

САМОДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКИХ УЗЛОВ АВТОРОБОТА В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ АБДУКЦИИ

SELF-DIAGNOSTICS OF TECHNICAL NODES OF THE AUTOMOBOT IN THE CONDITIONS OF INCOMPLETE INFORMATION IS BASED ON ABDUCTION

**D. Akimov
A. Dyatchenkova
V. Sachkov**

Summary. The article describes the development of a software message bus model to provide the driver with detailed information. A scheme for recognizing the basic linguistic invariants in the interactive mode for the driver of the leading vehicle is proposed with the purpose of technical diagnostics of the autorobots of the column in the native mode and automatic synthesis of the recommended sequence of actions with the possibility of correcting the decision taken. The article defines the requirements for the input parameters of the simulation model, validates the types of agents for processing the control commands of autorobots and makes a management decision for the entire motorcade using intelligent methods based on the situation parameters. The trivial algorithm of the agent's behavior based on the decision-making algorithm and the method of its implementation are developed so that each autobot performs self-diagnostics autonomously, using an on-board computer

Keywords: support for decision-making, column of autorobots, performed car, self-test, failure, non-situation situations, dialogue sequence, linguistic invariants, cbow, synthesis of messages, detailed information

Акимов Дмитрий Александрович
К.т.н., МГТУ МИРЭА (Москва)
akimovdmitri@gmail.com

Дятченкова Анастасия Юрьевна
Аспирант, МГТУ МИРЭА (Москва)
futurama_07@bk.ru

Сачков Валерий Евгеньевич
Аспирант, МГТУ МИРЭА (Москва)
megawatto@gmail.ru

Аннотация. В статье описана разработка модели программной шины самодиагностики технических узлов авторобота для предоставления водителю детальной информации о возможной нештатной ситуации. Предложена модель абдуктивного логического вывода распознавания базовых неисправностей с возможностью детализации информации в диалоговом режиме для водителя ведущего транспортного средства.

Ключевые слова: самодиагностика, колонна автороботов, беспилотный автомобиль, самотестирование, отказы, нештатные ситуации, диалоговая последовательность, синтез сообщений, детализация информации.

Введение

При движении колонны автороботов одной из критических задач является самодиагностика автороботов и контроль окружающей обстановки для предотвращения или минимизации ущерба при возникновении нештатных ситуаций при движении. Были проанализированы существующие методы: расширенный фильтр Калмана, вероятностные методы в сочетании с гипотезой Маркова, Semi-Global matching, нелинейная оптимизация с помощью нейронных сетей, оценки обнаружения отказов в соответствии с критерием Неймана-Пирсона [1, 2, 3]. Данные методы применяются в компаниях TERRAMAX (США) и Volvo Truck Corporation (Швеция). Рассмотренные подходы и методы не в полной мере отвечают требованиям необходимого анализа ситуации, ее прогнозируемых состояний,

что существенно сужает границы применения таких систем.

Применение абдукционного логического вывода при тестировании мобильных автороботов освещается в публикации [6], так же показан алгоритм выбора гипотез конкретной поломки. В [7, 8] были продемонстрированы возможности нечетких нейронных сетей решать задачи распознавания нештатных ситуаций в реальном времени. Таким образом, приведенные технические решения говорят в пользу построения гибридных логических методов.

2. Системы диагностики

Для условий эксплуатации важным является понятие работоспособного технического состояния, когда авто-

робот может выполнить все заданные функции с сохранением работоспособности.

Основной задачей технической диагностики является повышение надежности авторобота на этапе их эксплуатации.

Причины неисправного и неработоспособного технического состояния авторобота могут быть детализированы путем указания соответствующих дефектов, нарушающих исправность, работоспособность или правильность функционирования и относящихся к одной или нескольким составным частям авторобота.

На сегодняшний день существует много систем диагностики, решающих данные задачи. Но если задачу диагностики рассматривать не только как задачу обнаружения дефектов авторобота, но и как задачу выявления самих причин появления этих дефектов, то для ее решения следует разработать систему формирования причинно-следственных связей. В этом случае по внешним факторам уже сложившейся ситуации можно определять действия и/или причины, повлиявшие на работоспособную техническую систему и приведшие к ее неисправному состоянию.

