

УДК 004.021

М. Л. Повираева

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, г. Москва, Россия
105005, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр.1, Москва, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ МИВАРНЫХ БАЗ ДАННЫХ И ПРАВИЛ ДЛЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ «МОНИТОРИНГ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ НАЗЕМНЫХ КОМПЛЕКСОВ УПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНОГО КОСМОСА»

M. L. Poviraeva

Moscow State Technical University N. E. Bauman, Moscow, Russia
105005, 2nd Baumanskaya St., 5, building one, Moscow, Russia

APPLICATION OF MIVAR DATABASES AND RULES FOR THE SUBJECT AREA «MONITORING, MAINTENANCE AND REPAIR OF GROUND-BASED DEEP SPACE MANAGEMENT SYSTEMS»

Статья посвящена проблеме выдачи рекомендаций ремонтнику на основании показателей датчиков, установленных на оборудовании. В статье рассмотрены существующие системы мониторинга. Предложено решение по выдаче рекомендаций ремонтнику на основании показателей датчиков, установленных на оборудовании с применением миварных баз данных для сокращения времени, которое тратится ремонтником на выявление проблемного звена среди всего оборудования, установленного на объекте. Предложенное решение было проанализировано с обозначением преимуществ и недостатков. Сделан вывод о практичности и целесообразности применения миварных технологий в сфере мониторинга, технического обслуживания и ремонта наземных комплексов управления дальнего космоса (НКУ ДК).

Ключевые слова: Мониторинг, техническое обслуживание, ремонт, НКУ ДК, наземные комплексы управления дальнего космоса, мивар, миварные сети, Разуматор, Wi!Mi.

The article is devoted to the issue of issuing recommendations to a repairman on the basis of indicators of sensors installed on the equipment. The article discusses existing monitoring systems. A solution is proposed to give recommendations to the repairman on the basis of indicators of sensors installed on the equipment using mivar databases to reduce the time spent by the repairman on identifying the problem link among all the equipment installed at the facility. The proposed solution was analyzed with the advantages and disadvantages. The conclusion is drawn on the practicality and feasibility of applying mivar technologies in the field of monitoring, maintenance and repair of ground-based deep space management systems.

Keywords: Monitoring, maintenance, repair, ground-based deep space management systems, mivar, mivar networks, Reasoner, Wi!Mi.

Введение

В настоящее время существенно возрастает сложность объектов и, соответственно, требования к обслуживающим их организациям, которые должны обеспечивать необходимый уровень готовности – технический и оперативный.

В связи с этим появляется целый класс задач, требующих комплексного подхода и решения:

1. Создание базы знаний, в том числе базы данных по отказам оборудования. Наличие систем удаленной диагностики с получением статистики для прогнозирования работы оборудования в оперативном режиме, решения вопроса подготовки и баланса ответственности между эксплуатирующим персоналом и персоналом организации поставщика.

2. Поддержания изделий в работоспособном состоянии – предоставление актуальной и персонализированной технической информации, наличие базы данных о неисправностях, алгоритмов их устранения, электронных каталогов, возможность получения точной информации о техническом состоянии конкретного экземпляра изделия.

3. Возможность оперативного устранения неисправностей, основанная на глубоком знании технической информации и логистики обеспечения сервисного обслуживания, необходимости создания информационных систем, обеспечивающих логистику поставок, управление сервисными бригадами, предоставление этим бригадам мобильной информации.

4. Взаимодействие цепочки поставщиков. Необходимость связать цепочку информационных систем в единое целое – поставка оборудования, логистика, обеспечение сервисного обслуживания, диагностика, модернизация, утилизация.

Основными проблемными аспектами в этой области являются:

- высокая степень деградации технического состояния изделий, протекающих вследствие износа;
- частые внеплановые (аварийные) остановки и необоснованный ремонт;
- отсутствие базы данных по отказам оборудования;
- отсутствие систем прогнозирования работы оборудования;
- потери от аварийных ситуаций, утечек электроэнергии и тепловой энергии, либо их несанкционированного отбора составляют от 30 до 40 % от общего объема.

Эти проблемы можно попробовать устранить или, как минимум, свести к минимуму при помощи мониторинга технического состояния объекта. Мониторинг технического состояния объекта предназначен для сбора, анализа и накопления данных от разнотипных и распределенных датчиков с целью контроля жизнеобеспечения объекта и определения технического состояния оборудования, обнаружения отклонений и неисправностей в его работе, обеспечения наблюдения за развитием ситуации и своевременного предупреждения о необходимости технического обслуживания и принятия решений, обеспечивающих надежную и безопасную эксплуатацию.

Предполагается, что наличие алгоритмов, позволяющих заранее предупредить отказ оборудования или необходимость его технического обслуживания, позволит минимизировать риск возникновения вышеописанных проблемных аспектов. В качестве решения может служить миварная система контроля технического состояния оборудования на объекте (МСК ТСО), на вход которой поступают данные, собран-

ные при помощи датчиков, установленных на оборудовании. Выходом такой системы является обнаружение аварийной ситуации или оповещение о нестандартном поведении оборудования. Предлагаемая система не имеет аналогов среди существующих экспертных систем и гарантирует высокоскоростную обработку информации [1].

Таким образом, МСК ТСО позволит обеспечить:

- сокращение объемов ремонта;
- увеличение межремонтных периодов;
- планирование и контроль технического обслуживания и регламентных работ. Периодическое и качественное обслуживание увеличивает работоспособность оборудования (изделий, деталей);
- мониторинг оборудования (изделий, деталей). Оборудование обслуживается не по факту поломки, а по сообщению системы о возможном выходе из строя детали.

Следовательно, тематика разработки подобных систем мониторинга на основе технологий логического искусственного интеллекта является актуальной, реализуемой и практически полезной.

