V. Aladin, D.A. Chuvikov, O.O. Varlamov. Collection of articles "Artificial Intelligence in Automated Control and Data Processing Systems". 2022. Pp. 27-34.
24. Chuvikov, D.A. Mivar representation of the operational thinking of a vehicle driver / D.A. Chuvikov, D.V. Aladin. MIVAR'22. 2022. Pp. 351-356.
25. Aladin, D.V. Mivar systems of intelligent planning and traffic enforcement / D.V. Aladin. D.A. Chuvikov. MIVAR'22. 2022. Pp. 344-350.
26. Varlamov, O.O. Systems analysis and synthesis of data models and methods of information processing in self-organizing complexes of operational diagnostics: diss. ... Doctor of Engineering Sciences: 05.13.01 / Varlamov O. O. Moscow, 2003. 307 p.
27. Varlamov, O. O. Evolutionary databases and knowledge for adaptive synthesis of intelligent systems. Mivar information space / Varlamov O. O. Moscow: Radio and communication, 2002. 288 p. ISBN 5-256-01650-4.
28. On the creation of a mivar expert system for automation of the selection of bank loans / Korneeva A. P., Chernenkiy S. V., Shkuratova L. P., Semenov D. V., Aladin D. V., Chuvikov D. A. Proceedings of the Congress "IS&IT'22". V. 2. 2022. P. 272-280.
29. Chuvikov, D.A. On the expert system "Metabolic syndrome. Diagnosis and treatment" for a therapist and endocrinologist / Chuvikov D.A. Proceedings of the Congress "IS&IT'21". 2021. P. 560-567.
30. MES "Metabolic syndrome" for a therapist and endocrinologist / Chuvikov D.A., Adamova L.E., Bulatova I.G., Aladin D.V., Osipov V.G. MIVAR'22. 2022. P. 105-114.
31. The client part of the software package based on the information and analytical system with support for decision-making on the effectiveness and safety of using thermolabile blood components in medical practice. Patent No. 2021680245 dated 08.12.2021 / Aladin D.V., Chuvikov D.A. et al. Russia, 2021.
32. The server part of the software package based on the information and analytical system with support for decision-making on the effectiveness and safety of using thermolabile blood components in medical practice. Patent No. 2022610851 dated 17.01.2022 / Aladin D.V., Chuvikov D.A. et al. Russia, 2022.
33. On the development of the mivar expert system "Metabolic syndrome. diagnosis and treatment" for a therapist and endocrinologist / Chuvikov D.A., Adamova L.E. et al. Collection of works "Fundamental foundations of physics, chemistry and mechanics of science-intensive technological systems for shaping and assembly of products". 2021. P. 395-403.
34. Shadrin S.S. Experimental autonomous road vehicle with logical artificial intelligence / S.S. Shadrin, A.M. Ivanov, O.O. Varlamov. Journal of advanced transportation. 2017. P. 2492765.
35. Varlamov O.O. "Brains" for Robots: Application of the Mivar Expert Systems for Implementation of Autonomous Intelligent Robots / Varlamov O.O. Big Data Research. 2021. Vol.25, 100241.

36. Mivar decision-making systems for robots. Roborazum / Varlamov O.O., Kotsenko A.A. et al. Moscow: Infra-M, 2024. 549 p.
37. Application of a mivar expert system to improve the accuracy of speech recognition for the development of mechanical engineering artificial intelligence / Rumyantsev O.K., Pisarchuk N.A. et al. Collection of papers "Fundamentals of physics, chemistry and mechanics of high-tech systems for shaping and assembling products." 2022. Pp. 300-306.
38. On three possibilities of applying logical artificial intelligence for training and advanced training of specialists for high-tech in mechanical engineering / Adamova L.E., Guzeva T.A. et al. Collection of papers "Modern trends in the development of instrumental systems and metalworking complexes." 2022. Pp. 321-329.
39. 2022: development of mechanical engineering AI for the SPC / Trishchenkov A.V., Osipov V.G. and others. MIVAR'22. 2022. Pp. 433-439.
40. On the development in 2022 of mechanical engineering AI for systems of the full product life cycle / Trishchenkov A.V., Osipov V.G. et al. Information and education: boundaries of communications. 2022. No. 14 (22). Pp. 215-217.
41. On the development of mechanical engineering artificial intelligence for systems of the full product life cycle / Trishchenkov A.V., Osipov V.G. et al. Collection of articles "Artificial Intelligence in Automated Control and Data Processing Systems". 2022. Pp. 105-112.
42. Mechanical engineering artificial intelligence: development of methods of logical artificial intelligence for systems of the full product life cycle / Trishchenkov A.V., Osipov V.G. and others. Collection of works of DSTU "Mechanical-engineering technological systems" 2022. Pp. 403-409.
43. On the creation of the intelligent system "Mivar active encyclopedia" / Baibarin R.G., Kucherenko M.A. et al. Collection of works "Fundamental foundations of physics, chemistry and mechanics of science-intensive technological systems for shaping and assembling products". 2021. Pp. 219-227.
44. Project "Mivar active encyclopedia" / Baibarin R.G., Kucherenko M.A. et al. MIVAR'22. 2022. Pp. 178-186.
45. A promising scheme for constructing a speech recognition system using a mivar expert system / Rumyantsev O.K., Pisarchuk N.A. et al. Artificial Intelligence: Theoretical Aspects, Practical Application. 2022. Pp. 186-191.
46. On the creation of a mivar expert system to improve the accuracy of speech recognition / Rumyantsev O.K., Pisarchuk N.A. et al. Proceedings of the Congress "IS&IT'22". Vol. 2. 2022. Pp. 24-31.
47. On the advantages and disadvantages of modern large language models for constructing dialogue systems / Chuvikov D.A., Kim R.I. et al. Proceedings of the Congress "IS&IT'23". Vol. 2. 2023. Pp. 40-47.
48. Aladin D.V. Mivar systems for intelligent planning and control over compliance with traffic rules / D.V. Aladin, D.A. Chuvikov. MIVAR'22. 2022. P. 344-350.