3. Абдуктивный логический вывод

Абдукция — это правдоподобный вывод от частного к частному. Другими словами это процесс вывода высказывания, которое объясняет данное высказывание.

Данный логический метод вывода для своей работы использует *аналитическое обучение*, которое основано на правилах и описаниях предметной области, т.е. на *теории предметной области*. Целью такого обучения является улучшение результативности исполнителя (она может быть нулевой). На основе знаний некоторой предметной области, вырабатывается объяснение, уточняющее, почему рассматриваемый пример является отражением, конкретизацией, изучаемого понятия, а затем неоперациональное определение данного понятия с использованием правил вывода преобразуется в операциональное описание.

Пример 1. Даны посылки:

- 1) Коробка переключения передач (КПП) обеспечивает переключение передач
- 2) Сцепление обеспечивает работу КПП

Используя правила логики получаем следствие:
Для переключения передачи нужно сцепление.

Исходная посылка: Коробка переключения передач (КПП) обеспечивает переключение передач.

Получен результат: Для переключения передачи нужно сцепление.

Далее рассуждаем так: чтобы этот результат был следствием исходной посылки, необходимо в состав посылок добавить гипотезу «Сцепление обеспечивает работу КПП». Поиск такой посылки как раз и есть абдуктивный вывод.

Рассмотрим основные алгоритмы абдуктивного метода.

4. АЛГОРИТМ ПОИСКА АБДУКТИВНЫХ ВЫВОДОВ

Пусть даны исходные посылки неисправности редуктора и предполагаемое следствие (неисправность), например, $P \rightarrow Q$. Тогда справедливо выполнение следующих действий.

1. Построить структуру с исходными посылками и затем вывести контрапозиции к каждой из посылок.
2. Проверить существование в полученной структуре пути из P в Q . Если такого пути нет, то переход к шагу 3, иначе выход из алгоритма с ответом «Для данной задачи абдуктивный вывод не требуется».
3. Используя построенную на шаге 1 структуру, построить верхний конус P^A и нижний конус Q^V .
4. Из полученных на шаге 4 множеств записать все возможные пары (X_i, Y_j) , где $X_i \in P^A$ и $Y_j \in Q^V$.
5. Для каждой пары, полученной на шаге 4, проверить, используя теорему 5 из [32], корректность гипотезы $X_i \rightarrow Y_j$. Если гипотеза некорректна, то соответствующая пара исключается из списка. Оставшиеся пары являются возможными вариантами ответа. Конец алгоритма.

Дадим неформальное пояснение к алгоритму. С помощью этого алгоритма определяются недостающие звенья цепи $P \rightarrow \dots \rightarrow Q$, так как разрывы в этой цепи означают, что суждение $P \rightarrow Q$ не является следствием исходных посылок. Список пар, полученных на шаге 4, является полным списком этих недостающих звеньев, т.е. гипотез. Но некоторые из них могут быть некорректными, поэтому необходим шаг 5.

1. Из множества правил находится правило, содержащее целевое утверждение.
2. Из найденного правила на шаге 1 формируется пара $\langle Q_i, \Delta_i \rangle$. Левая часть содержит множество подцелей (дизъюнкты выбранного правила без дизъюнкта, характеризующего целевое утверждение). Правая часть содержит множество абдуктивов, изначально равное нулю.
3. Из списка существующих правил производится поиск утверждения, которое исключает одну