Анализ современных систем мониторинга

Существующие системы мониторинга условно можно разделить на системы, реализующие активный и пассивный мониторинг. В данном случае под пассивным мониторингом понимается получение данных в режиме чтения, например, системы сбора данных о температуре, о загрузке процессора, о потреблении оперативной памяти. Под активным мониторингом следует понимать мониторинг с элементами воздействия на среду (операционную систему, приложения, аппаратное обеспечение). Примером может служить система, которая при определенных внешних условиях или же при определенных значениях параметров выполняет корректирующее действие. Системы мониторинга строятся по архитектуре клиент-сервер. Взаимодействие клиента и сервера осуществляется с помощью стандартных, либо же собственных протоколов, а данные передаются через сети передачи данных. Сервер хранит, использует и модифицирует текущую конфигурацию для выполнения мониторинга. Собственно, сервер проводит зондирование системы, даёт оповещения, если произошли сбои, сохраняет в своей конфигурации результаты зондирования для последующего вывода их в графическом виде. Сам по себе сервер не способен графически отображать схему сети. Для получения графического изображения, а также некоторых видов оповещения о сбоях в системе, используется клиент. Клиент не хранит никакой информации, кроме расположенной в оперативной памяти, т.е. предназначенной для отображения. Основное предназначение клиента – нарисовать красивую картинку и, в случае сбоев или других событий, отобразить это в клиентской консоли для удобного восприятия. Второе предназначение клиента – это графический интерфейс пользователя, предназначенный для конфигурирования сервера.

Большинство современных активных систем мониторинга IT-инфраструктуры используют одинаковый принцип: система мониторинга неким образом опрашивает оборудование или программное обеспечение, получает результат и сравнивает его либо с шаблоном, либо с заранее заданными предельно допустимыми значениями. Так, для определения доступности SMTP сервера, система мониторинга должна подключиться к серверу на 25 порт TCP, передать строку “hellomy.monitoring.com” получить в ответ строку и отключиться от SMTP сервера. Далее проверить, содер-

жит ли строка ответа сервера в начале трёхзначный код, начинающийся с цифры 2. Если это так, то сервер живой, если нет, система должна дать оповещение. Фактически, это метод сравнения по шаблону. Другой пример – проверка загрузки процессора. Система мониторинга, чаще всего по SNMP [2], опрашивает сервер, получает значение текущей загрузки процессора, и сравнивает его с предельно допустимым максимальным значением, допустим 80. Если процессор загружен более чем на 80%, система мониторинга должна дать оповещение. Это – метод проверки предельно допустимых значений опрашиваемых величин. В любом случае, в процессе конфигурирования системы мониторинга необходимо задавать четкие критерии того, что надо считать нормальной работой оборудования или программного обеспечения, а что – сбоем, или ситуацией, которая может привести к сбою в ближайшем будущем. Такой принцип мониторинга работает в большинстве случаев. Однако, порой задать критерии того, что считать сбоем, а что нормальной работой, слишком сложно или вообще невозможно. Кроме вышеупомянутого SNMP, который специально был разработан для решения задач передачи данных в системах мониторинга, практически у каждой системы мониторинга существуют и собственные реализации протоколов обмена данными, но SNMP является наиболее популярным и востребованным за счет расширяемости и открытости интерфейса. Кроме этого, SNMP может быть использован как в активном мониторинге, так и в пассивном. Для того чтобы определить, какой тип мониторинга стоит применять в том или ином случае, необходимо рассмотреть более подробно области использования как пассивного мониторинга, так и активного.

Пассивный мониторинг

К классу систем пассивного мониторинга относятся системы, которые используются для отслеживания возникновения неисправностей и/или нестандартных ситуаций. После сбора информации с источников данных возможен ряд действий, среди которых – отображение полученной информации оператору, а в случае изменения параметров за пределы, определенные как «нормальные», принятие определенных шагов для устранения возникшей ситуации и нормализации параметров. Формат оповещения может быть разным: это и построение графиков, и генерация сообщений в приоритетном режиме для более оперативного отображения оператору и тому подобное. Представителями подобных систем являются MRTG (Multi Router Traffic Grapher) [3] и САСТІ [4]. Неоспоримым преимуществом данных программных продуктов является их бесплатное использование. Автор MRTG создал его для контроля загруженности интерфейсов на сетевых устройствах (коммутаторы и маршрутизаторы) и, как следствие, MRTG стало популярным среди компаний, работающих в области связи. САСТІ же предлагает более удобный интерфейс, но и требует больших затрат на установку и настройку. Однако данные типы систем мониторинга не позволяют в режиме реального времени отслеживать какие-либо показатели, но позволяют хранить статистику и отображать ее в виде графиков. В связи с тем, что в вычислительной системе ежесекундно случаются какие-либо события как в ОС, так и на аппаратном уровне, то в случае их незапланированного формата они должны быть перехвачены. Например, срабатывание датчиков превышения температуры, датчиков движения, датчиков задымленности. Для отслеживания подобных событий можно использовать такие системы мониторинга, как Nagios [5] и Zabbix [6].

Nagios сложен в первичной настройке, но удобен при последующем использовании. Интерфейс Nagios ориентирован на наличие персонала, который следит за

состоянием показателей системы. Данные поступают не в реальном времени, но время опроса элементов можно регулировать в зависимости от потребностей. Удаленные системы опрашиваются посредством программных интерфейсов. Соответственно при наступлении каких-либо событий в интерфейсе выводятся соответствующие информационные сообщения. Данный программный продукт ориентирован именно на срабатывание определенных событий.

Zabbix имеет веб-интерфейс для администрирования и настройки. В отличие от Nagios, Zabbix достаточно самостоятелен и сможет отправить уведомление на почту или sms с помощью gsm-модема, или даже попытаться самостоятельно поднять упавший сервис, выполнив заранее определенные действия.

