Ч

УДК 004.891+004.82

Д. А. Чувиков
ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»
125319, г. Москва, Ленинградский проспект, д. 64

ОБ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЕ «АНАЛИЗ ДТП», ОСНОВАННОЙ НА КОНЦЕПЦИИ МИВАРНОГО ПОДХОДА

D. A. Chuvikov
State Technical University – MADI
64, Leningradsky Pr., Moscow, 125319, Russia

ABOUT THE EXPERT SYSTEM «ANALYSIS MVA», BASED ON THE CONCEPT OF THE MIVAR APPROACH

Д. О. Чувиков
ФДБОУ ВО «Московський автомобільно-дорожній державний технічний університет (МАДІ)»
125319, м. Москва, Ленінградський пров., буд. 64

ПРО ЕКСПЕРТНУ СИСТЕМУ «АНАЛІЗ ДТП», ЗАСНОВАНУ НА КОНЦЕПЦІЇ МІВАРНОГО ПІДХОДУ

Статья посвящена исследованию экспертной системы «Анализ ДТП», основанной на концепции миварного подхода. Также в статье рассматриваются новые модели реконструкции и экспертизы ДТП в формализме базы знаний двудольных ориентированных миварных сетей, которые включают в себя формулы анализа тормозных качеств автомобиля, определение скоростных показателей автомобиля в условиях конкретной ДТС, формулы расчета различных случаев: скольжения автомобиля при торможении, движения автомобиля на криволинейных участках дороги, наезда автомобиля на пешехода при равномерном движении и неограниченной видимости.
Ключевые слова: экспертная система, база знаний, экспертное моделирование, ДТП, мивар, миварная сеть, экспертиза, Wi!Mi.

The article is devoted to the research of the expert system “Analysis MVA” based on the concept of the mivar approach. The article also considers new models for reconstructing and expertasing of traffic accidents in the form of the knowledge base for mivar bipartite directed networks including formulae for analyzing vehicle’s braking ability and speed properties for an individual road traffic accident, as well as formulae for computation of different cases of vehicle’s slip while braking, motion on the curved stretch of the road, vehicle-pedestrian accidents with uniform motion and unlimited visibility.
Key words: expert system, knowledge base, expert modeling, MVA, mivar, mivar network, expertise, Wi!Mi.

Стаття присвячена дослідженню експертної системи «Аналіз ДТП», заснованої на концепції міварного підходу. Також у статті розглядаються нові моделі реконструкції та експертизи ДТП у формалізмі бази знань дводольних орієнтованих міварних мереж, які включають у себе формули аналізу гальмівних якостей автомобіля, визначення швидкісних показників автомобіля в умовах конкретної ДТС, формули розрахунку різних випадків: ковзання автомобіля при гальмуванні, руху автомобіля на криволінійних ділянках дороги, наїзду автомобіля на пішохода при рівномірному русі та необмеженій видимості.
Ключові слова: експертна система, база знань, експертне моделювання, ДТП, мівар, міварна мережа, експертиза, Wi! Mi.

Введение

В настоящее время жизнь и жизнедеятельность человека неразрывно связаны с использованием различных транспортных средств (ТС) [1], [2] как в личной жизни, так и в сфере производства. Без постоянного развития автомобильного транспорта был бы невозможен технический и социальный прогресс человеческого общества в целом. В России в 2016 году уровень автомобилизации составил 317 транспортных средств на 1000 человек. По прогнозам специалистов, в ближайшей перспективе в России уровень насыщения автотранспортными средствами к 2020 году достигнет 550 единиц на 1000 жителей страны (примерно каждый второй житель будет водителем). Постоянное увеличение количества автомобилей на дорогах неминуемо приводит к появлению дорожно-транспортных происшествий (ДТП) и пострадавших от ДТП. Важным аспектом является вопрос установления степени виновности водителя в ДТП. В настоящее время, расчеты спорных случаев ДТП для установления виновных выполняются экспертами вручную. Следовательно, существует необходимость в разработке моделей реконструкции и экспертизы ДТП, а также специального математического обеспечения в виде экспертной системы (ЭС) [3] анализа и экспертизы ДТП для снижения количества ошибок и ускорения процесса экспертизы аварийных событий ДТП. Стоит отметить, что в работе разрабатывается глобальная модель реконструкции и экспертизы ДТП в формализме базы знаний (БЗ) двудольных ориентированных миварных сетей, включающая в себя множество локальных моделей реконструкции и экспертизы ДТП. Под «глобальной» моделью будем понимать общую модель БЗ, а под «локальной» моделью будем понимать частную модель БЗ, которая была сформирована для решения конкретной задачи из элементов (параметров и правил) глобальной модели.

Экспертная система «Анализ ДТП»

Структура ЭС «Анализ ДТП» состоит из 16 классов. Глобального класса «ДТП», подклассов «I Характеристики дорожного полотна (ДП) и ТС», «II Скорость ТС», «III Путь ТС», «IV Время», «Анализ ДТП», «Константы», «Коэффициенты», под-подклассов «Характеристика ДП», «Характеристика ТС», «Перевод V (км/ч) → V (м/с)», «P – предотвращение ДТП», «P_ly – предотвращение ДТП», «Скоростной режим» и под-под-подклассов «OverSpeed» (определение значения превышения максимальной разрешенной скорости), «Анализ SL» (анализ факта нарушения скоростного режима). На рис. 1 представлена структура классов ЭС «Анализ ДТП», а на рис. 2 представлен вид структуры классов ЭС «Анализ ДТП» в системе КЭСМИ 2.1 (Wi!Mi) [4–6]. ЭС «Анализ ДТП» состоит из 144 параметров, 93 отношений, 352 правил, в которые входит 109 ограничений [7], [8].

