

Разработка алгоритмов функционирования мультиагентной системы поддержки принятия решений по оценке надежности блока разделения воздуха воздуходелительных установок

Евгений Д. Чертов,¹
Евгений Г. Спиридонов,²
Игорь Ю. Акулов,² akul651@yandex.ru
Игорь А. Авцинов³

¹ кафедра технической механики, Воронеж. гос. ун-т инж. техн., пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

² кафедра криогенной техники, систем кондиционирования и метрологического обеспечения, Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А., ул. Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, 394064, Россия,

³ кафедра информационных и управляющих систем, Воронеж. гос. ун-т инж. техн., пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Под знаниями, применительно к задаче разработки базы знаний (БЗ) системы оценки надежности понимаются закономерности предметной области, полученные на практике и в результате профессиональной подготовки специалистов, появляются возможности, позволяющие ставить и решать задачи в области управления надежностью. Опираясь на наши исследования можно заключить, что ключевым моментом разрабатываемой мультиагентной системы поддержки принятия решений (МАСППР) является БЗ, основными принципами построения и функционирования которой являются: принцип прецедентности при получении диагностической информации; принцип адаптивности при сборе, классификации и систематизации диагностической информации; принцип открытости системы, предусматривающий возможность совершенствования и пополнения базы знаний; принцип модульности при построении; принцип когнитивности при обучении, предусматривающий наличие процедур дружественного и конструктивного взаимодействия. В свою очередь, модель представления знаний в МАСППР строится на основе производственной системы (ПС), которая является хорошо известной и широко используемой в СИИ моделью представления знаний. Согласно мультиагентной системе поддержки принятия решений предлагается использовать наиболее простой метод представления правил, а именно, списочную (или табличную) форму, которая показывает список правил в памяти интерпретатора. Разработка алгоритма функционирования машины логического вывода. Для совершенствования поиска маршрута логического вывода из множества правил, разработанных для «агента-исполнителя» и «агента-координатора», предлагается использовать метод линейного матричного вывода. Суть метода состоит в том, что для совокупности правил, представленных в списочной форме, строится матрица, затем, на основе анализа этой матрицы определяется факт наличия маршрута логического вывода, после чего определяются возможные маршруты логического вывода.

Ключевые слова: мультиагентная система, разработка алгоритмов, построение матрицы, логический вывод

Development algorithm operation of multicomponent system system to support decision-making in assessing the reliability of air separation plants

Evgenii D. Chertov,¹
Evgenii G. Spiridonov,²
Igor' Yu. Akulov,² akul651@yandex.ru
Igor' A. Avtsinov³

¹ technical mechanics department, Voronezh state university of engineering technology, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia

² cryogenic technics, central airs and metrological maintenance department, Military and air academy of the prof. N. E. of Zhukovsky and Yu. A. Gagarin, Starykh Bolshevikov St., 54a, Voronezh, 394064, Russia

³ information and control systems department, Voronezh state university of engineering technology, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Voronezh, Russia

Summary. In that case when knowledge in relation to a problem of development of the knowledge base (KB) of system of an assessment of reliability is understood as the regularities of subject domain received in practice and as a result of vocational training of experts there are opportunities the problems allowed to put and solve in the field of management of reliability. Leaning against our researches it is possible to conclude that the key moment developed the multicomponent systems of support of decision-making (MASPPR) is KB, main principles of construction and which functioning are: the principle of a precedential when obtaining diagnostic information; the principle of fitness during the receiving, the analysis and structurization of diagnostic information; the principle of openness of system having a possibility of progressive updating, being guided by the available information, knowledge bases; the principle of a modularity at construction; the principle of knowledge when obtaining new information assuming existence of procedures of loyal and effective interaction. In turn, the model of representation of knowledge in MASPPR is under construction on a basis production systems (PS) which is model of representation of knowledge well-known and widely used in SEE. According to multicomponent system of support of decision-making it is offered to use the simplest method of submission of rules, namely, list (or tabular) a form which shows the list of rules in memory of the interpreter. Development of algorithm of functioning of the car of a logical conclusion. At reduction of time and simplicity of search of a route of a logical conclusion from a significant amount of the rules developed for "agent-performer" and "agent-coordinator" we will apply a method of a linear matrix conclusion. The essence of a method consists that for set of the rules located in the form of the list the matrix is under construction, then, on the basis of the analysis of this matrix the route of a logical conclusion then additional routes of a logical conclusion are defined is defined

