

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ И АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТА

ПРОХОРОВ В. П., ПРОХОРОВ А. В.

Рассматриваются проблемы автоматизации процесса принятия решений в информационно-навигационных системах контроля и анализа параметров движения автотранспорта на основе интеллектуальных информационных технологий. Показывается возможность применения для этих целей интеллектуальных систем поддержки принятия решений. Приводится структура, принципы построения и решаемые задачи систем поддержки принятия решений. Раскрываются основные режимы функционирования. Приводится эффективный алгоритм логического вывода при различных стратегиях сокращения перебора, реализованный в системе и повышающий эффективность решения логико-аналитических задач и принимаемых решений в информационно-навигационных системах контроля и анализа параметров движения автотранспорта.

Введение

Необходимость оперативного получения навигационной информации привела к формированию обширной комплексной прикладной области транспортно-диспетчерских информационных технологий. Навигационная система мониторинга транспорта или автоматического определения местоположения транспортных средств (Automatic Vehicle Location, AVL) – это программно-аппаратный комплекс, предназначенный для сбора различной информации с парка транспортных средств, в том числе для отслеживания их местоположения, сбора и предоставления этой информации в удобном для анализа виде сотрудникам диспетчерских пунктов, информационно-аналитических центров

(ИАЦ) различного назначения, в региональные, отраслевые АСУ дорожного движения (АСУ ДД). Высокоточное определение навигационных параметров транспортных средств обеспечивается спутниковыми радионавигационными системами или интегрированными навигационными системами. Современные системы мониторинга не ограничиваются отражением маршрутов движения объектов. Они представляют собой комплексный продукт, который способен решить множество вопросов, связанных с логистикой, безопасностью и экономикой перевозок.

Создание информационно-навигационных систем контроля и анализа параметров движения автотранспорта (ИНСКА) [1], ориентированных на повышение безопасности и эффективности транспортных потоков и пользователей транспорта, возможно на основе интеграции средств автоматизации контроля и управления транспортом, информационных и коммуникационных технологий, глобальных навигационных систем, динамических геоданных и единой информационной среды в транспортную инфраструктуру и транспортные средства (рис. 1).

Перед ИНСКА ставятся задачи анализа обстановки на дорогах и маршрутах движения автотранспорта, сопровождения движущихся объектов, их идентификации, контроля за планами передвижения и отклонения от заданных маршрутов, сопоставления параметров движения требованиям правил дорожного движения, оперативного управления ими при различных дорожных происшествиях и др. При этом возрастающая сложность указанных задач, многообразие возникающих ситуаций в процессе контроля большого числа различных автотранспортных средств, анализа больших объемов разнородных данных мониторинга, а также необходимость оперативного принятия соответствующих решений делает актуальным и необходимым использование в ИНСКА интеллектуальных информационных технологий (ИИТ).