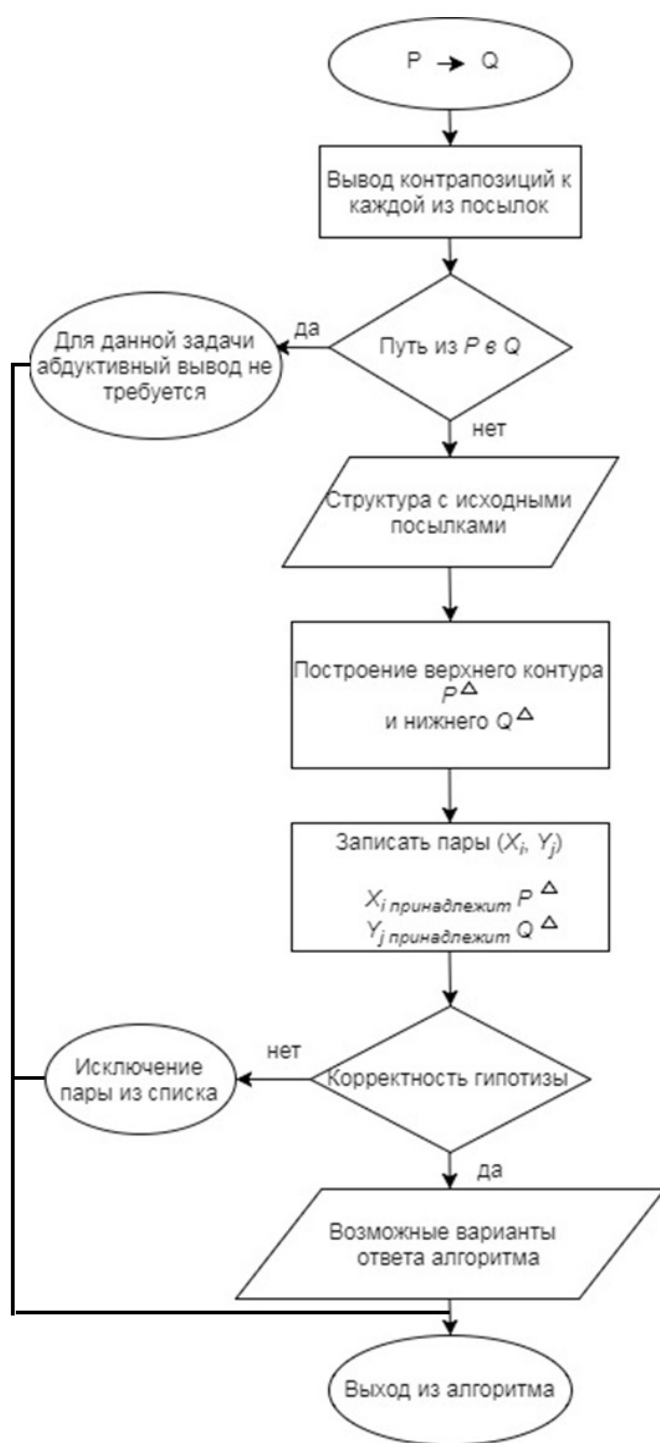


Рис. 1. Представление алгоритма поиска абдуктивных выводов

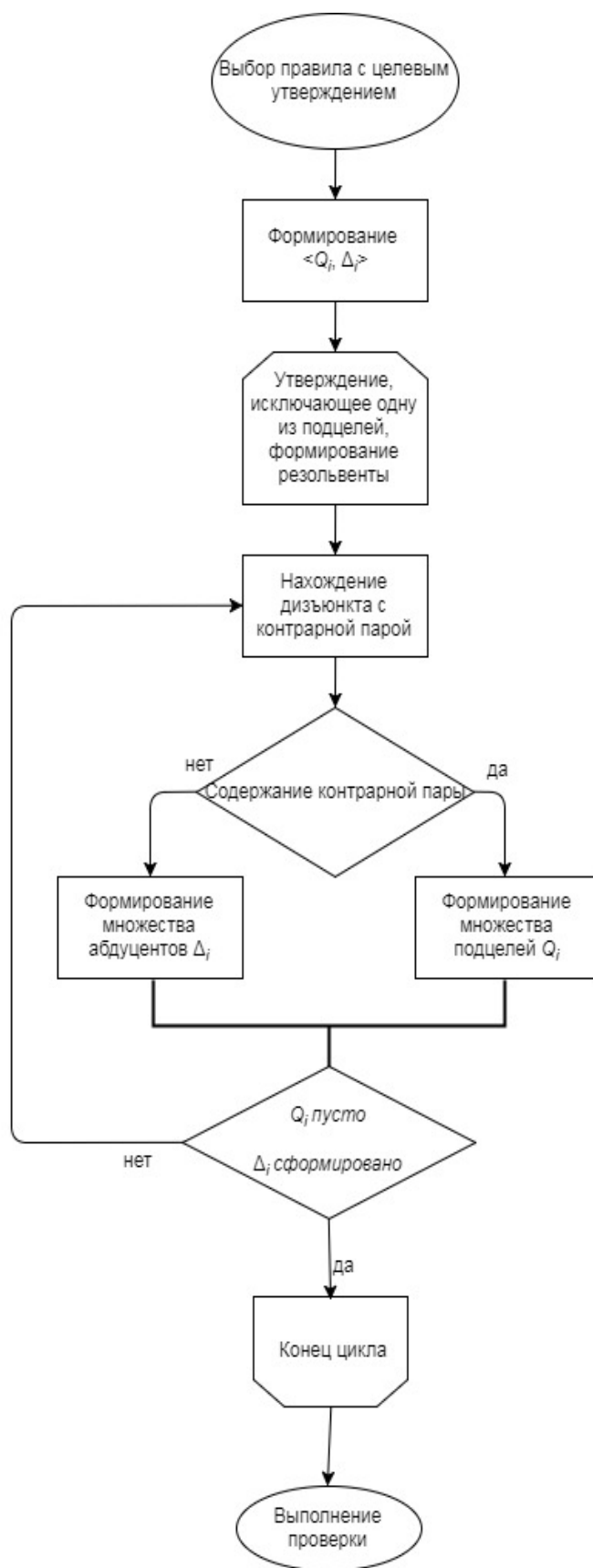


Рис. 2. Алгоритм решения задачи абдукции

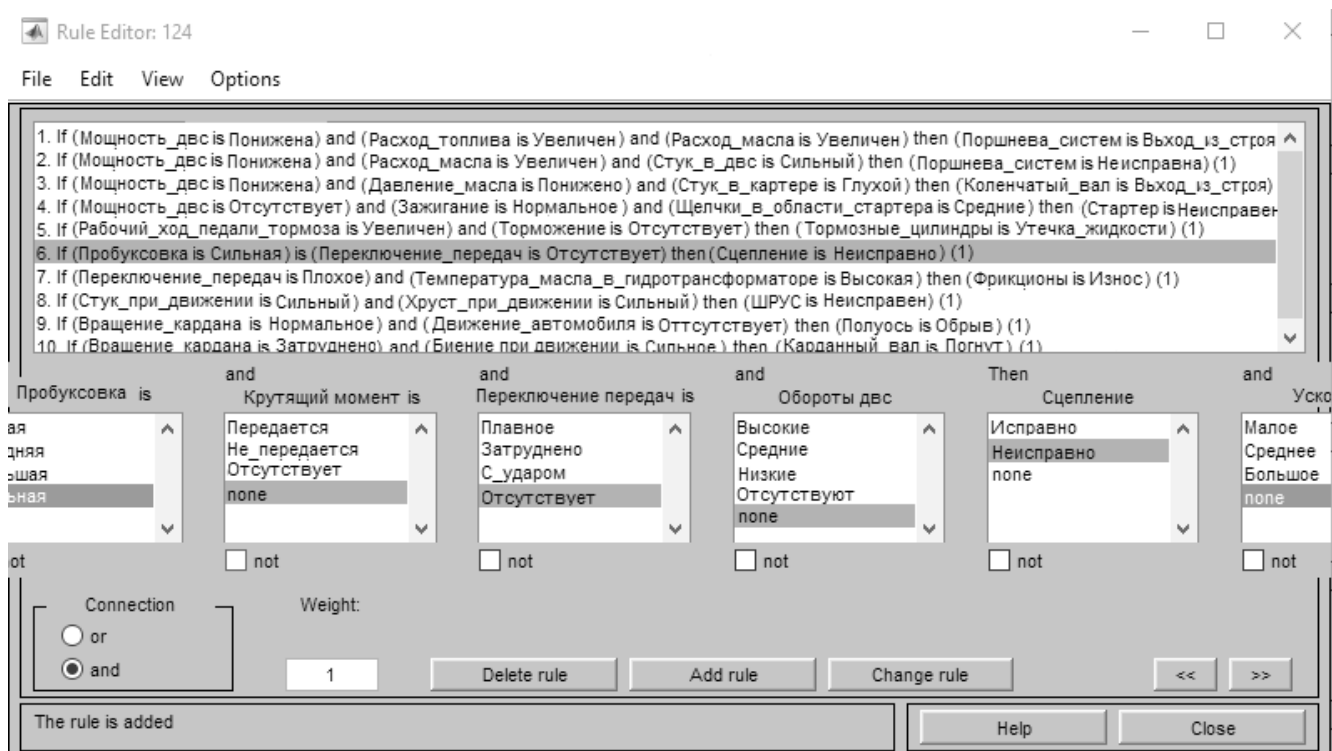


Рис. 3. Форма ввода правил при моделировании отказов

из подцелей, образуя резольвенту после выполнения процедуры унификации.

4. Если для некоторой подцели в множестве предпосылок (правил, фактов) находятся два дизъюнкта, содержащих две контрарные пары для данной подцели, для каждой пары образуются после унификации соответствующие резольвенты, которые включаются в оставшееся множество подцелей, объединенных оператором ИЛИ. Таким образом, формируется новое подмножество подцелей.
5. Если среди элементов множества подцелей найдутся дизъюнкты, не имеющие контрарных пар в множестве предпосылок, эти дизъюнкты переносятся в множество абдуктивов.