Keywords: multicomponent system, working out of algorithms, matrix construction, logic input

Для цитирования

Чертов Е.Д., Спиридонов Е. Г., Акулов И. Ю., Авцинов И. А. Разработка алгоритмов функционирования мультиагентной системы поддержки принятия решений по оценке надежности блока разделения воздуха воздуходелительных установок // Вестник ВГУИТ. 2016. № 3. С. 128–134. doi:10.20914/2310-1202-2016-3-128-134

For citation

Chertov E. D., Spiridonov E. G., Akulov I. Yu., Avtsinov I. A. Development algorithm operation the multicomponent system on estimation of reliability of the block of division of the air of divisions air installation. *Vestnik VSUET* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 3. pp. 128–134. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2016-3-128-134

Введение

В том случае, когда под знаниями применительно к задаче разработки базы знаний (БЗ) системы оценки надежности понимаются закономерности предметной области, полученные на практике и в результате профессиональной подготовки специалистов, появляются возможности позволяющие ставить и решать задачи в области управления надежностью.

1.1 Разработка базы знаний мультиагентной системы поддержки принятия решений по оценке эксплуатационной надежности аппаратной части блока разделения воздуха воздуходелительных установок.

Опираясь на наши исследования можно заключить, что ключевым моментом разрабатываемой мультиагентной системы поддержки принятия решений (МАСППР) является БЗ, основными принципами построения и функционирования которой являются:

- принцип прецедентности при получении диагностической информации;
- принцип приспособленности при получении, анализе и структуризации диагностической информации;
- принцип открытости системы, имеющий возможность прогрессивного обновления, опираясь на имеющуюся информацию, базы знаний;
- принцип модульности при построении;
- принцип познания при получении новой информации, предполагающий наличие процедур лояльного и действенного взаимодействия.

В свою очередь, модель представления знаний в МАСППР строится на основе продукционной системы (ПС), которая является хорошо известной и широко используемой в СИИ моделью представления знаний [1, 3, 4]. ПС представляет собой совокупность трех компонентов:

- база данных (БД), имеющая множество фактов, описывающих предметную область;
- база правил, представленная набором продукций (правил вида ЕСЛИ \Rightarrow ТО);
- управляющий модуль, отвечающий за логический вывод (интерпретатор ПС).

К очевидным достоинствам продукционных моделей можно отнести следующие:

- модульность, то есть не привязанность продукций между собой;
- простота и понимание различных знаний при логическом вводе;
- использование продукционной стратегии позволяет говорить о «прозрачности»

системы (способность системы к объяснению принятых решений и получению результатов);

- вариативность при выборе управленческих стратегий;
- адаптивность к разработке программного продукта для автоматического решения задач.

Возможность выбора любого алгоритма для решения поставленной задачи и отображения полученных данных на экране ЭВМ.

К недостаткам относятся:

- сложность в добавлении правил к уже имеющимся в базе;
- отсутствие ясности взаимоотношений продукций;
- размытость оценки целостного образа знаний.

Согласно мультиагентной системе поддержки принятия решений предлагается использовать наиболее простой метод представления правил, а именно, *списочную* (или *табличную*) форму, которая показывает список правил в памяти интерпретатора. Разработка алгоритма функционирования машины логического вывода [5, 6].

При уменьшении времени и простоте поиска маршрута логического вывода из значительного количества правил, разработанных для «агента-исполнителя» и «агента-координатора», применим метод линейного матричного вывода. Суть метода состоит в том, что для совокупности правил, расположенных в форме списка, строится матрица, затем, на основе анализа этой матрицы определяется маршрут логического вывода, после чего определяются дополнительные маршруты логического вывода.