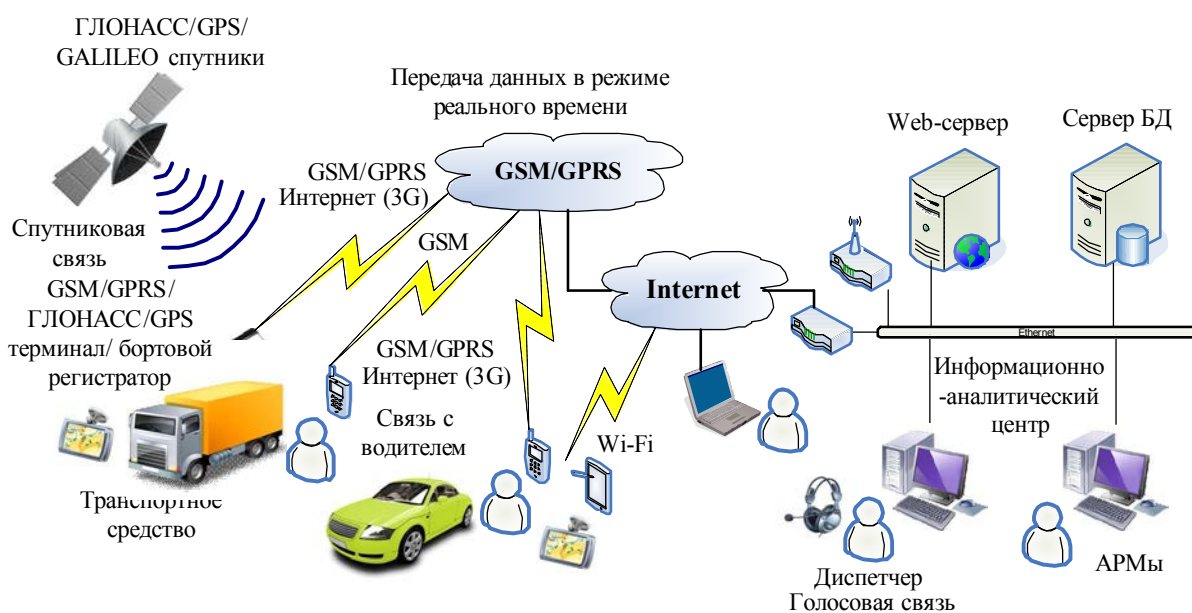


Рис. 1. Информационно-навигационная система контроля и анализа параметров движения автотранспорта

1. Анализ последних исследований и публикаций

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) в мире уже давно стали делом привычным [2], а само понятие является очень широким. Часто под ИТС понимается комплекс взаимосвязанных автоматизированных систем, позволяющих оптимизировать работу транспортной системы, решить задачи управления дорожным движением, мониторинга и управления работой различных видов транспорта [3].

Интеллектуальность систем на транспорте дает возможность получения оперативных решений за короткие сроки, в течение которых человек не в состоянии выработать решение, возможность получения новых решений и накопления опыта с занесением его в базы знаний, а также возможность решения комплексных задач, уровень сложности которых исключает возможность их решения человеком [4].

ИТС рассматривается и как класс транспортных систем, обеспечивающих устойчивое, эффективное, экономичное и безопасное функционирование транспорта за счет придания активным элементам транспортной системы свойств адаптивного (интеллектуального) поведения.

Так на железнодорожном транспорте рассматривают создание интеллектуального подвижного состава и инфраструктуры [5], которые формируются на основе самодиагностируемых объектов, обеспечивающих не только передачу оперативной информации о техническом состоянии, остаточном ресурсе, целесообразности изменения режима работы или необходимости вывода из эксплуатации, но и сокращение удельного энергопотребления и эксплуатационных затрат.

Наибольший интерес с точки зрения ИИТ представляет определение ИТС как комплексной системы оптимизации управления транспортными сетями и средствами в масштабе реального времени, обладающей свойствами адаптивности, ситуационного анализа и планирования (предсказания).

Однако зачастую не учитывается, что ИИТ – это, прежде всего, формальный логико-математический инструментальный на основе знаний, который может быть использован для решения задач с позиций общесистемного подхода к анализу и управлению всеми системами и процессами на транспорте с возможностью адаптации к условиям применения и эксплуатации. И, несмотря на значительные достижения в области ИИТ, о широком использовании реальных интеллектуальных систем на транспорте в настоящее время говорить преждевременно.

2. Постановка задачи исследования

Целью данной работы является применение ИИТ [6], а именно, интеллектуальных систем поддержки принятия решений (СППР) в интересах ИНСКА.

Интеллектуальные СППР предназначены обеспечить лицу, принимающему решения (ЛПР), возможность

анализа ситуаций, постановки задач, выработки, контроля и оценивания вариантов решений, обеспечивающих достижение поставленной цели, а также решать задачи, которые не формализованы или трудно формализуются в предметной области, на основе знаний, предоставленных экспертами, и организовать взаимодействие ЛПР с компьютером в привычных понятиях, терминах, образах.

Целью применения СППР является повышение эффективности работы ЛПР путем улучшения качества, достоверности и сокращения сроков выработки решений с помощью накопленного опыта, адаптации к условиям применения и эксплуатации, учета полноты значимых факторов и оптимизации поиска решений.

3. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений для ИАЦ

Основное отличие интеллектуальных СППР – наличие баз знаний (БЗ). Под БЗ понимается упорядоченная совокупность правил, фактов, механизмов вывода и программных средств, описывающих предметную область, предназначенную для представления накопленных в ней знаний [6]. Механизмы (процедуры или алгоритмы) логического вывода (МЛВ) – это совокупность правил вывода и способов их применения этих правил.