Активный мониторинг

Активный мониторинг характеризуется тем, что на определенные события, которые происходят, существует заранее заданное действие, которое предположительно приводит к решению возникшей проблемы. Таким образом, активный мониторинг характерен наличием обратной связи. Примерами таких систем являются HP OpenView [7] и IBM Tivoli [8]. Это комплексные системы, которые можно в совокупности именовать интеллектуальными системами, генерирующими в зависимости от возникновения событий активности ответные действия для восстановления требуемых показателей. В полной же мере в эту категорию попадают системы формата «умный дом», которые активно производят мониторинг ситуации и могут совершать по заданной логике необходимые действия. Кроме того, при выборе системы мониторинга следует учесть степень их защищенности от возникновения следующих критических факторов:

- отказ отдельных элементов или системы в целом;
- умышленное вредоносное воздействие на систему.

Еще одной немаловажной проблемой является то, что в таких системах чаще всего существует центральный сервер/диспетчер, который выполняет всю вычислительную нагрузку, и, в случае выхода его из строя, возникает угроза работоспособности всей системы. Способом устранения этой проблемы может являться создание само диагностируемой системы, которая самостоятельно следила бы за состоянием своих узлов и, в случае необходимости, перераспределяла задачи вышедшего из строя узла. Подводя итоги, можно сказать, что по мере модернизации производств, усложнения систем, увеличения доли автоматизации появляется необходимость контролировать вычислительные ресурсы. Таким образом, значимость систем мониторинга будет расти. Но с ростом роли систем мониторинга необходимо уделять большее внимание вопросам правильной их работы и защиты. Причем это как классические ошибки (например, отказ датчиков), которые легко диагностируются, так и умышленные воздействия для искажения результатов мониторинга или умышленный вызов отказа в обслуживании для предотвращения получения данных системой мониторинга. Поэтому будет возрастать роль защиты систем удаленного мониторинга от внешних воздействий, в связи с чем стоит развивать существующие системы в сторону самодиагностики и прогнозирования возможных угроз безопасности.

Проблема создания интеллектуальных систем

Проблема создания интеллектуальных систем остается актуальной и практически значимой. Путем объединения баз данных с логико-вычислительной обработкой миварный подход позволяет работать с огромными объемами контекстной информации, что порождает способность компьютеров к непосредственному пониманию смысла информации и дает предпосылки создания логического искусственного интеллекта (ЛИИ). Миварный путь создания ИИ можно показать так:

Миварные технологии \Rightarrow БД + Логика \Rightarrow Контекст \Rightarrow Смысл \Rightarrow
 \Rightarrow Логический искусственный интеллект.

Таким образом, миварные сети обуславливают переход к новому поколению экспертных систем и интеллектуальных пакетов прикладных программ.

Миварные технологии успешно применяются на логическом уровне исследований в ИИ во всех основных направлениях [9] для разработки интеллектуальных систем, АСУ [10], систем поддержки принятия решений [11], управления мобильными роботами [12] и беспилотными автомобилями [13], а также для анализа дорожно-транспортных происшествий [14], имитационного и экспертного моделирования [15].

Миварный подход для построения систем контроля технического состояния объекта

В миварном подходе объединяются в единую технологию базы данных, вычислительные задачи и логические проблемы. Миварный подход развивается с 1985 года и включает две основные технологии:

1) эволюционные базы данных и правил (знаний) с изменяемой структурой на основе миварного информационного пространства унифицированного представления данных и правил, базирующееся на «тройке»: «вещь, свойство, отношение» – для хранения любой информации с изменением структуры и без ограничения по объему и формам представления;

2) систему логического вывода или «конструирования алгоритмов» на основе активной обучаемой миварной сети правил с линейной вычислительной сложностью – для обработки информации, включая логический вывод, вычислительные процедуры и «сервисы».

В отличие от традиционных подходов, разделяющих хранение в базах данных, логический вывод и вычислительную обработку, миварный подход позволяет создавать многомерные и эволюционные системы, обрабатывающие информацию в реальном масштабе времени с совмещением логических выводов и вычислительной обработки. Основой многомерного эволюционного миварного подхода является то, что реальный мир существует сам по себе, а при изучении и познании некоторой предметной области человек представляет себе описание этого мира в виде начального трехмерного пространства, осями которого являются понятия: вещь, свойство и отношение. Эти три понятия – абстракции удобные для описания реального мира. Миварный подход – это современный подход для разработки интеллектуальных систем и, в перспективе, создания систем искусственного интеллекта.

Для решения многих задач требуется проводить как логическую, так и вычислительную обработку данных. Исторически так сложилось, что области логического вывода и вычислительной обработки развивались самостоятельно и успешно решали различные классы задач. В некотором смысле, даже существовало противоречие

между этими подходами. Кроме того, разделяли проблемы обработки и хранения различных данных. Базы данных преимущественно использовались только для хранения и поиска требуемых данных, а системы логического вывода и вычислений применялись для обработки информации, поиска решений и т.п. Получалось, что эти области относительно слабо пересекались, хотя в плане перспектив развития в каждой из них регулярно провозглашались цели объединения всех функций по накоплению и обработке информации в одной системе.

Поскольку в случае отказа оборудования или его некорректной работы ремонтнику требуется проанализировать входные показатели с датчиков, корректность работы этих датчиков и необходимость проверки оборудования или его ремонта, то можно легко осознать, что весь этот анализ строится на логике. А раз есть логика, то, значит, есть место и миварному подходу.

Реализация выдачи рекомендаций ремонтнику на основании показателей датчиков в виде миварных таблиц и сетей

Для решения задачи информирования ремонтника в реальном времени о нарушении работы систем (-ы) объекта предлагается реализовать миварную систему контроля технического состояния объекта (МСК ТСО) на основе программного продукта КЭСМИ «Разуматор». Это составной компонент системы мониторинга, технического обслуживания и ремонта. Миварное хранилище системы представляет собой набор моделей. Каждая модель описывает сравнительно простую предметную область: обслуживание одной из систем объекта (подсистема мониторинга заградительных огней, подсистема мониторинга пожаротушения, подсистема видеонаблюдения, подсистема контроля работы энергоснабжения).