Таким образом, при помощи системы КЭСМИ (Wi!Mi) [9-11], в основе которой лежат концепции миварного подхода [12-20], разработана база знаний ЭС «Анализ ДТП». Создана глобальная модель реконструкции и экспертизы ДТП в формализме БЗ двудольных ориентированных миварных сетей Q являющаяся множеством локальных моделей $Q = A \cup B \cup C \cup D \cup E$ тормозные качества автомобиля (множество моделей A), скорость автомобиля (множество моделей B), случаи скольжения автомобиля при торможении (множество моделей C), движение автомобиля на криволинейных участках дороги (множество моделей D), наезд на пешехода при равномерном движении и неограниченной видимости (множество моделей E).

То есть A, B, C, D, E – конкретные локальные модели, имеющие соответственно подмножество моделей:

$$A = \{A_1, A_2, \ldots, A_{n_A}\},$$
$$B = \{B_1, B_2, \ldots, B_{n_B}\},$$
$$C = \{C_1, C_2, \ldots, C_{n_C}\},$$
$$D = \{D_1, D_2, \ldots, D_{n_D}\},$$
$$E = \{E_1, E_2, \ldots, E_{n_E}\}.$$

Здесь, n_A, n_B, n_C, n_D, n_E – количество конкретных моделей соответствующей тематики.

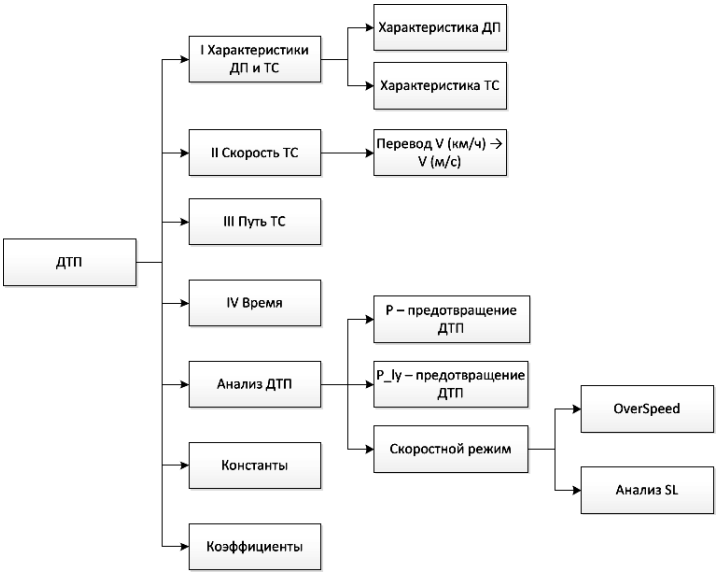

Рисунок 1 – Структура классов ЭС «Анализ ДТП»

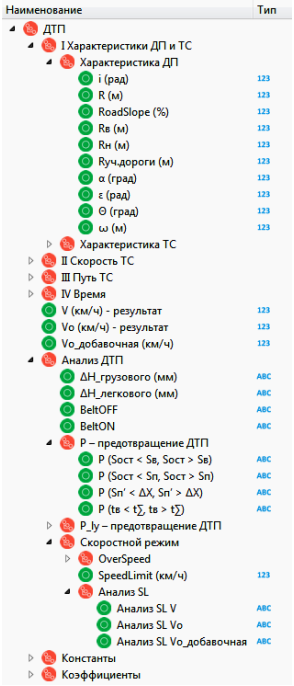

Рисунок 2 – Вид структуры классов ЭС «Анализ ДТП» в системе КЭСМИ 2.1 (Wi!Mi)

На рис. 3 представлена глобальная модель реконструкции и экспертизы ДТП в формализме БЗ двудольных ориентированных миварных сетей [17–20], включающая в себя формулы анализа тормозных качеств автомобиля, определения скоростных показателей автомобиля в условиях конкретной дорожно-транспортной ситуации (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. Соответственно для каждой конкретной задачи строится своя локальная модель реконструкции и экспертизы ДТП. Таким образом, получается множество моделей.

Параметрами модели [21] является множество $P_{\exp} = \{P_1, P_2, \ldots, P_{144}\}$:

P_1 – величина замедления j_{max};

P_2 – ускорение свободного падения g;

P_3 – коэффициент сцепления шины с поверхностью дороги f;
P_4 – поправочный коэффициент эффективности торможения $K_Э$;
P_5 – скорость автомобиля перед началом торможения V_0;
…
P_{144} – длина тормозного пути S_4.