Была разработана информационная технология автоматизированного проектирования СППР для ИАЦ и АСУ ДД, которая представляет собой облачную платформу разработки интеллектуальных СППР [7]. Инструментальная среда включает средства проектирования баз знаний и выбора режима работы решателя задач и обеспечивает: поддержку всех этапов по разработке СППР, их адаптацию для решения прикладных задач в ИАЦ и АСУ ДД, в том числе для контроля и анализа параметров движения автотранспорта и других задач, решаемых в ИНСКА. Кроме того, данная платформа обеспечивает хранение баз знаний и данных в датацентрах; предоставление доступа к ней как к сервисам через веб-интерфейс. Интеллектуальные СППР позволяют производить в режиме реального времени получение данных из серверов датацентра или внешних источников, рассуждения на основе правил, хранящихся в БЗ, предоставление результатов для визуализации в естественно-языковой форме для пользователей, архивирование и др. Поддерживается работа с онтологиями и вывод на них, что дает возможность подключения дополнительных категоризированных БЗ. Сервисы платформы обеспечивают наполнение, корректировку и пополнение БЗ СППР в процессе их эволюционного развития.

При создании моделей знаний используется простой и удобный язык описания экспертных знаний. Поддержка различных источников данных и веб-сервисов позволяет проще интегрировать СППР в разнородное программное окружение.

В ИАЦ с использованием СППР могут решаться следующие задачи:

- анализ, оценка и распознавание ситуаций, объектов;
- обобщение результатов распознавания ситуаций, объектов от нескольких источников обнаружения для формирования единого информационного поля;
- контроль, оценка и диагностика состояний, параметров;
- оценка важности и приоритета альтернатив, ситуаций, объектов, решений и т.п.;
- выявление и оповещение о чрезвычайных, аварийных ситуациях, угрожающих состояниях и их регистрация;
- прогнозирование развития событий, ситуаций и действий;
- реализация алгоритмов и сценариев действий;
- выбор наиболее рациональных (оптимальных) планов действий и контроль за их выполнением;
- формирование рекомендаций, советов и оценивание вариантов решений;
- обеспечение быстрой настройки, адаптации и модификации системы к новым условиям эксплуатации.

Основными структурными составляющими СППР являются база знаний и механизм логического вывода. База знаний включает в себя базу правил или аксиом и базу вопросов и предназначена для формализованного описания логических задач на простом внутреннем языке описания экспертных знаний. В основу формализации задач предметной области системы положено логическое исчисление предикатов первого порядка. Модуль (механизм) логического вывода – центральный элемент ядра программного комплекса, предназначенный для логического вывода следствий (ответов) из системы правил (аксиом), которые находятся в БЗ, с использованием модифицированного метода резолюций [8].

Гибкая открытая структура СППР расширяет функциональные возможности системы и круг задач, решаемых в процессе ее эксплуатации, а также постоянно повышает точность анализа, прогнозирования, планирования, организации, координации и контроля принимаемых решений за счет накапливаемого в БЗ опыта. Наличие достаточно полных моделей знаний в конкретной предметной области, например, в системе контроля и анализа параметров движения автотранспорта, и постоянный контроль тенденции изменения параметров объекта управления обеспечивает диагностику и прогноз его поведения с высокой степенью достоверности и заданной точности.

Структура СППР представлена на рис. 2.

В общем случае в БЗ для каждого предиката указывают: его тип (первичный – означает фактами, вторичный – определяется формулой, расчетный – означает фактами, полученными в результате логического вывода); внутреннее представление на специ-

альном формализованном языке; семантическое содержание; формулу вычисления предиката (для вторичных); формулу определения фактов (для расчетных); семантическое содержание рекомендации. Семантическое содержание предиката представляет собой текст ответа на вопрос. В семантическом содержании указывают переменные (куда будут подставлены значения, найденные в результате логического вывода). Кроме указанных, есть еще один тип предикатов – предикаты порядка (БОЛЬШЕ, МЕНЬШЕ, РАВНО и др.), истинность которых вычисляется внутренним программным модулем алгоритма логического вывода.

Предикат – “Имя предиката (V_1, V_2, \dots, V_n)” есть n -местное (зависимое от n переменных) отношение между объектами рассматриваемой предметной области, выделенными экспертом для описания задачи и обозначенными именами – переменными: V_1, V_2, \dots, V_n . При подстановке (интерпретации) вместо переменных (аргументов предиката) конкретных значений предикат становится высказыванием об отношении (свойствах) между этими конкретными объектами со значением истинности – «истина» или «ложно».