Определенное в форме списка многозначное соответствие между конечным множеством входных и выходных переменных в каждой конкретной ситуации можно представить в виде:

$$S = \langle X, Y, H \rangle, \quad (1)$$

где: $X = \{x_n\}$ – множество входных переменных; $Y = \{y_f\}$ – множество выходных переменных; $H = \{h_k\}$ множество правил, то есть соответствие вида $H \subseteq X \cdot Y$, задающее связь между входными и выходными переменными.

Тогда, если известно множество правил $H = \{h_k\}$, имеющих в своем составе множество переменных входа $X = \{x_n\}$ и выхода $Y = \{y_f\}$, получим матрицу взаимосвязи всех переменных и правил – $S(mx)$, где $m = n + f$. Здесь, на каждой строке при описании каждого правила, все входные переменные этого правила на соответствующих позициях матрицы помечаются символом x , все выходные – y . Блок-схема алгоритма формирования матрицы представлена на рисунке 1.

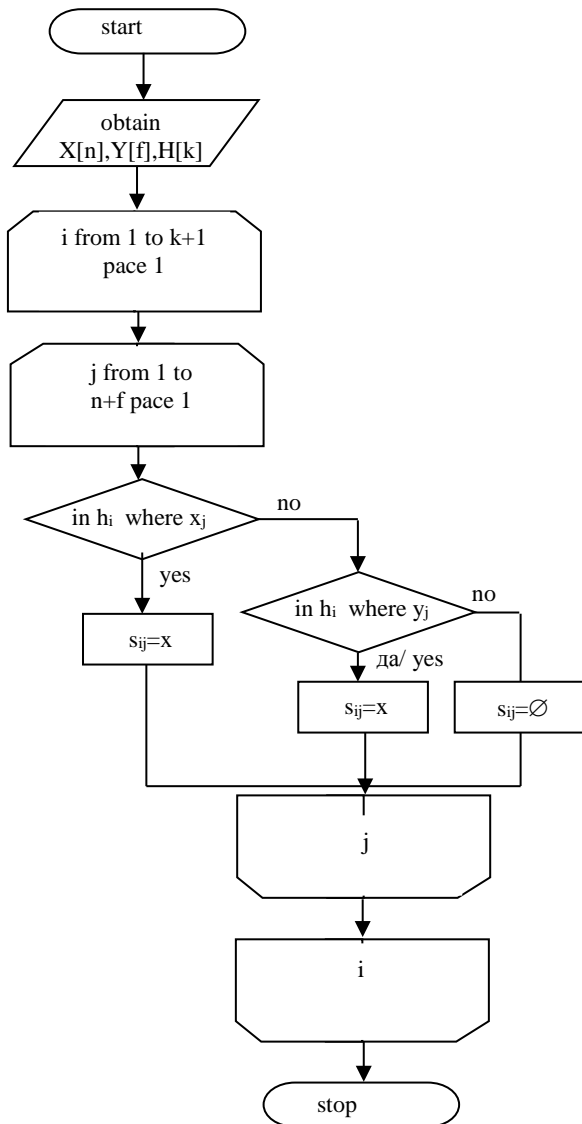


Рисунок 1. Блок-схема алгоритма формирования матрицы

Figure 1. Block diagram of algorithm of formation of a matrix

Для оптимального количества операций поиска маршрута логического вывода необходимо добавить в матрицу еще одну строку $k + 1$, в которой будут записываться исходные данные – $l_j \in L$, где L – множество известных данных. Таким образом, получаем матрицу S размерности $m \cdot (k + 1)$, в которой показана вся структура исходной сети правил, которая может изменяться в любое время.

Блок-схема алгоритма матричного поиска маршрута логического вывода представлена на рисунке 2.