На вход МСК ТСО поступают данные, полученные при помощи датчиков, установленных на компонентах систем. Данные внешней среды преобразуются в формат объектов миварной модели среды. Формализованные параметры сохраняются в рабочей памяти – области памяти, в которой накапливается множество фактов, описывающих текущее состояние предметной области, т.е. состояние объекта обслуживания в целом. По полученным факторам с помощью миварной модели предметной области строится алгоритм действия ремонтника.

Опишем структуру МСК ТСО в терминах миварных вычислений.

M – миварное многомерное пространство. Оно представляет собой множество осей, точек пространства и их значений. Выделим в данном пространстве множество названий осей $X = \{x_n\}$, $n = 1..N$, где N размерность M . Пусть Q_n такое множество элементов оси x_n , что

$$\forall x_n \exists Q_n = \{q_{ng}\}, n = 1..N, g = 1..I_n,$$

где q_{ng} – элемент оси x_n ; I_n – размерность оси x_n .

Множество Q_n образует многомерное пространство: $M = Q_1 \times Q_2 \times \dots \times Q_n$. В пространстве M обозначим точку $t \in M$ с координатами (g_1, g_2, \dots, g_N) . Пусть c_m – значение точки t . Тогда $C_M = \{c_m\}$ – множество значений точек многомерного пространства M . Для точки t может не существовать или существует единственное значение из множества C_M . Таким образом, C_M является представлением множества фактов известных о предметной области в многомерном пространстве M .

Для перехода из многомерного пространства точек в пространство значений точек определим отношение

$$\mu: C_y = \mu(M_y),$$

где $M_y \subseteq M$, $C_y \subseteq C_M$ и $M_y = Q_{1y} \times Q_{2y} \times \dots \times Q_{Ny}$, $Ny \leq N$.

С точки зрения многомерного пространства M состояние объекта обслуживания можно представить следующим образом. Множество осей $A \subset X$ является отображением предметной области на многомерное пространство. Например, A_1 – подсистема мониторинга заградительных огней, A_2 – подсистема мониторинга пожаротушения и A_3 – подсистема видеонаблюдения. Состав объектов A , за которыми идет наблюдение, определяется исходя из количества необходимых данных для выявления некорректного состояния системы в целом. Элементами осей многомерного пространства будет являться множество Q_A , которое состоит из варьируемых атрибутов объектов A . Для оси A_3 атрибутами могут быть: сервер NGINX (активен / не активен), коммутатор (соединение есть / нет), жесткий диск (состояние, заполненность), камеры (соединение есть / нет). Множество C_M в данном случае будет отображать текущее состояние объекта обслуживания.

Чтобы описать модель предметной области в миварном пространстве, необходимо выделить три оси:

- V – ось элементов (объектов);
- S – ось свойств;
- O – ось отношений.

Элементы множеств V , S и O являются независимыми и образуют пространство VSO . Тогда пространство M представимо кортежем вида

$$\langle V, S, O \rangle.$$

В многомерном пространстве VSO могут в автоматическом режиме строиться миварные двудольные сети в формализме $\langle P, R \rangle$ (параметры и правила), в которых:

- объекты пространства будут соответствовать параметрам сетей;
- отношения пространства будут соответствовать правилам сетей;
- свойства пространства будут соответствовать ограничениям правил сетей.

Форму представления данных $\langle P, R \rangle$ называют миварной сетью, в которой на основе логического вывода с линейной вычислительной сложностью будут автоматически строиться рекомендации ремонтнику на основании показателей датчиков.

На примере работы подсистемы мониторинга пожаротушения (ПМПТ) ознакомимся с работой миварной сети, оценивающей состояние системы. Пусть на насос подано напряжение, но насос при этом не работает.

Для того чтобы миварная система оценила состояние системы, необходимо получить от датчиков следующие данные:

- P_1 – значение показателя датчика;
- P_2 – ограничения допустимых значений показателя;
- P_3 – состояние датчика;
- P_4 – рекомендации.

$P_1, P_2, \dots, P_4 \in V$.

Пример параметров, описывающих множество P_1 , приведен в табл. 1.

Таблица 1 – Параметры, описывающие множество P_1

Название	Описание	Допустимые значения
Напряжение подано	Насос	Да/нет
Работает	Насос	Да/нет

Для связи собранных параметров алгоритм использует группы отношений R_1 (сравнение с граничными значениями), R_2 (проверка корректности значений) и R_3 (заключение о состоянии) и промежуточные показатели TP_1 (состояние оборудования по датчику) и TP_2 (работоспособность датчика/проблемное звено):

$$R_1, R_2, R_3 \in S; TP_1, TP_2 \in V.$$

За искомый параметр в условиях заданной предметной области возьмем параметр RES (набор рекомендаций ремонтнику) и $RES \in V$.

Миварная сеть обеспечивает формализацию и представление человеческих знаний при создании экспертных систем. Миварная сеть – это способ представления части информации миварного пространства (объектов и правил их обработки) в виде двудольного ориентированного графа, состоящего из объектов P и правил R , где $P \subseteq V$, а $R \subseteq O$.

Полученная миварная сеть для выдачи рекомендаций ремонтнику будет выглядеть так, как показано на рис. 1.