4. Автоматизация процесса принятия решений в ИНСКА

Механизм логического вывода в СППР представляет собой модифицированный метод резолюций. В исчислении предикатов первого порядка перед выполнением процедуры доказательства необходимо каждое правило преобразовать к виду так называемой Сколемовской стандартной формы. В итоге любая формула может быть представлена множеством дизъюнктов, т.е. дизъюнкцией литер (литера есть предикат или его отрицание). Иногда дизъюнкт называют предложением. Кванторы общности опускают, предполагая, что все переменные, ими связанные, универсально квантифицированы.

Основная идея принципа резолюции заключается в проверке, содержит ли множество дизъюнктов S пустой дизъюнкт. Когда дизъюнкт не содержит никаких литер, то он называется пустым. Так как пустой дизъюнкт не содержит литер, которые могли бы быть истинными при любых интерпретациях, то он всегда ложен. Если S содержит пустой дизъюнкт, то S противоречиво (невыполнимо). Если S его не содержит, то следующие шаги заключаются в выводе новых дизъюнктов до тех пор, пока не будет получен пустой дизъюнкт (что всегда будет иметь место для невыполнимого S). Таким образом, принцип резолюций рассматривается как правило вывода, с помощью которого порождаются новые дизъюнкты из S .

Если в любых двух дизъюнктах C_1 и C_2 имеется контрарная пара литер, то при вычеркивании ее формируется новый дизъюнкт из оставшихся частей дизъюнктов. Этот вновь сформированный дизъюнкт называется резольвентой дизъюнктов C_1 и C_2 . Обоснованность получения таким образом резольвент вытекает

из теоремы о том, что резольвента S , полученная из двух дизъюнктов $S1$ и $S2$, есть логическое следствие этих дизъюнктов.

Образование резольвент продолжается до тех пор, пока не будет получено пустое предложение – доказательство неудовлетворимости множества предложений. В некоторых случаях при образовании резольвент вместо одних переменных подставляют другие переменные или константы. Операция подстановки называется унификацией. При унификации подставляют термы вместо переменных. Если термы предиката $P1$ (предикат контрарной пары из резольвенты на очередном шаге) и термы предиката $\sim P1$ (предикат из выходного множества дизъюнктов) совпадают, то переходят к формированию очередной резольвенты. Если термы не совпадают и терм в $P1$ есть переменная, то вместо нее подставляют терм из предиката $\sim P1$. Если оба терма – константы (неуспех), то выбирают очередного кандидата. Бывают ситуации, при которых унификация невозможна, т.е. перебор предложений-кандидатов не приводит к успеху, возникают тупиковые ситуации. В этом случае необходимо использовать специальные механизмы для их устранения, например, пошаговый возврат на вышестоящие уровни

образования резольвент для проверки альтернативных вариантов. При этом необходимо запоминать факты образования резольвент.

Пусть в базе знаний записано правило

ОБЪЕКТ($V1, V2$)?ТИП($V1, V3$)?РАВНО($V3, 1$)®ДЕЙСТВИЕ($V2$).

В базе данных содержатся следующие данные:

ОБЪЕКТ(5, TP),

ТИП(5, 100).

Вопрос, задаваемый системе:

ДЕЙСТВИЕ(VX).

После преобразования получим следующее множество дизъюнктов:

\sim ОБЪЕКТ($V1, V2$) \wedge \sim ТИП($V1, V3$) \wedge РАВНО($V3, 100$) \wedge ДЕЙСТВИЕ($V2$),

ОБЪЕКТ(5, TP),

ТИП(5, 100),

\sim ДЕЙСТВИЕ(VX).