На ней приведены следующие действия:

1. В строке $k + 1$ помечают все известные l переменные.

2. Поэтапно, перемещаясь вниз, производится поиск таких правил, которые могут быть

задействованы, то есть известны все входные переменные.

Механизм выбора задействованного правила показан в следующем виде:

$$h = C(B) \subseteq B \subseteq H, \quad (2)$$

где H – множество всех возможных правил (всех альтернатив); B – конкретное исходное множество допустимых правил (альтернатив); $C(B)$ – функция выбора привилегированного правила (альтернативы); h – задействованное правило.

Множество B выбирается на основе условия:

$$B = \{h_i\}, \text{ если } x_j \in h_i \text{ и } x_j \subseteq Z, \\ i = \overline{1, k}, j = \overline{1, m}. \quad (3)$$

Функция выбора является выражением формирования необходимых и достаточных условий выбора правила. Правило может быть задействовано, если после запуска соответствующей входной переменной процедуры обработки (Proc), мы получим значение входной переменной в правиле (Value_in):

$$C(B) = (\text{Proc}(x_j) = \text{Value_in}), \quad (4)$$

где $x_j \in h, j = \overline{1, m}$.

3. После запуска правила h , выводимые в этом правиле значения $y_j \in h (j = \overline{1, m})$ становятся известными, то есть помечаются в служебной строке $(k + 1) - l$, а $x_j \in h$ и $x_j \subseteq L (j = \overline{1, m})$ удаляются из служебной строки, то есть $L = Y\{y_j\}$ при $y_j \in h (j = \overline{1, m})$ – известные переменные становятся равные выводимые переменные задействованного правила.

4. Если правил, где $x_j \subseteq L (j = \overline{1, m})$ нет, то задача считается решенной, иначе поиск решения осуществляется далее.

5. На этом этапе определяют наличие таких правил, которые могут быть запущены после определения новых параметров, то есть поступают аналогично п. 2.

6. Аналогично п. 3 запускают правила, далее действуют согласно п. 4 и п. 5 и выполняют эти действия, пока не будет получен результат.

Определение «запуск» правил формируется в следующем виде.

Изначально строим матрицы. Затем представим их в бинарном виде, имеющем два значения: 1 – соответствующая переменная является входной для правила и 0 – переменная есть в правиле, но является выводимой из него. Если все строки такой матрицы будут представлять собой бинарные числа, то поиск запускаемых правил сводится к сравнению двух бинарных чисел.