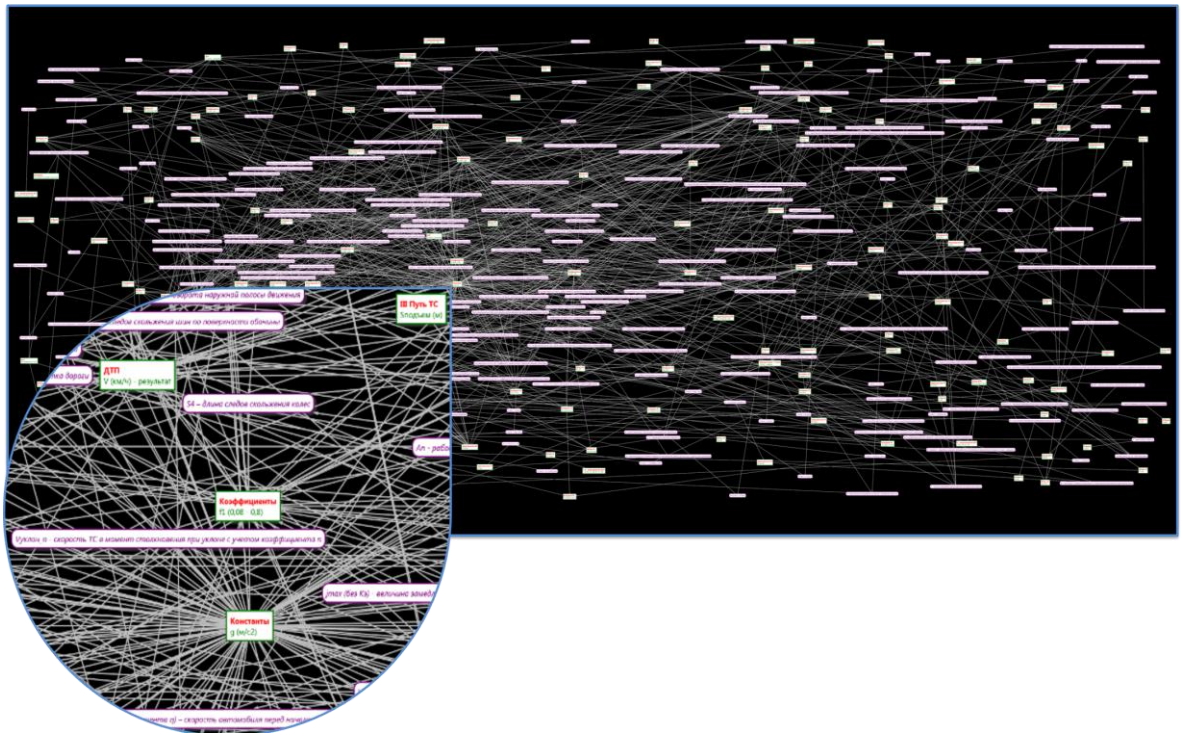

Рисунок 3 – Глобальная модель базы знаний ЭС «Анализ ДТП»

Правилами модели является множество $R_{\exp} = \{R_1, R_2, ..., R_{352}\}$:

$$R_1(P_1, P_2): P_3 = \frac{P_1}{P_2} \Leftrightarrow f = \frac{j_{\max}}{g};$$

$$R_4(P_2, P_3, P_4): P_1 = \frac{P_3 \cdot P_2}{P_4} \Leftrightarrow j_{\max} = \frac{f \cdot g}{K Э};$$

$$R_7(P_2, P_3, P_{144}) \in P_5 = \sqrt{2 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_{144}} \Leftrightarrow V_0 = \sqrt{2 \cdot g \cdot f \cdot S_4};$$

$$\ldots$$

$$R_{352}(P_1, P_5): P_{144} = \frac{P_5^2}{2 \cdot P_1} \Leftrightarrow S_4 = \frac{V_0^2}{2 \cdot j_{\max}}.$$

Множество ограничений модели $C_{\exp} = \{C_1, C_2, ..., C_{109}\}$, где $C_{\exp} \subseteq R_{\exp}$:

$$C_1(P_3): 0{,}08 \le P_3 \le 0{,}8 \Leftrightarrow 0{,}08 \le f \le 0{,}8;$$

$$C_2(P_4): 1 \le P_4 \le 1{,}6 \Leftrightarrow 1 \le K_Э \le 1{,}6;$$

$$C_3(P_1): P_1 \ge 0 \Leftrightarrow j_{\max} \ge 0;$$

$$\ldots$$

$$C_{109}(P_{144}): P_{144} \ge 0 \Leftrightarrow S_4 \ge 0.$$

По набору параметров и правил $\{P_{\exp}, R_{\exp}\}$ строится миварная сеть. Миварная сеть по своей сути может быть представлена в виде двудольного ориентированного графа. Таким образом, сеть состоит из следующих элементов двудольного ориентированного графа: вершин первого типа (параметры $P_{\exp}$), вершин второго типа (правила $R_{\exp}$) и ребер графа, которые их связывают между собой (рис. 4) [21–23].

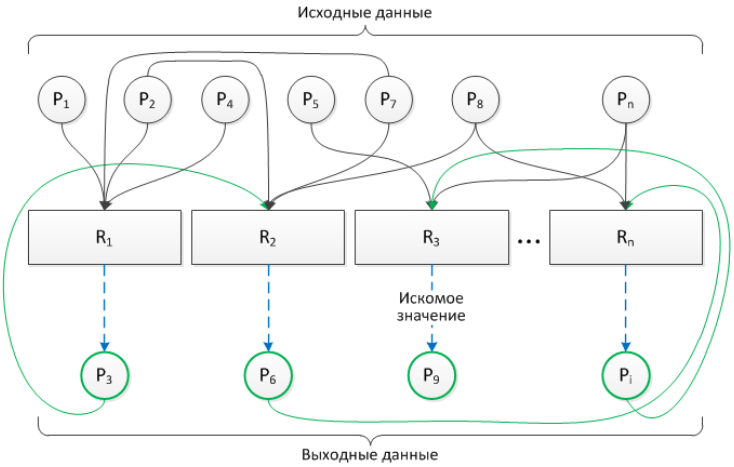

Рисунок 4 – Алгоритм работы ЭС «Анализ ДТП»

Также миварную сеть можно представить в виде двумерной матрицы M размерности $P_{\exp} \times R_{\exp}$ (рис. 5).