6. Цикл из шагов 3–5 повторяется до тех пор, пока множество подцелей не станет пустым, и окончательно сформируется множество абдуктивов.
7. Осуществляется проверка. Полученное множество абдуктивов добавляется в базу знаний в качестве второстепенных посылок. Тогда целевое утверждение становится доказуемым с помощью дедукции.

Рассмотренный метод допускает также реализацию, в которой абдуктивные выводы могут содержать термины, не входящие в первоначальную структуру, т.е. когда в качестве гипотез выбираются не базовые, а частные су-

ждения. Данная реализация возможна при построении интеллектуальных систем принятия решений с использованием систем искусственного интеллекта.

5. Построение базы знаний для предупреждения о нештатной ситуации

Ценностью системы принятия решений по коррекции нештатных ситуаций для автороботов так же является возможность задать вопрос и получить на него разумный ответ. Система должна уметь накапливать и использовать информацию, то есть знания, заложенные в неё специалистами.

Основной идеей данной системы является её структурирование до необходимой степени и установление связей между отдельными структурными единицами информации.

Для начала создадим модель базы знаний в MathLab/

Факты, с которыми работает система, имеют сложную структуру, см. Рис. 4. В случае, когда факт включает в себя и вопрос и ответ на него, будем говорить, что имеем дело с полным фактом. Если факт содержит только вопрос без ответа, то это — неполный факт. Процесс дополнения неполного факта до полного — поиск ответа на заданный вопрос.