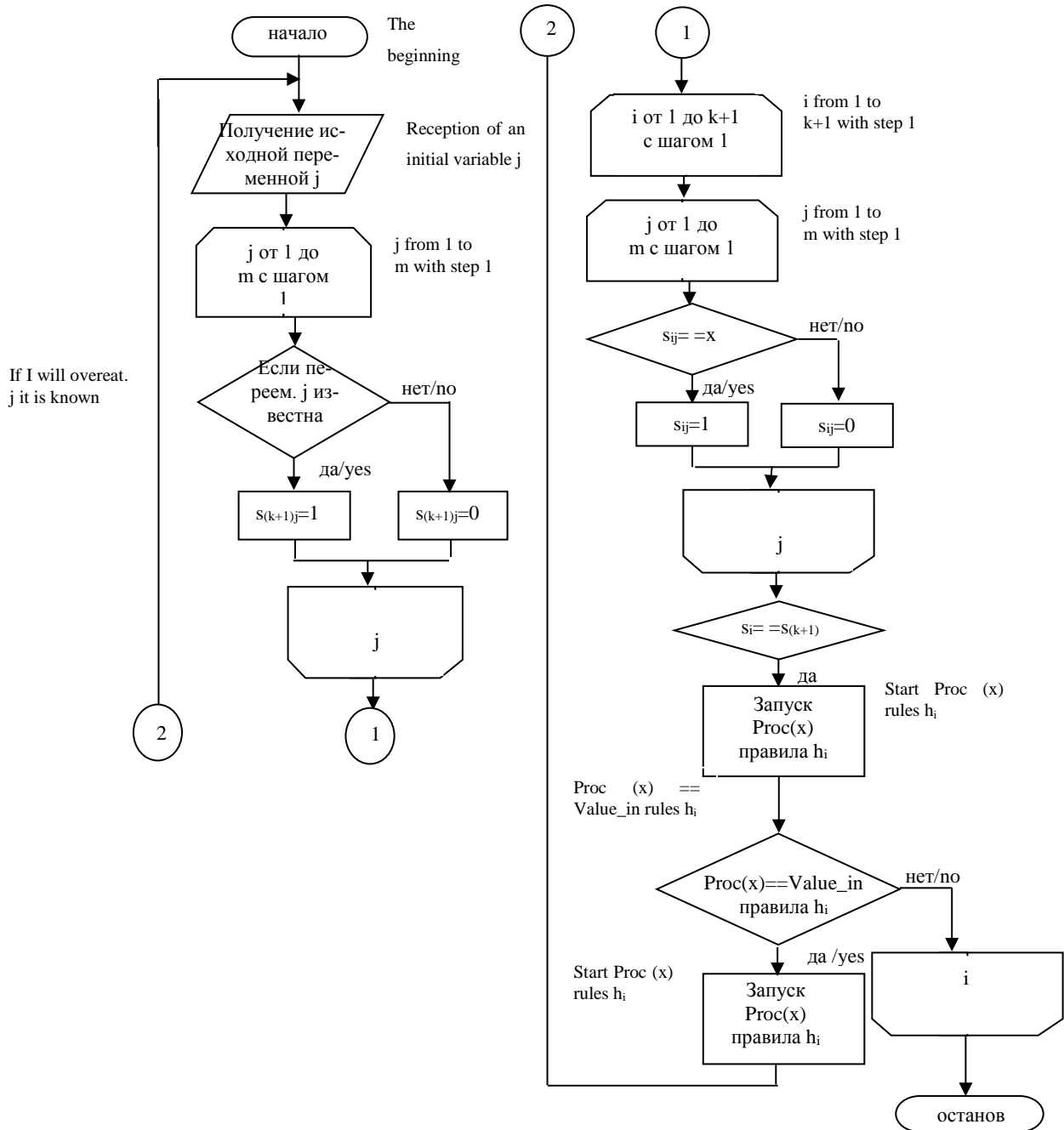


Рисунок 2. Блок-схема алгоритма матричного поиска маршрута логического вывода

Figure 2. Block diagram of algorithm of matrix search of a route of a logic conclusion

1.2 Информационное обеспечение мультиагентной системы поддержки принятия решений по оценке эксплуатационной надежности блока разделения воздуха воздухоразделительных установок.

Отдельные факты, описывающие объекты, процессы и явления предметной области, а также их свойства называются данными [2, 6].

Приобретенная внутри системы информация подвергается делению на следующие виды: *входная* информация, поступающая из других систем или с помощью ручного ввода и *выходная* информация – результаты работы системы, выходные файлы.

Группы делятся на *нормативно-справочную* (условно-постоянная информация, изменяющаяся сравнительно редко) и *оперативно-учетную* (переменная информация).

Входную информацию МАСППР разделяется на:

– *статическую*, закладываемую на этапе формализации знаний об исследуемом объекте БРВ ВРУ военного назначения (как правило, эта область базы фактов может быть неполной при первоначальном ее формировании и накапливается во время эксплуатации, например, при модернизации и замене теплообменников, ректификационных колонн, проводящей аппаратуры);

— динамическую, появляющуюся после запуска системы в соответствии с разработанной ранее моделью знаний.

Очевидно, что имея дело с постоянно меняющимися объектами реального мира (развитие, старение), МАСППР должна иметь достаточно пластичную «обучаемость» – возможность расширения и углубления знаний и принципов их применения при анализе меняющихся условий и принятии решений, то есть, она должна использоваться для решения поставленных перед ней задач информацию, приобретенную со времени ввода системы в эксплуатацию.