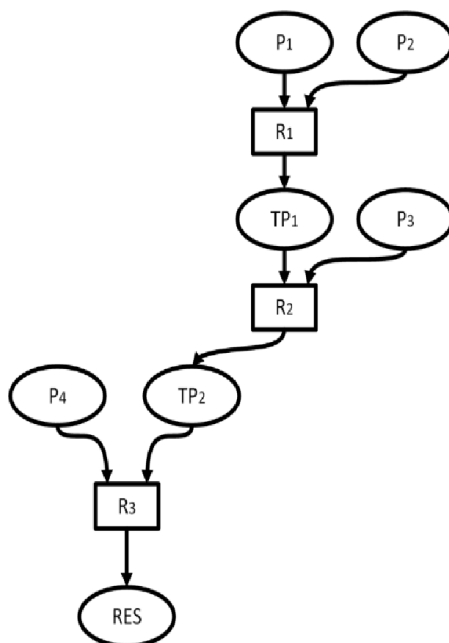


Рисунок 1 – Граф алгоритма

Разработанные заранее правила и параметры работы оборудования систем заносят в миварную базу знаний, или миварную базу данных и правил. По полученной базе знаний формируются рекомендации ремонтнику по обслуживанию объекта в зависимости от показателей датчиков, передаваемых в МСК ТСО. Необходимо специально отметить, что для обучения миварных баз знаний необходимо создавать формализованные описания предметных областей в формализме миварных двудольных ориентированных сетей.

Таким образом, созданы все предпосылки для создания МСК ТСО на основе «Разуматоров» и экспертных систем, которые могут использоваться для системы мониторинга, технического обслуживания и ремонта наземных комплексов управления дальнего космоса.

Пример представления рекомендации ремонтнику в виде миварной таблицы

Приведем пример части миварной таблицы для представления рекомендации по состоянию насоса подсистемы мониторинга пожаротушения. Рекомендация формулируется следующим образом: «При поданном напряжении и неработающем насосе подать тревожный сигнал о неисправности и опасности выхода насоса из строя». Данная рекомендация прошла предварительную формализацию с учетом ранее выявленных параметров предметной области, результат которой представлен в табл. 2.

Таблица 2 – Пример представления рекомендации в виде миварной таблицы

Подправило	Формальное описание			
	ЕСЛИ		, ТО	
	Параметр	Значение	Параметр	Значение
Наличие напряжения	Насос работает	ИСТИНА	Насос исправен	ИСТИНА
	Насос не работает	ИСТИНА	Насос неисправен	ИСТИНА
Отсутствие напряжения	Насос работает	ИСТИНА	Насос исправен	ИСТИНА
	Насос не работает	ИСТИНА	Насос исправен	ИСТИНА

Для обеспечения эффективного взаимодействия МСК ТСО с пользователем, требуется определить формат входных и выходных данных.

В МСК ТСО в качестве входных и выходных данных используются параметры миварной модели. Все параметры для подсистемы мониторинга пожаротушения (ПМПТ), их типы, правила и отношения приведены ниже в табл. 3 – 11.

Таблица 3 – Параметры ПМПТ с возможными исходными значениями

Название параметра	Описание параметра	Тип параметра	Возможные исходные значения
Datchik_ur	Датчик уровня воды	Текст	«исправен», «неисправен»
Nasos_Napr	Напряжение на насос	Текст	«подано», «не подано»
Nasos_Sost	Состояние насоса	Текст	«работает», «не работает»
Uroven0_10	Уровень воды в баке	Текст	«0», «1», «2», «3», «4», «5», «6», «7», «8», «9», «10»

Таблица 4 – Параметры ПМПТ с возможными выходными значениями

Название параметра	Описание параметра	Тип параметра	Возможные входные значения	Возможные выходные значения
Nasos_Rek	Оценка состояния насоса	Текст	Nasos_Napr, Nasos_Sost	«исправен», «неисправен»
Probl_zv	Проблемное звено	Текст	Datchik_ur, Nasos_Rek	«нет», «датчик», «насос», «датчик и насос»
Uroven_Conv	Конвертация значения уровня воды в баке	Текст	Uroven0_10	«пусто», «мало», «средне», «переполнено»

Таблица 5 – Параметры ПМПТ итоговой рекомендации ремонтнику

Название параметра	Описание параметра	Тип параметра	Возможные входные значения	Возможные выходные значения
Kod	Код опасности	Текст	Probl_zv, Uroven_Conv	«красный», «желтый», «зеленый»
Rekomend	Рекомендации ремонтнику	Текст	Probl_zv, Uroven_Conv	(см. табл. 10)

Таблица 6 – Вычисление параметра Uroven_Conv

Значение параметра Uroven0_10	Значение параметра Uroven_Conv
«0»	«пусто»
«1», «2», «3», «4»	«мало»
«5», «6», «7», «8»	«средне»
«9», «10»	«переполнено»

Таблица 7 – Вычисление параметра Nasos_Rek

Значение параметра Nasos_Napr	Значение параметра Nasos_Stat	Значение параметра Nasos_Rek
«подано»	«работает»	«исправен»
«подано»	«не работает»	«неисправен»
«не подано»	«работает»	«исправен»
«не подано»	«не работает»	«исправен»

Таблица 8 – Вычисление параметра Probl_zv

Значение параметра Datchik_ur	Значение параметра Nasos_Rek	Значение параметра Probl_zv
«исправен»	«исправен»	«нет»
«исправен»	«неисправен»	«насос»
«неисправен»	«исправен»	«датчик»
«неисправен»	«неисправен»	«датчик и насос»

Таблица 9 – Вычисление итогового параметра Kod

Значение параметра Probl_zv	Значение параметра Uroven_Conv	Значение параметра Kod
«нет»	«пусто»	«красный»
«нет»	«мало»	«желтый»
«нет»	«средне»	«зеленый»
«нет»	«переполнено»	«красный»
«датчик»	«пусто»	«красный»
«датчик»	«мало»	«красный»
«датчик»	«средне»	«красный»
«датчик»	«переполнено»	«красный»
«насос»	«пусто»	«красный»
«насос»	«мало»	«красный»
«насос»	«средне»	«желтый»
«насос»	«переполнено»	«желтый»
«датчик и насос»	«пусто»	«красный»
«датчик и насос»	«мало»	«красный»
«датчик и насос»	«средне»	«красный»
«датчик и насос»	«переполнено»	«красный»