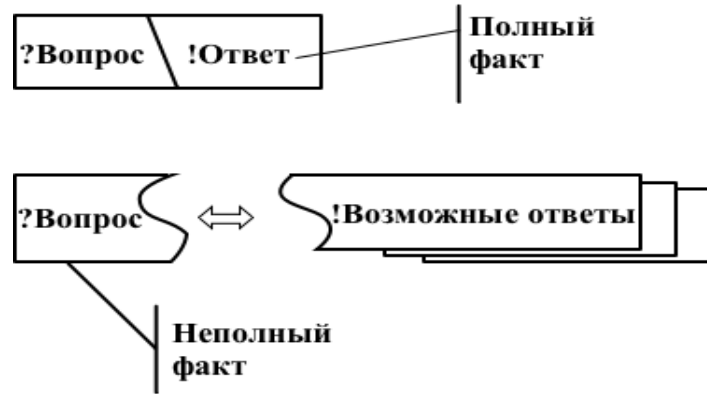


Рис. 4. Структура фактов

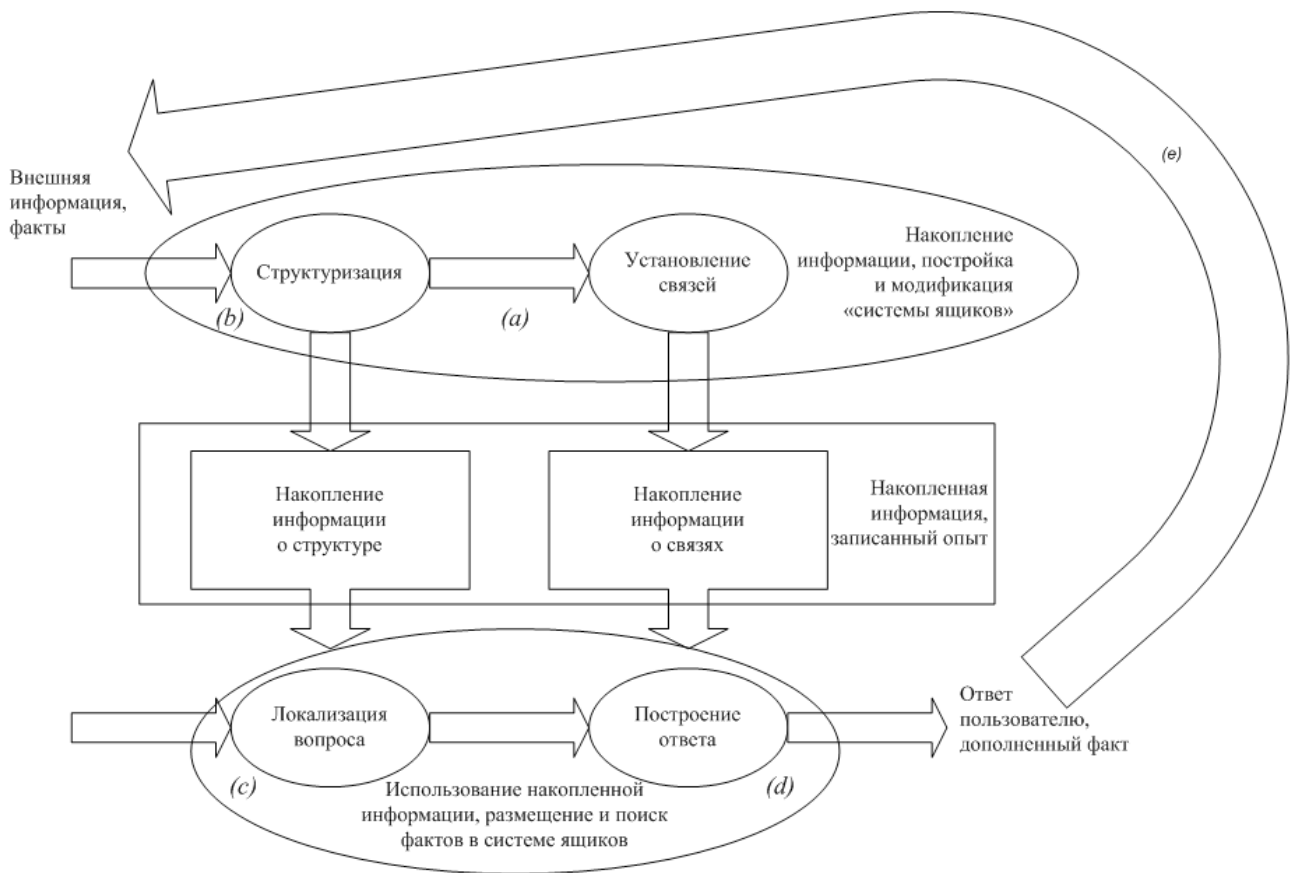


Рис. 5. Схема информационных потоков в рамках методики обслуживания модуля абдукции

На Рис. 5. изображена схема, иллюстрирующая принцип работы системы. Процесс накопления и извлечения информации состоит из нескольких частей:

- (a) Накопление полных фактов и их размещение в элементах концептуальной схемы.
- (b) Локализация вопросов в установленной структуре знаний.
- (c) Получение ответов на вопросы — по неполному факту, локализованному в структуре знаний, вос-

становливается недостающая часть факта, то есть, ответ на заданный вопрос. При этом используется информация о связях между элементами.