	1	2	3	4	5	...	N-2	N-1	N	N+1
1	X	X	X					Y	Y	
2			X	Y	Y			X	X	
...						...				
M		X		X	X		Y			
M+1		Z	Z			W	W			

Рисунок 5 – Представление миварной сети в виде матрицы *M+1* × *N+1*

Рассмотрим рис. 5 более подробно, где *M* – количество правил в описании задачи, а *N* – количество всех объектов, то есть переменных в правилах; *X* – входные переменные в конкретном правиле, а *Y* – выходные переменные в конкретном правиле соответственно; *Z* – признак известной переменной, а *W* – искомая переменная; *(N+1)* – строка для признаков факта возможности запуска правила, когда известны все входные переменные и факта выполнения правила для исключения повторного запуска правила; *(M+1)* – строка для признака известной переменной *Z*.

Матрица *M+1* × *N+1* содержит описание конкретной предметной области, в которой по строкам расположены все правила, а по столбцам – все параметры. В начале решения задачи в матрице *M+1* × *N+1* проставлены все значения *X* и *Y*, которые задают модель описания задачи. Далее проставляется признак *Z* в *(M+1)*-ой строке для всех известных входных переменных, а *W* – для переменных, которые требуется найти [20, 24]. Поиск решения осуществляется по самому короткому пути.

Стоит отметить, что для каждого параметра $P_{\exp}$ хранится информация о всех правилах $R_{\exp}$, для которых он является входным или выходным параметром. В свою очередь для каждого правила $R_{\exp}$ хранится информация обо всех его входных и выходных параметрах $P_{\exp}$, включая и информацию о количестве входных и выходных

параметров. На основе анализа матрицы M определяется факт наличия успешного маршрута решения, далее определяется «кратчайший» маршрут, наиболее оптимальный по заданным критериям оптимальности, который будет являться решением.

В каждом элементе – параметре P_{exp} (вершине) или правиле R_{exp} (ребре), миварной сети определены все элементы, из которых можно за один шаг попасть в другой конкретный элемент или наоборот. Таким образом, находясь в любом месте миварной сети всегда известно, как в это место можно прийти и куда из него можно перейти. Этот фактор исключает использование переборов при поиске решения на миварной сети. Также стоит отметить, что при необходимости можно добавлять в матрицу P_{exp} новые параметры (элементы матрицы P_{exp}), как и в матрицу R_{exp} новые правила (элементы матрицы R_{exp}), тем самым наполнять или расширять существующую БЗ (модель). Построение алгоритма решения ЭС не зависит от порядка нумерации параметров и правил.

Рассмотрим абстрактную задачу, где P – параметр, R – правило (рис. 6). Исходные данные: P_1, P_2, P_4, P_5, P_7, P_8, …, P_n. Найти: P_9.

В процессе решения задачи находим P_3 через правило R_1. Искомая P_3 становится входным параметром правила R_2. Для нахождения P_9 необходимо определить значение входного параметра P_i. Это значение определяется через R_n, на вход которого подается найденный параметр P_6 и заданные параметры P_8 и P_n. На рис. 6 представлен процесс нахождения искомого параметра P_9.

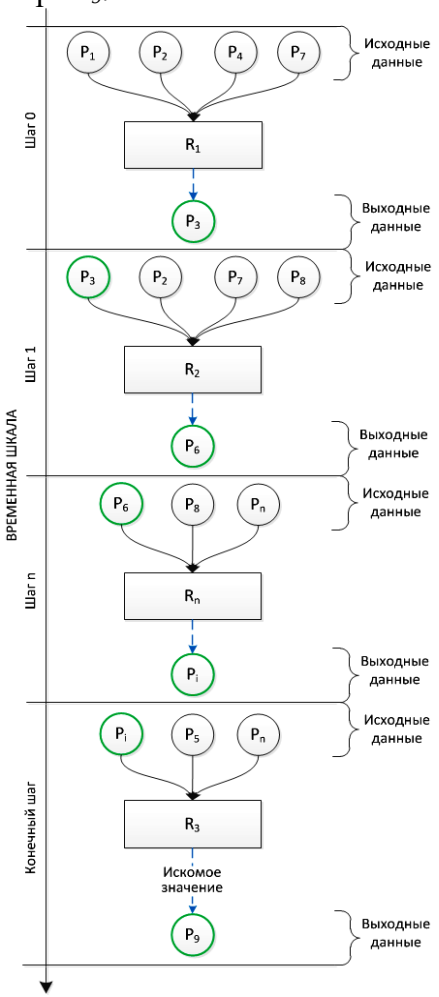

Рисунок 6 – Процесс нахождения искомого параметра P_9

Выводы

Использование концепции миварного подхода позволило создать многомерную БЗ большой размерноси (рис. 3), которую можно постоянно наращивать (добавлять новые правила и параметры), а также быстро в ней находить искомое значение без перебора, за счет построения миварной сети. Сам миварный подход [5, 18, 25–32] позволяет работать с различными формами представления данных (знаний), включая и работу с бесконечными описаниями сущностей в миварном многомерном динамическом информационном пространстве [14, 20]. Стоит отметить, что разработанная глобальная модель (рис. 3), включая локальные модели реконструкции и экспертизы ДТП в формализме БЗ двудольных ориентированных миварных сетей является принципиально новизной.