Таблица 10 – Вычисление комментария в итоговом параметре Rekomend

Значение параметра Probl_zv	Значение параметра Uroven_Conv	Значение комментария в параметре Rekomend
«нет»	«пусто»	«Необходимо включить насос!»
«нет»	«мало»	«Необходимо проследить за дальнейшим поведением уровня воды!»
«нет»	«средне»	«Всё хорошо, причин для волнения нет!»
«нет»	«переполнено»	«Необходимо выключить насос до понижения уровня воды!»
«датчик»	«пусто»	«Датчик подлежит срочному ремонту! Может привести к аварийной ситуации!!!»
«датчик»	«мало»	
«датчик»	«средне»	
«датчик»	«переполнено»	
«насос»	«пусто»	«Насос подлежит срочному ремонту! Может привести к аварийной ситуации!!!»
«насос»	«мало»	
«насос»	«средне»	
«насос»	«переполнено»	
«датчик и насос»	«пусто»	«Датчик и насос подлежат срочному ремонту! АВАРИЙНАЯ СИТУАЦИЯ!!!»
«датчик и насос»	«мало»	
«датчик и насос»	«средне»	
«датчик и насос»	«переполнено»	

Таблица 11 – Тела сложных отношений

Название отношения	Описание отношения	Тело отношения
Rab_Nas	Оценка работоспособности насоса	<pre> varnn, ns, res="", n1="подано", n2="не подано", s1="работает", s2="не работает", r1="насос исправен", r2="насос неисправен"; nn=String(nn).toLowerCase(); ns=String(ns).toLowerCase(); if ((nn==n1 && ns==s1) (nn==n2 && ns==s1) (nn==n2 && ns==s2)) { res=r1; } else { if (nn==n1 && ns==s2) { res=r2; } else { res="Исходные данные заданы неверно!"; } } </pre>

Продолж. табл. 11 – Тела сложных отношений

Probl_zveno	Выявление проблемного звена	<pre> var n, d, r="", n1="насос исправен", n2="насос неисправен", d1="исправен", d2="неисправен", r1="нет", r2="датчик", r3="насос", r4="датчик и насос"; n=String(n).toLowerCase(); d=String(d).toLowerCase(); if (n==n1 && d==d1) { r=r1; } else { if (n==n1 && d==d2) { r=r2; } else { if (n==n2 && d==d1) { r=r3; } else { if (n==n2 && d==d2) { r=r4; } } else { r="Исходные данные заданы неверно!"; } } } } } } } </pre>
Uroven_Conv	Конвертация значения уровня	<pre> var u, c="", u0="0", u1="1", u2="2", u3="3", u4="4", u5="5", u6="6", u7="7", u8="8", u9="9", u10="10", c1="пусто", c2="мало", c3="средне", c4="переполнено"; u=String(u).toLowerCase(); if (u==u0) { c=c1; } else { if (u==u1 u==u2 u==u3 u==u4) { c=c2; } else { if (u==u5 u==u6 u==u7 u==u8) { c=c3; } } else { if (u==u9 u==u10) { c=c4; } } else { c="Исходные данные заданы неверно!"; } } } } } } } } } </pre>

Продолж. табл. 11 – Тела сложных отношений

<p>Rek_Kod</p>	<p>Рекомендации ремонтнику и код опасности</p>	<pre> varpr, ur, rek="", kod="", pr1="нет", pr2="датчик", pr3="насос", pr4="датчик и насос", ur1="пусто", ur2="мало", ur3="средне", ur4="переполнено", ur5="неизвестен", kod1="красный", kod2="желтый", kod3="зеленый", kom1="Проблемы с датчиком и насосом: ", kom2=""; Уровень воды: ", kom3=""; Комментарий: "; pr=String(pr).toLowerCase(); ur=String(ur).toLowerCase(); if ((pr==pr2 &&ur==ur1) (pr==pr2 &&ur==ur2) (pr==pr2 &&ur==ur3) (pr==pr2 &&ur==ur4)) { kod=kod1, rek=kom1 + pr + kom2 + ur5 + kom3 + "Датчик подлежит срочному ремонту! Может привести к аварийной ситуации!!!"; } else { if ((pr==pr4 &&ur==ur1) (pr==pr4 &&ur==ur2) (pr==pr4 &&ur==ur3) (pr==pr4 &&ur==ur4)) { kod=kod1, rek=kom1 + pr + kom2 + ur5 + kom3 + "Датчик и насос подлежат срочному ремонту! АВАРИЙНАЯ СИТУАЦИЯ!!!"; } else { if ((pr==pr3 &&ur==ur1) (pr==pr3 &&ur==ur2)) { kod=kod1, rek=kom1 + pr + kom2 + ur + kom3 + "Насос подлежит срочному ремонту! Может привести к аварийной ситуации!!!"; } else { if ((pr==pr3 &&ur==ur3) (pr==pr3 &&ur==ur4)) { kod=kod2, rek=kom1 + pr + kom2 + ur + kom3 + "Насос подлежит срочному ремонту! Может привести к аварийной ситуации!!!"; } else { if (pr==pr1 &&ur==ur1) { kod=kod1, rek=kom1 + pr + kom2 + ur + kom3 + "Необходимо включить насос!"; } else { if (pr==pr1 &&ur==ur4) { kod=kod1, rek=kom1 + pr + kom2 + ur + kom3 + "Необходимо выключить насос до понижения уровня воды!"; } } } } </pre>
----------------	--	---

Продолж. табл. 11 – Тела сложных отношений

		<pre>else { if (pr==pr1 &&ur==ur2) { kod=kod2, rek=kom1 + pr + kom2 + ur + kom3 + "Необходимо проследить за дальнейшим поведением уровня воды!"; } else { if (pr==pr1 &&ur==ur3) { kod=kod3, rek=kom1 + pr + kom2 + ur + kom3 + "Всё хорошо, причин для волнения нет!"; } else { rek="Исходные данные заданы неверно!"; } } } } } } } } }</pre>
--	--	---

Пример работы миварной Базы Знаний

На табло показателей системы указаны следующая ситуация по значениям показателей: датчик уровня неисправен, напряжение на насос подано, насос работает, показатель уровня воды – 6. Ремонтнику требуется получить рекомендации в данной аварийной ситуации и узнать код уровня опасности. На рис. 2 отображена миварная сеть, построенная автоматически для поиска решения в заданной ситуации в подсистеме мониторинга пожаротушения наземного комплекса управления дальнего космоса.