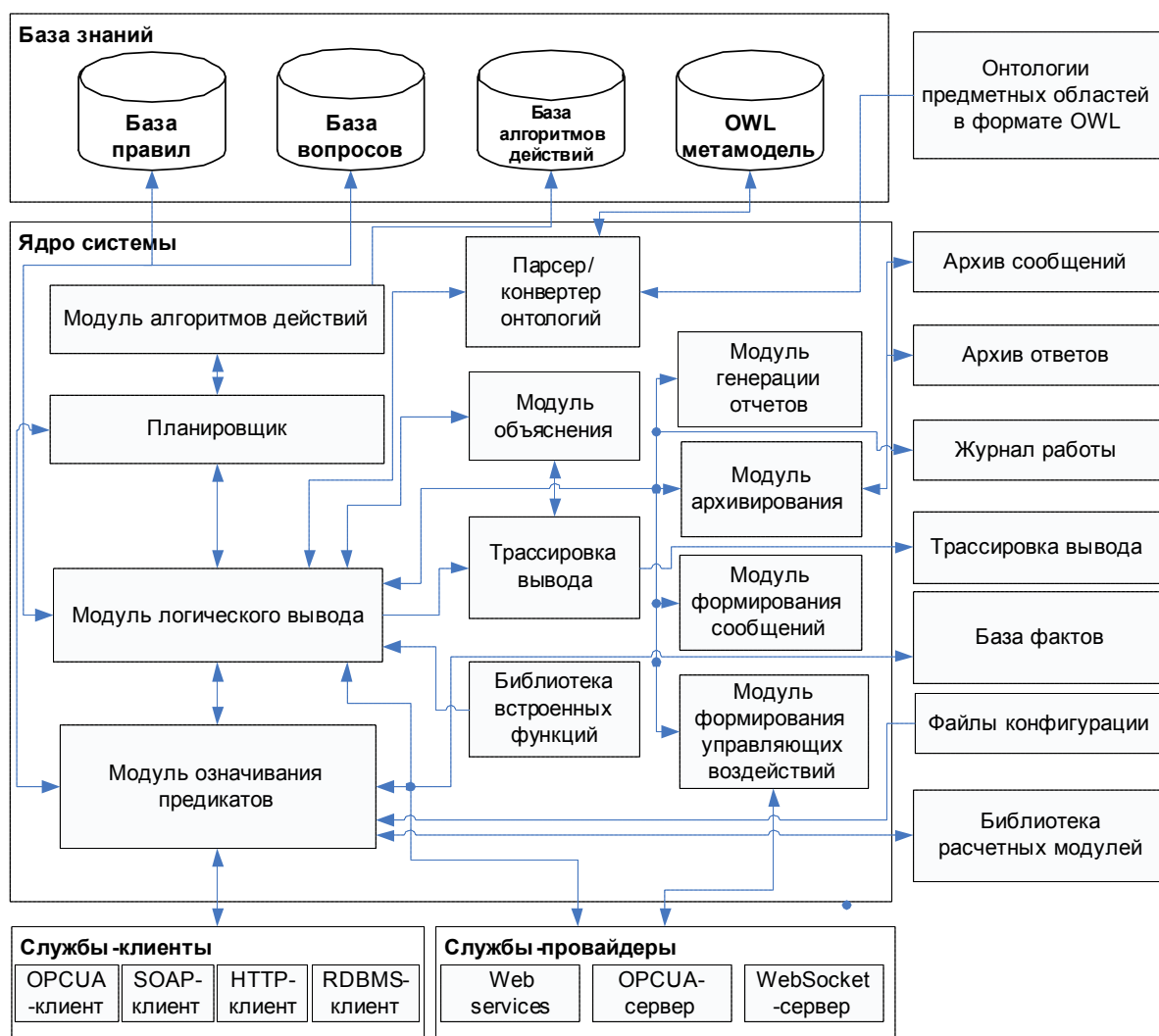


Рис. 2. Структура СППР

Для нахождения ответа к предположению добавляем его отрицание через дизъюнкцию

\sim ДЕЙСТВИЕ(VX) \vee ДЕЙСТВИЕ(VX).

Процесс продолжается до тех пор, пока в корне графа не будет получено предложение, содержащее в качестве термов константы, которые являются решением задачи (рис. 3).

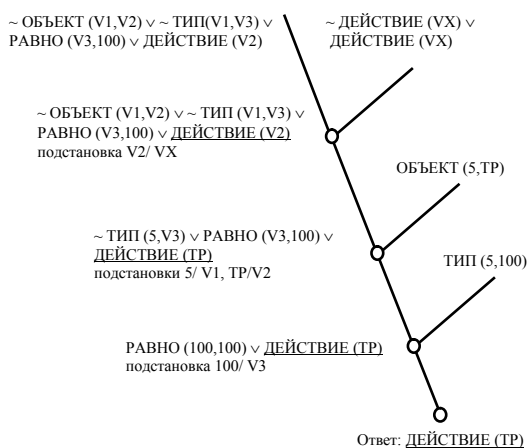


Рис. 3. Пример дерева вывода

Сложность существующих методов доказательства в исчислении предикатов заключается в необходимости перебора большого количества вариантов доказательства в процессе поиска решения. Поэтому большие временные затраты при реализации данных методов сводят к нулю их практическую ценность.