Рассматриваемая БЗ была заложена в ЭС «Анализ ДТП», в основе которой лежит миварный подход. Разработанная система позволила автоматизировать процесс принятия решений сотрудником экспертного центра при реконструкции и экспертизе аварийных событий ДТП, а также позволило снизить трудоемкость процесса расчета спорных ДТС, снизить возникновение ошибок при расчете, повысить достоверность и объективность полученных результатов, снизить требования к квалификации экспертов, повысить скорость и качество расчетов.

Список литературы

1. Методика получения нечетко-множественных оценок для оптимизированного размера операционного заказа в мультимодальной транспортной сети [Текст] / В. И. Сторожев, В. Е. Болнокин, Д. А. Чувиков, Нгуен Динь Чунг // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 5. – С. 78–82.
2. Применение многосерверных систем обработки информации для управления транспортными процессами морского порта [Текст] / В. Е. Болнокин, Д. А. Чувиков, Нгуен Динь Чунг, Зыонг Минь Хай // Фундаментальные исследования. – 2017.– № 5. – С. 26–30.
3. Чувиков Д.А. Применение экспертного моделирования в получении новых знаний человеком [Текст] / Д. А. Чувиков // Радиопромышленность. – 2017. – № 2. – С. 72–80.
4. Чувиков Д. А. Использование среды Wi!Mi 2.1 для создания интеллектуальных систем [Текст] / Д. А. Чувиков // Научный альманах.– 2017. – № 1–3(27). – С.137–140.
5. Чувиков Д. А. Моделирование поведения автономного робота-гида в среде V-REP с использованием миварного конструктора алгоритмов [Текст] / Д. А. Чувиков, Д. В. Сараев // МИКМУС-2016 : Сборник трудов конференции. – 2017. – С. 302–305.
6. Чувиков Д. А. Автоматическое конструирование алгоритмов решения задач по физике в программной среде КЭСМИ [Текст] / Д. А. Чувиков, К. В. Назаров // Труды Конгресса «IS&IT'16». – Т. 2. – 2016. – С. 38–41.
7. Чувиков Д. А. Использование системы «Анализ ДТП» при экспертизе и анализе аварийных событий дорожно-транспортных происшествий [Текст] / Д. А. Чувиков // Научный альманах. – 2017. – № 3-3 (29). – С. 240–243.
8. Чувиков Д. А. Использование экспертной системы «Анализ ДТП» и системы имитационного моделирования Virtual CRASH 3.0 для решения задач, поставленных перед экспертно-криминалистическим центром [Текст] / Д. А. Чувиков // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2017 – № 5. – С. 23–34.
9. Чувиков Д. А. Сравнительный анализ инструментальных сред для разработки экспертных систем в различных предметных областях [Текст] / Д. А. Чувиков, А. О. Петерсон // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2016. – № 8. – С. 20–27.
10. Chuvikov D. A. Designing algorithms for solving physics problems on the basis of mivar approach [Текст] / D. A. Chuvikov, K. V. Nazarov // International Journal of Advanced Studies. – 2016. – Т. 6. – № 3. – С. 31–50.
11. Designing algorithms for service robots on the basis of mivar approach [Текст] / A. A. Panferov, E. A. Zhdanovich, K. A. Yufimychev, D. A. Chuvikov // International Journal of Advanced Studies. – 2016. – Т. 6. – № 3. – P. 72–86.
12. Варламов О.О. Основы многомерного информационного развивающегося (миварного) пространства представления данных и правил [Текст] / О. О. Варламов // Информационные технологии. – 2003. – № 5. – С. 42–47.