- (d) Внесение изменений в структуру знаний, на основании новых фактов, внесенных в систему, и опыта, приобретенного системой в результате её работы.

Внешняя информация, представляющая собой опыт эксперта, сначала структурируется, то есть разбивает-

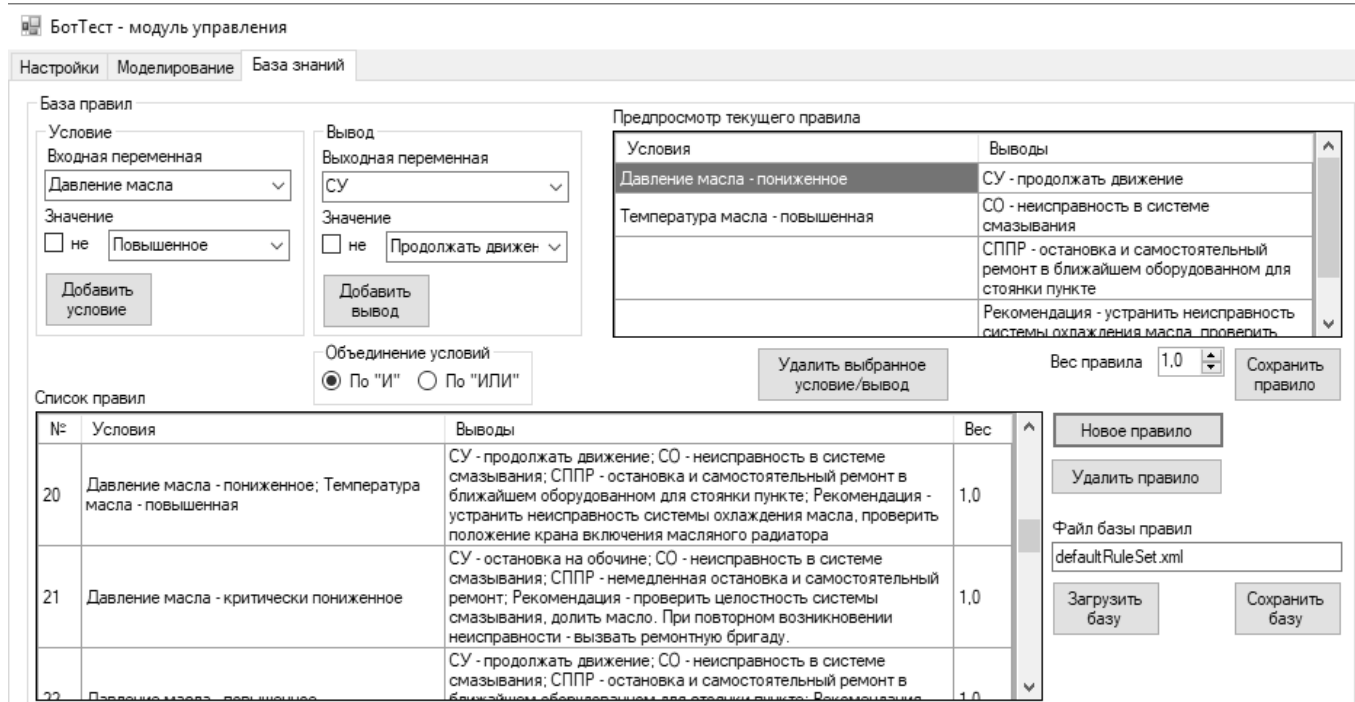


Рис. 6. Пример работы программного обеспечения модели автоколонны

ся на иерархически взаимосвязанные элементы. Затем происходит установление и корректировка связей между элементами. В результате накопленная информация об опыте экспертов приобретает два качества — структуру и взаимосвязь между элементами этой структуры.

Использование накопленного опыта происходит следующим образом: из вопроса пользователя выделяются элементы, которые определенным образом соотносятся с имеющейся структурой накопленной информации; далее на основании накопленной информации о связях в структуре знаний восстанавливается недостающая

часть внешней информации, то есть, ответ на поставленный вопрос.

ВЫВОДЫ

Представлена разработка модели программной шины самодиагностики технических улов авторобота для предоставления детальной информации водителю о возможной нештатной ситуации.