Как видно из рис. 2, для поиска вершин используются правила и промежуточные параметры, как и было отмечено в предыдущем разделе (методика их расчета приведена так же в предыдущем разделе в виде таблиц расчета).

Например, на рис. 3 отображена данная ситуация, сформированная в программе КЭСМИ Wi!Mi «Разуматор-Наука». На рисунке цифрой 1 отмечены созданные классы и параметры, цифрой 2 – отношения, цифра 3 демонстрирует результат работы системы, включая выделенные красным промежуточные значения, цифра 4 – результат в виде цвета кода опасности и рекомендаций ремонтнику в данной ситуации.

Таким образом, цикл операций по разбору конкретной ситуации мониторинга, технического обслуживания и ремонта наземного комплекса управления дальнего космоса завершен.

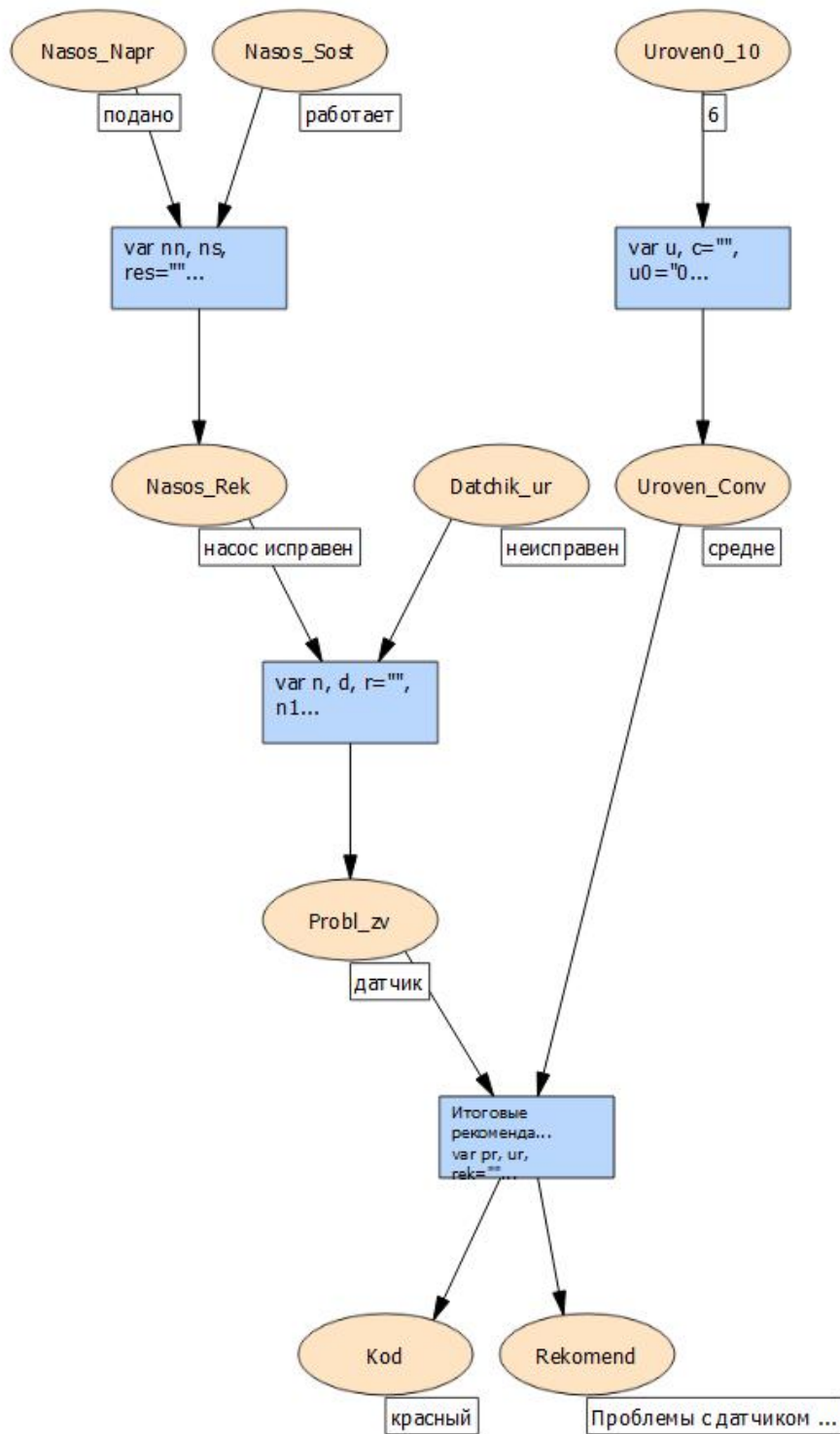


Рисунок 2 – Миварная сеть поиска рекомендаций

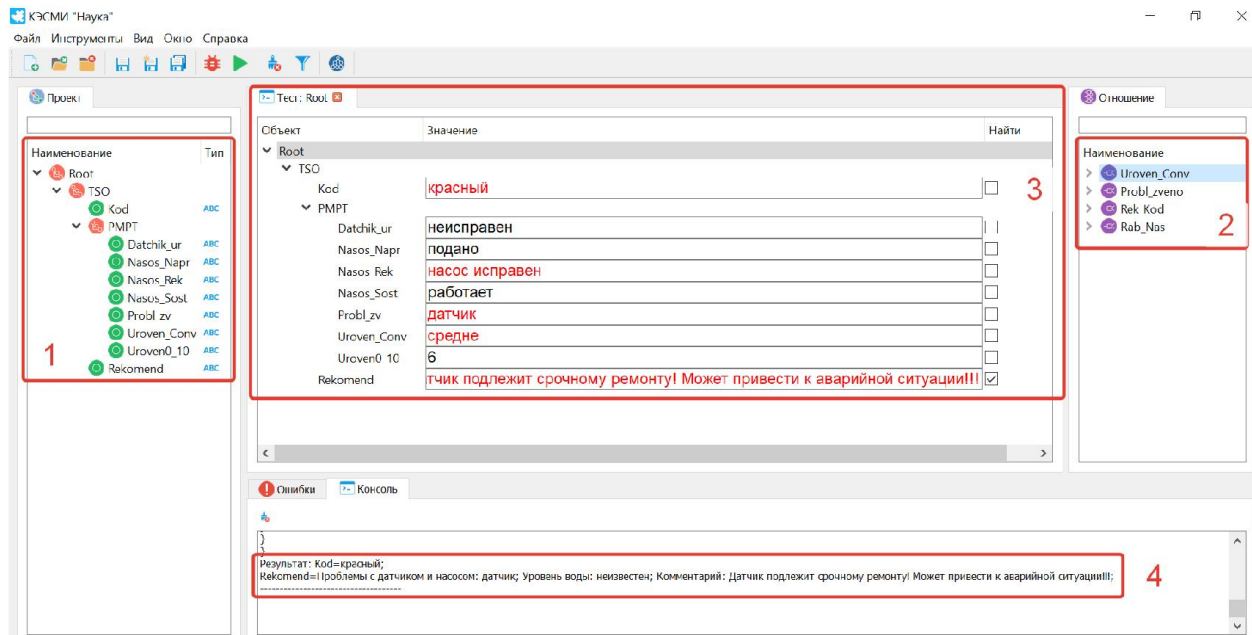


Рисунок 3 – Результат в программе КЭСМИ Wi!Mi «Разуматор-Наука»

Недостатки и преимущества

Так как Разуматор является отдельным сервисом, время ответа может быть увеличено.

Есть возможность определять разнообразные наборы входных данных, разуматор может работать в несколько потоков.

Заключение

В статье был рассмотрен способ реализации выдачи рекомендаций ремонтнику на основании показателей датчиков, установленных на оборудовании, с помощью Разуматора Wi!Mi. В среде Разуматора была создана модель и классы для подсистемы мониторинга пожаротушения. С помощью такой программы – системы контроля – ремонтнику на объекте будет гораздо проще проводить мониторинг, техническое обслуживание и ремонт оборудования, установленного на нем, ведь все, что нужно сделать – это ввести входные данные, а дальше программа все сделает сама. Также ремонтникам не придется больше копаться в специальных книжках с табличками, чтобы делать необходимые выводы, исходя из показателей датчиков, все эти выводы сделает программа. Таким образом, уменьшается время выявления ремонтником проблемного звена среди оборудования, а значит, уменьшается вероятность возникновения аварийной ситуации на объекте.

По мнению автора, использование Разуматора Wi!Mi будет практически полезным при решении задачи выдачи рекомендаций, благодаря его высокой скорости с линейным производным выводом.

Список литературы

1. Варламов О. О. Эволюционные базы данных и знаний для адаптивного синтеза интеллектуальных систем. Миварное информационное пространство [Текст] / Варламов О. О. – М. : Радио и связь, 2002. – 288 с.