13. Практикум по миварному моделированию и созданию экспертных систем. На примере программного комплекса "Конструктор экспертных систем МИВАР 1.1" (КЭСМИ 1.1) [Текст] : Учебное пособие / О. О. Варламов, М. О. Чибирова, А. М. Хадиев, П. Д. Антонов [и др.] ; под ред. О. О. Варламова. – М. : НИИ «МИВАР» 2015. – 246 с.
14. Варламов О. О. Логический искусственный интеллект создан на основе миварного похода! МИВАР: активные БД с линейным логическим выводом > 3млн правил => понимание смысла + сингулярность в виртуальной реальности [Текст] / О. О. Варламов. – Саарбрюкен, Германия : LAP LAMBERT Academic Publishing Gmbh & Co. KG, 2012. – 700 с.
15. Варламов О. О. Обзор двадцати пяти лет развития миварного подхода к разработке интеллектуальных систем и создания искусственного интеллекта [Текст] / О. О. Варламов // Труды НИИР. – 2011. – № 1. – С.34-44.
16. Варламов О. О. Основы многомерного информационного развивающегося (миварного) пространства представления данных и правил [Текст] / О. О. Варламов // Информационные технологии. – 2003. – № 5. – С. 42–47.
17. Варламов О. О. Параллельная обработка потоков информации на основе виртуальных потоковых баз данных [Текст] / О. О. Варламов // Известия вузов. Электроника. – 2003. – № 5. – С. 82–89.
18. Варламов О. О. Перспективы создания миварных систем управления для автономных интеллектуальных роботов [Текст] / О. О. Варламов // Радиопромышленность. – 2015. – № 3. – С. 210–225.
19. Варламов О. О. Практическая реализация линейной вычислительной сложности логического вывода на правилах «Если-То» в миварных сетях и обработка более трех миллионов правил [Текст] / О. О. Варламов // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – №1. – С. 60–97.
20. Варламов О.О. Системный анализ и синтез моделей данных и методы обработки информации в самоорганизующихся комплексах оперативной диагностики: дис. … д-ра. технич. наук: 05.13.01. [Текст] / О. О. Варламов. – М., 2003. – 307 с.
21. Чувиков Д.А. Методика объединения экспертной системы и системы имитационного моделирования [Текст] / Д. А. Чувиков // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2017. – № 3. – С. 11–18.
22. Чувиков Д. А. Универсальные алгоритмы взаимодействия экспертной системы и системы имитационного моделирования [Текст] / Д. А. Чувиков // T-Comm. – 2017. – № 4(11). – С.34–40.
23. Чувиков Д. А. Универсальный подход объединения экспертной системы и системы имитационного моделирования [Текст] / Д. А. Чувиков // XI Международная отраслевая научно-техническая конференция «Технологии информационного общества». – 2017. – С. 463–464.
24. Варламов О. О. Эволюционные базы данных и знаний для адаптивного синтеза интеллектуальных систем. Миварное информационное пространство [Текст] / О. О. Варламов – М. : Науч.-техн. изд-во «Радио и связь», 2002. – 286 с.
25. Чувиков Д. А. Применение миварного логического ядра в решении задач, связанных с ситуационным трехмерным моделированием [Текст] / Д. А. Чувиков // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. – 2016. – Т. 8, №6. – С.53–58.
26. О перспективах создания автономных интеллектуальных роботов на основе миварных технологий [Текст] / О. О.Варламов, В. М. Лазарев, Д. А. Чувиков, П. Джха // Радиопромышленность. – 2016. – № 4. – С. 91–100.
27. Чувиков Д. А. Применение процедурной анимации в решении интеллектуальных задач и проблем, связанных с ситуационным трехмерным моделированием [Текст] / Д. А. Чувиков // Радиопромышленность. – 2015. – № 3. – С. 184–190.
28. Чувиков Д. А. Применение физического движка в решении задач, связанных с ситуационным трехмерным моделированием в реальном времени [Текст] / Д. А. Чувиков // Радиопромышленность. – 2015. – № 3. – С. 191–199.
29. Чувиков Д.А. Применение графического движка в решении интеллектуальных задач, связанных с ситуационным трехмерным моделированием [Текст] / Д. А. Чувиков // Радиопромышленность. – 2015. – № 3. – С. 200–209.
30. Вычисление произвольных алгоритмов функционирования сервисных роботов на основе миварного подхода [Текст] / Е. А. Жданович, П. К. Чернышев, К. А. Юфимычев, Д. В. Елисеев, Д. А. Чувиков // Радиопромышленность. – 2015. – № 3. – С. 226–242.
31. Чувиков Д. А. Разработка игрового виртуального симулятора [Текст] / Д. А. Чувиков // – М. : БИБЛИО-ГЛОБУС, 2017. – 164 с.
32. Чувиков Д. А. Разработка электронного образовательного ресурса (ЭОР) «МИВАР». «МИВАР» - логический искусственный интеллект [Текст] / Д. А. Чувиков. – Саарбрюкен : LAP LAMBERT, 2015. – 65 с.
33. Варламов О. О. Миварные технологии как некоторые направления искусственного интеллекта [Текст] / О. О. Варламов // Проблемы искусственного интеллекта. – 2015. – № 0 (1). – С. 23–37.