К входной нормативно-справочной (статической) информации МАСППР относятся следующие данные:

- об элементах БРВ ВРУ военного назначения и их характеристиках;
- о граничных значениях наблюдаемых параметров условий эксплуатации элементов БРВ ВРУ военного назначения;
- о показателях надежности ТС и БРВ ВРУ военного назначения в целом, рассчитанных на стадии проектирования;
- о возможных видах отказов ТС и об их критериях;
- о функциях, выполняемых ТС.

Входная оперативно-учетная (динамическая) информация МАСППР содержит следующие данные:

- значения наблюдаемых параметров условий эксплуатации;
- информация об имевших место отказах объектов БРВ ВРУ военного назначения;
- пересчитанные показатели надежности элементов, функций и БРВ ВРУ военного назначения в целом;
- информация о правилах, представленная в списочной форме.

Таким образом, можно выделить несколько уровней входной информации (рисунок 3):

1. *Developer Level* – алгоритмы оценки, прогнозирования показателей надежности и обеспечение возможности изменения параметров и структуры этих алгоритмов.
2. *User level* – информация, вносимая пользователем системы, описывающая каждый элемент БРВ ВРУ военного назначения, контролируемых параметрах и показателей надежности ТС, построение структурно – функциональных схем.
3. *System level* – информация (опыт), накопленная со времени начала функционирования МАСППР, и использование её в процессе принятия решения.