В предлагаемой интеллектуальной системе реализован эффективный алгоритм логического вывода при различных стратегиях сокращения перебора, структурная схема которого показана на рис. 4.

5. Режимы функционирования и возможности СППР

Основные режимы функционирования СППР:

- корректировка и пополнение базы знаний;
- консультирование или вопросно-ответный режим (система выдает ответы – диагнозы, рекомендации, сообщения – на естественном языке в реальном времени принятия решений);
- автоматический (основной режим для автономного варианта применения);
- объяснение результатов (выдается исчерпывающая информация о причинах получения данного ответа – фактов и правил, задействованных в процессе логического вывода – в варианте применения в АРМ).

Функциональные возможности СППР:

- обеспечение быстрой модификации и адаптации к новым условиям функционирования;
- средства интеграции с другими информационными системами и различными СУБД;

- открытость, переносимость и настройка СППР на решаемые задачи в различных предметных областях;

- интерпретация изменяющихся во времени данных, поступающих от внешних источников;

- автоматический вывод и выдача сообщений;

- автоматизированный вывод рекомендаций в виде ответов на вопросы;

- поддержка и сопровождение действий пользователя в различных ситуациях с применением базы алгоритмов или сценариев;

- формирование управляющих воздействий и выдача их во внешние устройства и другие информационные системы;

- архивирование результатов решения логических задач;

- формирование отчетов.

6. Принятие решений в ИАЦ с использованием СППР

Процесс принятия решений в ИАЦ и АСУ ДД с использованием СППР осуществляется на основе анализа обстановки, ситуаций, определяемых и связанных с параметрами движения автотранспорта, правилами дорожного движения, реальными условиями дорожного движения (состоянием дорожного покрытия, наличием дорожных знаков и разметки, погодными условиями, состоянием автотранспорта и водителя и др.). В процессе логического вывода в СППР формируются рекомендации по принятию решений в конкретной дорожной обстановке. На рис. 5 приведена общая схема формирования таких решений в СППР. Данная схема наглядно показывает этапы интерпретации знаний на основе конкретных данных и фактов в складывающейся обстановке дорожного движения, связанной с контролируемым автотранспортом.

Заключение

Использование СППР в ИАЦ и АСУ ДД обеспечивает следующие преимущества:

- облегчает разработку, тестирование, развертывание и сопровождение прикладных задач;
- повышает степень интеллектуализации и адаптации существующих ИАЦ и АСУ ДД к изменению задач и целей функционирования;
- создает простые условия без дополнительного программирования для накопления и повторного использования знаний;
- повышает качество, достоверность и сокращает время выработки и принятия решений в различных режимах применения;
- повышает гибкость и эффективность процессов контроля, принятия решений, управления и функционирования АСУ ДД в различных ситуациях и сложных условиях дорожного движения.

Таким образом, разработанная облачная платформа обеспечивает поддержку всех этапов по созданию интеллектуальных СППР и адаптации их для решения прикладных задач в целях ИАЦ и АСУ ДД. Создаваемые СППР обеспечивают решение задач анализа, диагностики, оценивания и распознавания ситуаций, прогнозирования развития событий, помогают выбрать наилучшие решения в зависимости от возникшей ситуации, сопровождают этапы реализации решений, формируют управляющие воздействия, корректируя тем самым маневры объектов при выполнении задания и оптимизируя его параметры по заданным критериям.

Гибкая открытая архитектура системы обеспечивает быструю настройку, адаптацию и модификацию к новым задачам и условиям эксплуатации. Реализован эффективный алгоритм логического вывода при различных стратегиях сокращения перебора. Примененный подход позволяет не просто создать обособленную экспертную систему обработки данных мониторинга, но и интегрировать компоненты интеллектуального анализа и логического вывода в любую существующую или проектируемую систему контроля и анализа параметров движения автотранспорта.