References

1. Storozhev V.I., Bolnokin V.E., Chuvikov D.A., Nguen Dinh Chung. Metodika polucheniya nechetko-mnozhestvennykh otsenok dlya optimizirovannogo razmera operatsionnogo zakaza v mul'timodal'noi transportnoi seti [The method of obtaining fuzzy-multiple assessments for optimized size of operational order in multimodal order in multimodal transport network]. *Fundamentalnye issledovaniya* [Fundamental Research], 2017, no. 5, pp. 78-82.
2. Bolnokin V.E. Chuvikov D.A., Nguen Dinh Chung, Duong Minh Hai. Primenenie mnogoservernykh sistem obrabotki informatsii dlya upravleniya transportnymi protsessami morskogo porta [Application of multi-server processing systems for control of transport processes for marine port] *Fundamentalnye issledovaniya* [Fundamental Research], 2017, no. 5, pp. 26-30.
3. Chuvikov D.A. Primenenie ekspertnogo modelirovaniya v poluchenii novykh znanii chelovekom [Application of expert modeling in new knowledge obtained by man]. *Radiopromyshlennost'* [Radio Industry], 2017, no. 2, pp. 72-80.
4. Chuvikov D.A. Ispol'zovanie sredy Wi!Mi 2.1 dlya sozdaniya intellektual'nykh system [Use the software Wi!Mi 2.1 for creation intelligent systems]. *Naucniy almanakh* [Science Almanac], 2017, no. 1-3(27), pp. 137-140.
5. Chuvikov D.A., Saraev D.V. Modelirovanie povedeniya avtonomnogo robota-gida v srede V-REP s ispol'zovaniem mivarnogo konstruktora algoritmov[Modeling the behavior of an autonomous robot-guide in the environment V-REP with mivar algorithm designer], *MICMUS-2016. Conference Proceedings*, 2017, pp. 302-305.
6. Chuvikov D.A., Nazarov K.V. Avtomaticheskoe konstruirovanie algoritmov resheniya zadach po fizike v programmnoi srede KESMI. *Proceedings of the Congress «IS&IT'16»*, vol. 2, 2016, pp. 38-41.
7. Chuvikov D.A. Ispol'zovanie sistemy «Analiz DTP» pri ekspertize i analize avariinykh sobytii dorozhno-transportnykh proisshestvii [Use of the «Analysis MVA» system in the examination and analysis of emergency events of the road accidents]. *Naucniy Almanakh* [Science Almanac], 2017, no. 3-3 (29), pp. 240-243.
8. Chuvikov D.A. Ispol'zovanie ekspertnoi sistemy «Analiz DTP» i sistemy imitatsionnogo modelirovaniya Virtual CRASH 3.0 dlya resheniya zadach, postavlennykh pered ekspertno-kriminalisticheskim tsentrom [The Use of Expert System «Analysis MVA» and Simulation System VIRTUAL CRASH 3.0 for Solving Tasks of Criminal Expertise Centre]. *Promyshlennye ASU I controllery* [Industrial Automatic Control Systems and Controllers], 2017, no. 5, pp. 23-34.
9. Chuvikov D.A., Peterson A.O. Sravnitel'nyi analiz instrumental'nykh sred dlya razrabotki ekspertnykh sistem v razlichnykh predmetnykh oblastyakh [Comparative Analysis of Tool Environments for Developing Expert Systems in Different Subject Domains]. *Promyshlennye ASU I controllery* [Industrial Automatic Control Systems and Controllers], 2016, no. 8, pp. 20-27.
10. Chuvikov D.A., Nazarov K.V. Designing algorithms for solving physics problems on the basis of mivar approach. *International Journal of Advanced Studies*, 2016, vol. 6, no. 3, pp. 31-50.
11. Panferov A.A., Zhdanovich E.A., Yufimychev K.A., Chuvikov D.A. Designing algorithms for service robots on the basis of mivar approach. *International Journal of Advanced Studies*, 2016, vol. 6, no. 3, pp. 72-86.
12. Varlamov O.O. Osnovy mnogomernogo informatsionnogo razvivayushchegosya (mivarnogo) prostranstva predstavleniya dannykh i pravil. *Informacionnye tehnologii* [Information Technologies], 2003, no. 5, pp. 42-47.
13. Varlamov O.O., Chibirova M.O., Khadiev A.M., Antonov P.D., Sergushin G.S., Protopopova D.A., Zhdanovich E.A., Zbavitel' P.Yu., Saraev D.V., Shoshev I.A., Peterson A.O. *Praktikum po mivarnomu modelirovaniyu i sozdaniyu ekspertnykh sistem. Na primere programmnogo kompleksa "Konstruktor ekspertnykh sistem MIVAR 1.1" (KESMI 1.1)*: manual (ed.: Varlamov O.O), Moscow, Research Institute "MIVAR", 2015. 246 p.
14. Varlamov O.O. *Logicheskii iskusstvennyi intellekt sozdan na osnove mivarnogo podkhoda! MIVAR: aktivnye BD s lineinym logicheskim vyvodom > 3mln pravil => ponimanie smysla + singulyarnost' v virtual'noi real'nosti*. Saarbrucken, Germany, LAP LAMBERT Academic Publishing Gmbh & Co. KG, 2012. 700 p.
15. Varlamov O.O. Obzor dvadtsati pyati let razvitiya mivarnogo podkhoda k razrabotke intellektual'nykh sistem i sozdaniya iskusstvennogo intellekta. *Trudy NIIR* [NIIR Proceedings], 2011, no 1, pp. 34-44.
16. Varlamov O.O. Osnovy mnogomernogo informatsionnogo razvivayushchegosya (mivarnogo) prostranstva predstavleniya dannykh i pravil. *Informacionnye tehnologii* [Information Technologies], 2003, no. 5, pp. 42-47.