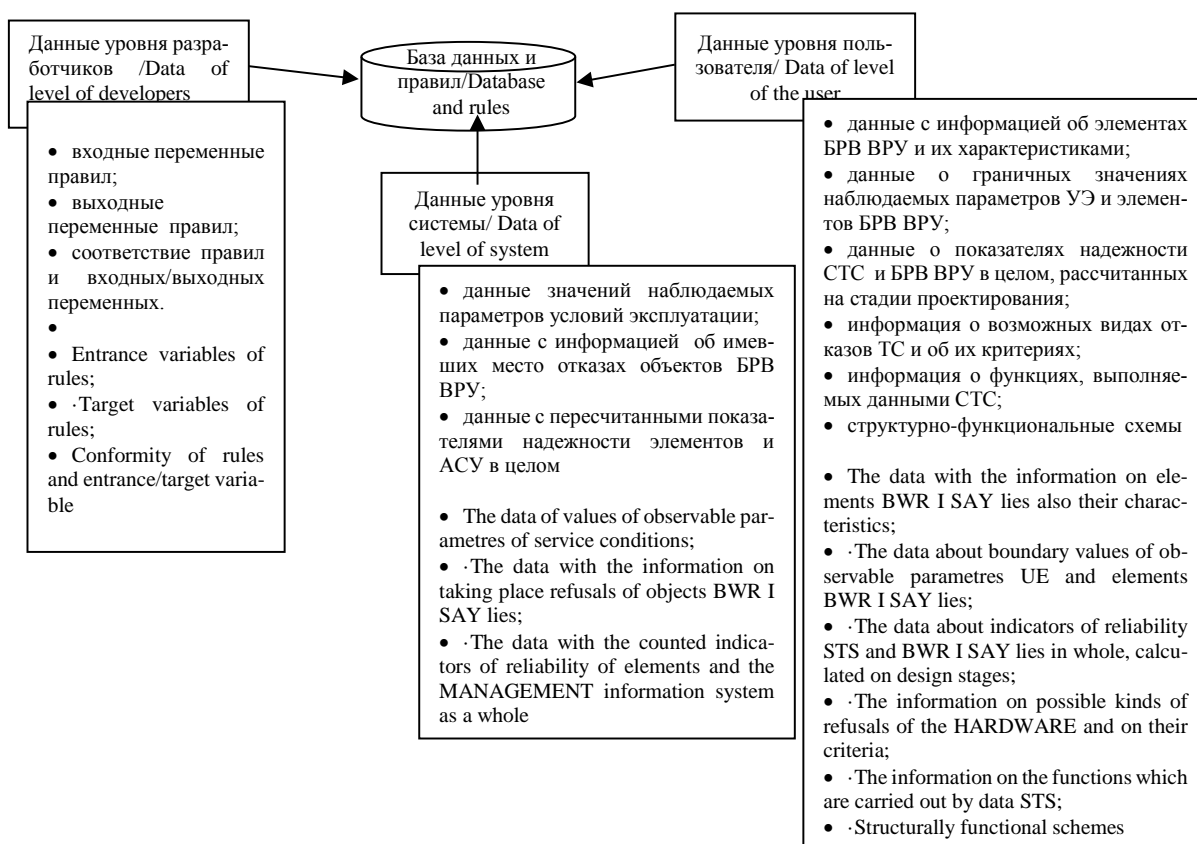


Рисунок 3. Структура входной информации

Figure 3. Structure of the entrance information

После активации системы, происходит накопление информации об объекте, проверка на соответствие допустимых значений контролируемых параметров и пополнение новой информацией базы знаний. В случае рассогласования и выявления несоответствий в работе технической системы (ТС) производится проверка его работоспособности, в результате чего на мониторе оператора появляется информация о наблюдаемом ТС в виде сигнализирующих сообщений. При «сбое» системы появляется сообщение о месте, времени и предполагаемой неисправности (ошибке) в работе ТС. После устранения неисправности система внесет данную информацию в БД для предотвращения инцидента (ошибки в программе).

Предполагается, что при последовательных «прогонах» программы наборы входных данных являются случайными и выбираются в соответствии с законом распределения, соответствующим реальным условиям функционирования.

Только после тестового периода в работе ТС, накопления необходимого и достаточного количества информации МАСППР можно внедрять в производство.

В этом случае, выходной информацией МАСППР для оценки эксплуатационной надежности аппаратной части будут являться:

- оценочные и прогнозные значения показателей надежности ТС, отдельных функций и БРВ ВРУ военного назначения в целом;

- предупреждающие сообщения оператору об отклонениях в наблюдаемой системе;

- сообщения оператору об отказах отдельных элементов БРВ ВРУ военного назначения.

Значительное количество новых разработок алгоритмов функционирования мульти-агентной системы поддержки принятия решений по оценке надежности БР воздуха ВРУ посвящено оптимальному количеству операций поиска маршрута.

Отметим, что предложено построение модели представления знаний интеллектуальных агентов в МАСППР на основе продукционной системы, которая хорошо известна и широко используется в СИИ.

Заключение

На основе матричного метода поиска маршрута логического вывода на сети продукционных правил, разработанных для агентов системы, разработаны алгоритм формирования матрицы взаимосвязи входных, выходных переменных и исходной сети правил, а также алгоритм матричного поиска маршрута логического вывода.

ЛИТЕРАТУРА

1 Зраенко В.П., Федотов В.П., Аксенов К.А. Разработка коалиционной системы поддержки и принятия решений // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Физ.-мат. наук. 2013. № 2(31). С. 72–79.

2 Дыков М.А., Кравец А.Г., Коробки Д.М., Укустов С.М. и др. Автоматизированная система принятия решений при патентной экспертизе // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2014. Т. 20. № 6 (133).

3 Измайлов И.А. Мультиагентная система поддержки принятия решений по оперативному прототипированию, развертыванию и обновлению многокомпонентных распределенных информационных систем // Молодой учёный. 2014. № 9. С. 162–164.

4 Измайлов И.А., Бахтенко Е.А. Организация информационной поддержки на промышленном предприятии // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования» – ИНФОРИНО-2014. 2014. С. 27–30.

5 Измайлов И.А., Суконшичиков А.А. Проектирование системы управления ресурсами предприятия на основе многоагентных систем // «Научная дискуссия: инновации в современном мире»: материалы VII международной заочной научно-практической конференции. 2012. Ч. I. С. 35–39.