RESUME

D. A. Chuvikov

Development the Platform for Reconstruction and Examination of Emergency Events of Road Accidents Based on Logical Artificial Intelligence

The project has been in development since 2014, and a PhD dissertation has been defended on this topic. From 2014 to 2024, the project has experienced significant growth. Over 92 scientific works have been published on the subject, including 3 monographs, 9 articles in Scopus-indexed journals, 2 software patents, and 1 defended PhD dissertation. The initial data were derived from methodological materials in the disciplines of "Traffic Accident Examination" and "Investigation and Analysis of Traffic Accidents".

To solve the tasks at hand, methods of systems analysis, discrete mathematics, expert modeling theory, simulation modeling, graph theory, systems theory, as well as traffic accident investigation and analysis methods were employed.

The platform for reconstructing and analyzing traffic accident events based on logical artificial intelligence serves as the core for creating individual solutions in the field of analysis and investigation of various accident scenarios, as well as systems for

monitoring and preventing such incidents. In the future, the developed mathematical models for traffic accident reconstruction and analysis can be used in autonomous vehicles. This will enable traffic police officers to automatically determine the causes of accidents and generate reports with clear identification of driver fault or the reasons for failures in vehicle components, systems, and units.

The project "Platform for reconstruction and examination of emergency events of road accidents based on logical artificial intelligence" represents the first system capable of performing objective analysis and investigation of traffic violations, as well as investigating traffic accidents involving both autonomous and manned vehicles.

РЕЗЮМЕ

Д. А. Чувиков

Разработка платформы реконструкции и экспертизы аварийных событий дорожно-транспортных происшествий на базе логического искусственного интеллекта

Проект развивается с 2014 года, также по теме проекта была защищена кандидатская диссертация. В период с 2014 – 2024 проект активно развивается. Написано по тематике более 92 научных работ, среди которых 3 монографии, 9 статей в журналах, входящих в Scopus, 2 патента на программное обеспечение и 1 защищенная кандидатская диссертация. За исходные данные были взяты методологические материалы по дисциплинам «Экспертиза ДТП» и «Расследование и экспертиза ДТП».

Для решения поставленных задач использовались методы системного анализа, дискретной математики, теории экспертного моделирования, имитационного моделирования, графов, систем, а также методы расследования и экспертизы ДТП.

Платформа реконструкции и экспертизы аварийных событий ДТП на базе логического искусственного интеллекта является ядром для создания отдельных самостоятельных решений в области анализа и экспертизы различных аварийных ситуаций и систем контроля и предотвращения таких ситуаций. В перспективе разработанные математические модели реконструкции и экспертизы ДТП могут быть использованы в беспилотном транспорте. Это позволит сотрудникам Госавтоинспекции автоматически устанавливать причины ДТП и формировать заключение о ДТП с четкой установкой степени виновности водителя или причин отказа узлов, систем и агрегатов транспортных средств.

Проект «Платформа реконструкции и экспертизы аварийных событий дорожно-транспортных происшествий на базе логического искусственного интеллекта» представляет собой первую систему, способную выполнять объективный анализ и экспертизу нарушений ПДД, а также исследовать ДТП с участием как беспилотных, так и пилотируемых транспортных средств.

Чувиков Дмитрий Алексеевич – к.т.н., ФГБОУ ВО МАДИ, НИИ МИВАР, Россия, 127521, Москва, ул. Октябрьская, д. 72, d.chuvikov@list.ru.

Область научных интересов: Системный анализ, управление и обработка информации.

Статья поступила в редакцию 14.03.2024.