17. Varlamov O.O. Parallel'naya obrabotka potokov informatsii na osnove virtual'nykh potokovykh baz dannykh. *Izvestiya vuzov. Elektronika*, 2003, no. 5, pp. 82-89.
18. Varlamov O.O. Perspektivy sozdaniya mivarnykh sistem upravleniya dlya avtonomnykh intellektual'nykh robotov [Prospects of developing mivar management systems for autonomous intelligent robots]. *Radiopromyshlennost'* [Radio Industry], 2015, no. 3, pp. 210-225.
19. Varlamov O.O. Prakticheskaya realizatsiya lineinoi vychislitel'noi slozhnosti logicheskogo vyvoda na pravilakh «Esli-To» v mivarnykh setyakh i obrabotka bolee trekh millionov pravil. *Avtomatizatsiya i upravlenie v tekhnicheskikh sistemakh* [Automation and Control in Technical Systems],2013, no. 1, pp. 60-97.
20. Varlamov O.O. *Sistemnyi analiz i sintez modelei dannykh i metody obrabotki informatsii v samoorganizuyushchikhsya kompleksakh operativnoi diagnostiki*: diss.. … Doc. Of Eng.: 05.13.01, Moscow, 2003. 307 p.
21. Chuvikov D.A. Metodika ob"edineniya ekspertnoi sistemy i sistemy imitatsionnogo modelirovaniya [Methodology of Combining Expert System and Simulation System]. *Promyshlennye ASU I controllery* [Industrial Automatic Control Systems and Controllers], 2017, no. 3, pp. 11-18.
22. Chuvikov D.A. Universal'nye algoritmy vzaimodeistviya ekspertnoi sistemy i sistemy imitatsionnogo modelirovaniya [The universal algorithm of interaction between expert system and simulation system]// *T-Comm*, 2017, no. 4(11), pp. 34-40.
23. Chuvikov D.A. Universal'nyi podkhod ob"edineniya ekspertnoi sistemy i sistemy imitatsionnogo modelirovaniya. *XI Mezhdunarodnaya otraslevaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya «Tekhnologii informatsionnogo obshchestva».* [XI International Industrial Scientific and Technical Conference “Information Society Technologies”], 2017, pp. 463-464.
24. Varlamov O.O. *Evolyutsionnye bazy dannykh i znanii dlya adaptivnogo sinteza intellektual'nykh sistem. Mivarnoe informatsionnoe prostranstvo*, Moscow, «Radio i svyaz'» Publ., 2002. 286 p.
25. Chuvikov D.A. Primenenie mivarnogo logicheskogo jadra v reshenii zadach, svjazannyh s imitacionnym trehmernym modelirovaniem [Mivar logical core application in solving tasks related to situational three-dimensional modeling]. *H&ES Research*, vol. 8, no. 6, pp. 53-58.
26. Varlamov O.O., Lazarev V.M., Chuvikov D.A., Jha P. O perspektivakh sozdaniya avtonomnykh intellektual'nykh robotov na osnove mivarnykh tekhnologii [Prospects for development of autonomous intelligent robots on the basis of mivar technologies]. *Radiopromyshlennost'* [Radio Industry], 2016, no. 4, pp. 91-100.
27. Chuvikov D.A. Primenenie procedurnoj animacii v reshenii intellektual'nyh zadach, svjazannyh s situacionnym trehmernym modelirovaniem [Procedural animation application in solving intelligent problems associated with situational three-dimensional modeling] *Radiopromyshlennost'* [Radio Industry], 2015, no. 3, pp. 184-190.
28. Chuvikov D.A. Primenenie fizicheskogo dvizhka v reshenii zadach, svyazannykh s situatsionnym trekhmernym modelirovaniem v real'nom vremeni [Physics engine application in solving tasks related to situational three-dimensional realtime simulation]. *Radiopromyshlennost'* [Radio Industry], 2015. no. 3, pp.. 191-199.
29. Chuvikov D.A. Primenenie graficheskogo dvizhka v reshenii zadach, svyazannykh s situatsionnym trekhmernym modelirovaniem v real'nom vremeni [Graphics engine application in solving tasks related to situational three-dimensional realtime simulation]. *Radiopromyshlennost'* [Radio Industry], 2015, no. 3, pp. 200-209.
30. Zhdanovich E.A., Chernyshev P.K., Jufimychev K.A., Eliseev D.V., Chuvikov D.A. Vychislenie proizvol'nykh algoritmov funktsionirovaniya servisnykh robotov na osnove mivarnogo podkhoda [Random algorithm calculation of service robot functioning based on mivar approach] *Radiopromyshlennost'* [Radio Industry], 2015, no. 3, pp. 226-242.
31. Chuvikov D.A. *Razrabotka igrovogo virtual'nogo simulyatora* [Development of the virtual game simulator], Moscow, BIBLIO-ГЛОБУС, 2017. 164 p.
32. Chuvikov D.A. *Razrabotka elektronnogo obrazovatel'nogo resursa (EOR) «MIVAR». «MIVAR» - logicheskii iskusstvennyi intellekt, Saarbrucken*, LAP LAMBERT, 2015. 65 p.
33. Varlamov O. O. Mivarnye tekhnologii kak nekotorye napravleniya iskusstvennogo intellekta [Mivar technologies as some areas of artificial intelligence]. *Problemy iskusstvennogo intellekta* [Problems of Artificial Intelligence], 2015, no. 0 (1), pp. 23–37.

RESUME

D. A. Chuvikov

About the expert system "Analysis MVA" based on the concept of the MIVAR approach

Background: specialists predict the vehicle saturation level of Russia should achieve 550 vehicles per 1000 people by 2020. Constantly increasing number of vehicles on the roads inevitably provokes motor vehicle accidents (MVA) and road traffic victims. A serious aspect lies in the problem of determining a degree of guilt for the driver. Nowadays the experts examine controversial traffic accidents by hand. Therefore there is a necessity to develop new models for reconstruction and investigation of traffic accidents, as well as some special expert system software for MVA analysis and expertise in order to reduce the errors and speed up the road traffic investigation process.

Materials and methods: due to the mivar-based approach, the new models for MVA reconstructing and expertising are developed in the form of the knowledge base for mivar bipartite directed networks including formulae for analyzing vehicle's braking ability and speed properties for an individual road traffic accident, as well as formulae for computation of different cases of vehicle's slip while braking, motion on a curved stretch of the road, vehicle-pedestrian accidents with uniform motion and unlimited visibility.

Results: the models for MVA reconstruction and expertise in the form of the knowledge base for mivar bipartite directed networks lie on the basis of the expert system "Analysis MVA".

Conclusion: the developed software (the expert system "Analysis MVA"): allows automation of decision-making process by human-experts while reconstructing and investigating traffic accidents; reduces labour intensity of computation process for controversial traffic accidents; decreases error rate; improves reliability and objectivity of results obtained; simplifies qualification requirements for the experts; increases the speed and the quality of computations.

Статья поступила в редакцию 14.04.2017..