6 Харасова А.С. Контроллинг как информационная система поддержки принятия управленческих решений в предпринимательстве // Российское предпринимательство. 2014. № 21 (267). С. 17–23.

REFERENCES

1 Zraenko V. P, Fedotov V. P, Aksenov K.A. Working of coalition system of support and decision-making. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Samara State Technical University] 2013, no. 2 (31), pp. 72–79. (in Russian)

2 Dykov M. A, Kravets A.G., Korobki D.M., Ukustov S.M. et al. The automated system of decision-making at patent expert examination. *Izvestiya volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [News of Volgograd State Technical University] 2014, vol. 20, no. 6 (133). (in Russian)

3 Izmaylov I.A. Multicomponent system of support of decision-making on operative prototyping, expansion and updating of the multicomponent distributed information systems. *Molodoi uchenyi* [Young scientist] 2014, no. 9, pp. 162–164. (in Russian)

4 Izmaylov I.A., Bahtenko E.A. Organization of information support at the industrial enterprise. *Trudy mezhdunarodnoi nauchno-metodicheskoi konferentsii "Informatizatsiya inzhenernogo obrazovaniya"* [Works of the International scientifically-methodical conference «engineering education Information» –INFORINO] 2014, pp. 27–30. (in Russian)

5 Izmaylov I.A., Sukonshchikov A.A. Design of control system of enterprise resources on a basis multicomponent systems. *Nauchnaya diskussiya: innovatsii v sovremennom mire* [«Scientific discussion: innovations in the modern world»: materials of VII international correspondence scientifically-practical conference] 2012, part 1, pp. 35–39. (in Russian)

6 Kharasova A.S. Controlling as information system of support of acceptance of administrative decisions in business. *Rossiiskoe predprinimatel'stvo* [Russian business] 2014, no. 21 (267), pp. 17–23. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Евгений Д. Чертов д. т. н., профессор, кафедра технической механики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Евгений Г. Спиридонов д. т. н., профессор, кафедра криогенной техники, систем кондиционирования и метрологического обеспечения, Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А., ул. Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, 394064, Россия

Игорь Ю. Акулов адъюнкт, капитан, кафедра криогенной техники, систем кондиционирования и метрологического обеспечения, Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А., ул. Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, 394064, Россия, Akul651@yandex.ru

Игорь А. Авцинов д. т. н., профессор, кафедра информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Евгений Д. Чертов консультация в ходе исследования

Евгений Г. Спиридонов предложил методику проведения эксперимента и составил план поиска информации

Игорь Ю. Акулов обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провел эксперимент, выполнил расчеты, написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Игорь А. Авцинов консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 30.07.2016

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 22.08.2016

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Evgenii D. Chertov doctor of technical sciences, professor, technical mechanics department, Voronezh state university of engineering technology, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia

Evgenii G. Spiridonov doctor of technical science, professor, cryogenic techniques, central airs and metrological maintenance department, Military and air academy of the prof. N. E. of Zhukovsky and Yu. A. Gagarin, Starykh Bolshevikov St., 54a, Voronezh, 394064, Russia

Igor' Yu. Akulov graduated in a military academy, captain, cryogenic technics, central airs and metrological maintenance department, Military and air academy of the prof. N. E. of Zhukovsky and Yu. A. Gagarin, Starykh Bolshevikov St., 54a, Voronezh, 394064, Russia, Akul651@yandex.ru

Igor A. Avtsinov doctor of technical sciences, professor, information and control systems department, Voronezh state university of engineering technology, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia

CONTRIBUTION

Evgenii D. Chertov consultation during the study

Evgenii G. Spiridonov has offered a technique of carrying out of experiment and has organised industrial tests

Igor' Yu. Akulov the review of references on an investigated problem, has made experiment, has executed calculations, has written the manuscript, corrected it before giving in edition and bears responsibility for plagiarism

Igor A. Avtsinov consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.30.2016

ACCEPTED 8.22.2016