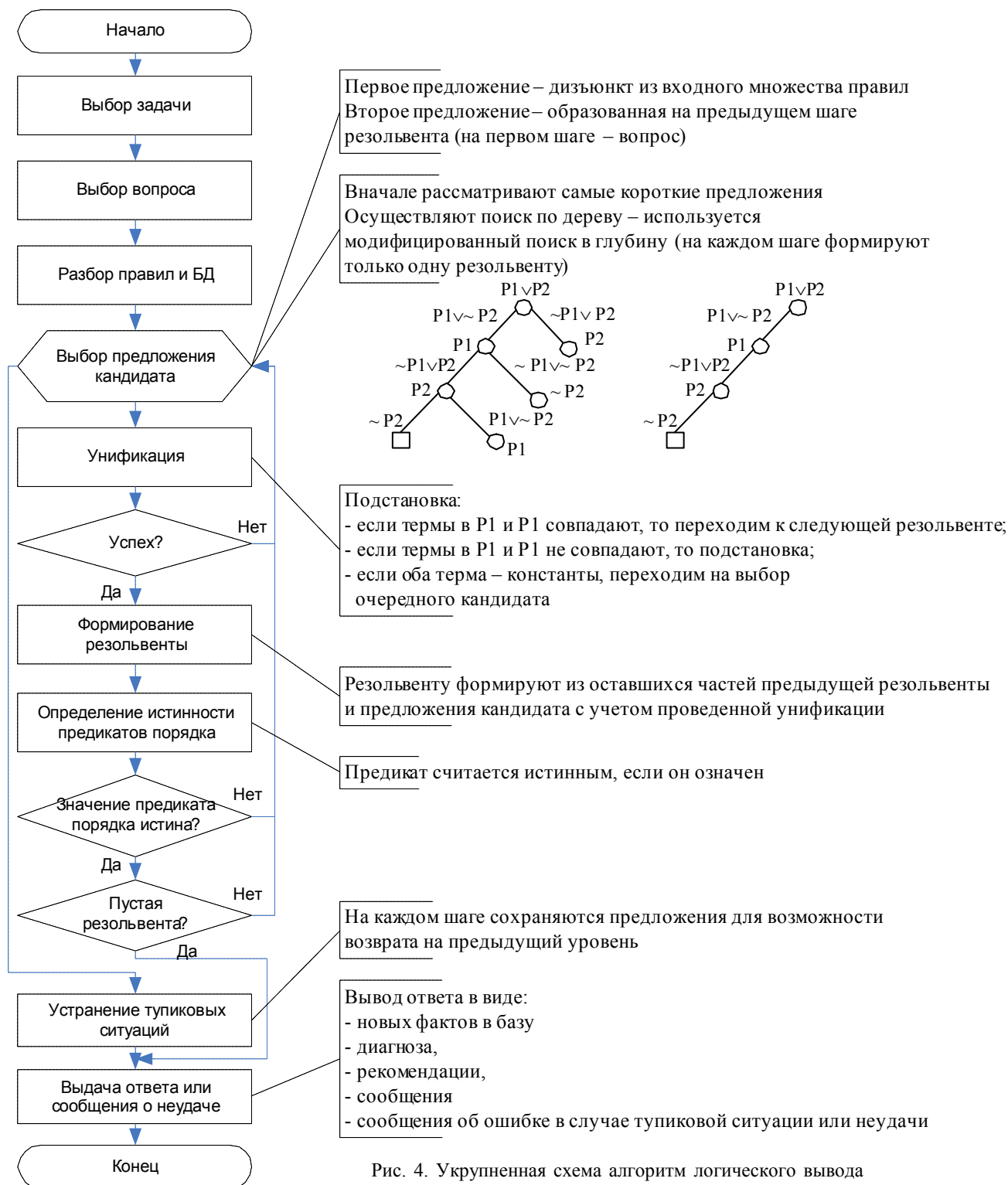


Рис. 4. Укрупненная схема алгоритм логического вывода

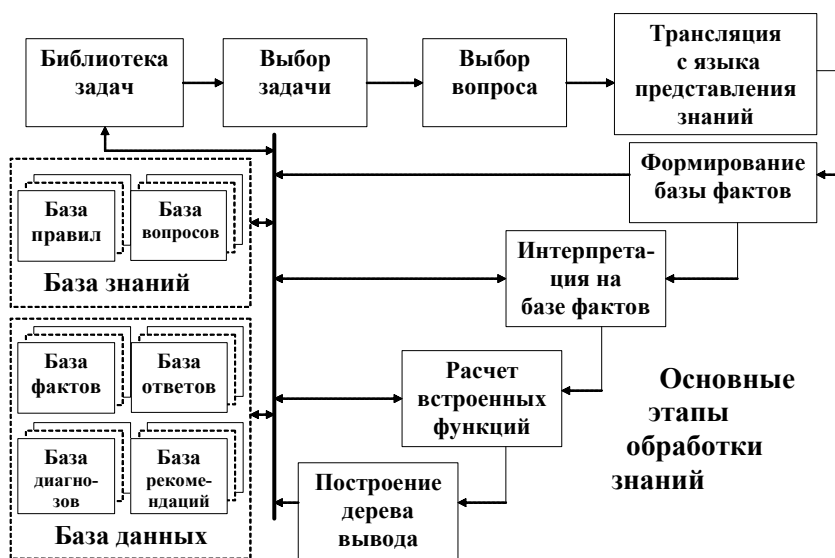


Рис. 5. Общая схема формирования решения в СППР

Сказанное выше определяет *научную новизну и практическую значимость* полученных результатов.

Литература: 1. Дохов А. И. Автоматизированный контроль соблюдения правил дорожного движения. Технические, экономические и правовые аспекты / А. И. Дохов, А. М. Лукьянов, Е. В. Гринченко // Вестник ХНАДУ, 2013. №61-62. С. 110-115. 2. Рейцен Е. А. Перспективы интеллектуальных транспортных систем в городах Украины / Е. А. Рейцен, А. В. Толок, Э. В. Руденков // Материалы XVIII международной научно-практической конференции «Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния». 2012. Т. 5. С. 15-26. 3. Маркелов В. М. Интеллектуальные транспортные системы как инструмент управления / В. М. Маркелов, И. В. Соловьев, В. Я. Цветков // Госсотвестник, 2014. №3 (7). С. 42-47. 4. Боровской А. Е. Внедрение интеллектуальных транспортных систем в рамках национальных программ повышения безопасности дорожного движения / А. Е. Боровской, И. А. Новиков, А. Г. Шевцова // Вестник ХНАДУ, 2013. №61-62. С. 279-283. 5. Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий) Пособие / В. В. Скалозуб, В. П. Соловьев, И. В. Жуковицкий, К. В. Гончаров. Д. : Изд-во Днепрпетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2013. 207 с. 6. ДСТУ 2481-94. Системи оброблення інформації. Інтелектуальні інформаційні технології. Терміни та визначення. Введ. 01-01-1995. К.: УкрНДІССІ, 1994. 7. Прохоров А. В. Облачная платформа разработки интеллектуальных систем поддержки принятия решений [Текст] / А. В. Прохоров, В. П. Прохоров, А. О. Матюшко // Вісник Національ-

ного технічного університету «ХП». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. 2015. Х.: НТУ «ХП», №58 (1167). С. 72-76. 8. Володин М. И. Определение состава и структуры программного обеспечения СППР для автоматизированных систем управления сложными системами / М. И. Володин, В. П. Прохоров, А. В. Прохоров // Сб. НТ. Системы обработки информации. Х.: ХВУ, 2004. Вып.1. С.187-191.