Рассмотрена модель применения абдуктивного логического вывода для возможности распознавания базовых

вых неисправностей с детализацией информации в диалоговом режиме.

Построена модель базы знаний для предупреждения при нештатных ситуациях, сформирована база правил для вывода в диалоговый режим для помощи водителю.

Описание неисправности авторобота представляется в виде естественно-языкового сообщения, что облегчает восприятие ситуации водителем. Для более детальной

информации водитель осуществляет речевой диалог по процедуре уточнения информации о неисправности..

Результаты работы модели могут быть использоваться для создания диагностических комплексов с естественно-диалоговым интерфейсом. В сложных и экстремальных ситуациях диалоговый формат детализации информации о неисправностях позволит точнее принять решение для устранения последствий поломки в системе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Spangenberg, R., Langner, T., Rojas, R.: Weighted semi-global matching and centersymmetric census transform for robust driver assistance. In Wilson, R., Hancock, E., Bors, A., Smith, W., eds.: *Computer Analysis of Images and Patterns*. Volume 8048 of *Lecture Notes in Computer Science*. Springer Berlin Heidelberg (2013) pp. 34–41.
2. Планирование локальной траектории на карте проходимости автомобиля-робота в реальном времени. Сборник «ПО универсального автопилота». 2014. <http://www.kb-avrora.ru/projects/po-universalnogo-avtopilota.html>
3. John Leonard, Jonathan How, Seth Teller. A Perception-Driven Autonomous Urban Vehicle, *Journal of Field Robotics*, 2008, pp. 1–48.
4. Ge, S.S. and Cui, Y.J. (2000) 'New potential functions for mobile robot path planning', *Transactions on Robotics and Automation*, Vol. 6, No. 5, pp. 615–620.
5. M. A. Porta Garcia, Oscar Montiel, Oscar Castillo, Roberto Sepúlveda, Patricia Melin, Path planning for autonomous mobile robot navigation with ant colony optimization and fuzzy cost function evaluation, *Applied Soft Computing*, v.9 n.3, p.1102–1110, June, 2009
6. Rulong, X., Qiang, W., Lei, S. and Lei, C. (2011) 'Design of multi-robot path planning system based on hierarchical fuzzy control', *Procedia Engineering*, Vol. 15, pp. 235–239.
7. Ostroukh A., Nikonov V., Ivanova I., Sumkin K., Akimov D. Development of contactless integrated interface of complex production lines. *Journal of Artificial Intelligence*. 2014. Т. 7. № 1. С. 1–12.
8. Akimov D., Krug P., Ostroukh A., Ivchenko V., Morozova T., Sadykov I. The Simulation Model of Autonomous Truck Caravan Movement in Terms of an Extreme and Non-Stationary Environment. *International Journal of Applied Engineering Research* ISSN0973–4562 Volume 11, Number 9 (2016) pp/ 6435–6440.
9. Mikolov, Tomas; Yih, Wen-tau; Zweig, Geoffrey (2013). «Linguistic Regularities in Continuous Space Word Representations.». *HLT-NAACL*: pp. 746–751.
10. Ахтеров А. В., Кирильченко А. А., Петрин А. А., Пряничников В. Е.. Реализация в информационно-измерительных системах концепции виртуальных датчиков. // *Информационно-измерительные и управляющие системы. (Интеллектуальные адаптивные роботы. Вып.1)*. М.: Радиотехника, 2009, т. 7, № 6, с. 72–76.
11. Артамонов И. М. Повышение производительности вычислительной сети с использованием моделирования процесса выполнения заданий [Электронный ресурс] / И. М. Артамонов // *Телематика*. 2006. [Режим доступа: http://tm.ifmo.ru/tm2006/db/doc/get_thes.php?id=246].
12. Блинова В. М. Метод диагностики сетей передачи данных на основе иерархического кластерного анализа. // *Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика*. № 22012, стр. 48–53.

© Акимов Дмитрий Александрович (akimovdmritri@gmail.com), Дятченкова Анастасия Юрьевна (futurama_07@bk.ru),

Сачков Валерий Евгеньевич (megawatto@gmail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»