Поступила в редколлегию 12.02.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Федорович О.Е.

Прохоров Валерий Павлович, канд. техн. наук, с.н.с., генеральный директор научного парка «Радиоэлектроника и информатика». Научные интересы: интеллектуальные системы,

системы поддержки принятия решений, механизмы логического вывода, формализованные теории, многозначные логики, категории и морфизмы. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Науки, 14, e-mail: nprei.kharkov@gmail.com.

Прохоров Александр Валерьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры информационных управляющих систем Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». Научные интересы: распределенные интеллектуальные системы, мультиагентные технологии, онтологии, Semantic Web, grid и cloud компьютеринг, промышленная автоматизация, моделирование систем. Адрес: Украина, 61070, Харьков, ул. Чкалова, 17, e-mail: al_val@mail.ru.

Prokhorov Valery, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow, CEO of the Science Park «Radio Electronics and Informatics», Kharkiv National University of Radio Electronics. Research interests: intelligent systems, decision support systems, automated reasoning, nonclassical logics, category theory. Address: Ukraine, 61166, Kharkiv, Science Avenue, 14, e-mail: nprei.kharkov@gmail.com.

Prokhorov Alexander, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Information Control Systems Department, National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute». Research interests: distributed intelligent systems, multi-agent technology, ontology, Semantic Web, grid and cloud computing, industrial automation, systems modeling. Address: Ukraine, 61070, Kharkiv, Str. Chkalov, 17, e-mail: al_val@mail.ru.