2. Программы для мониторинга сети и серверов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://networkguru.ru/monitoring-seti-setevogo-oborudovaniia-serverov/> (Дата обращения: 10.05.2020).
3. Zabbix система мониторинга ИТ систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Zabbix> (Дата обращения: 10.05.2020)
4. Nagios – программа для мониторинга использования сети [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Nagios> (Дата обращения: 10.05.2020)
5. Ganglia – программа для мониторинга [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ganglia> (Дата обращения: 10.05.2020)
6. Андреа Д. В. Zabbix. Практическое руководство [Текст] / Д. В. Андреа // Отдельное издание. – 2017. – С. 43–57.
7. Головицына М. В. Проектирование радиоэлектронных средств на основе современных информационных технологий [Текст] / М. В. Головицына. – М. : Интернет-университет информационных технологий, Бинум. Лаборатория знаний – 2013. – С. 124–135.
8. Интеллектуальный коммутатор (ИК) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.nevo-asc.spb.ru/ru/product/pallada/isw.php> (Дата обращения: 10.05.2020)
9. Варламов О. О. Миварный подход как основа качественного перехода на новый уровень в области искусственного интеллекта [Текст] / О. О. Варламов // Радиопромышленность. – 2017. – № 4. – С. 13–25.
10. Automated process control system of mobile crushing and screening plant [Текст] / Ostroukh, A., Surkova, N., Varlamov, O., Chernenky, V., Baldin, A. // Journal of Applied Engineering Science. – 2018. – № 16(3). – P. 343–348. – DOI:10.5937/jaes16-15586
11. Varlamov, O. O. Wi!Mi Expert System Shell as the Novel Tool for Building Knowledge-Based Systems with Linear Computational Complexity [Текст] / О. О. Varlamov // International Review of Automatic Control. – 2018. – № 11(6). – P. 314–325. – DOI: 10.15866/ireaco.v11i6.15855.
12. Варламов О. О. Системы обработки информации и взаимодействие групп мобильных роботов на основе миварного информационного пространства [Текст] / Варламов О. О. // Искусственный интеллект. – 2004. – № 4. – С. 695–700.
13. Shadrin S. S. Experimental autonomous road vehicle with logical artificial intelligence [Текст] / S. S. Shadrin, O. O. Varlamov, A. M. Ivanov // Journal of Advanced Transportation. – 2017. – Vol. 2017. – 10 p. – DOI: 10.1155/2017/2492765.
14. Чувииков Д. А. Об экспертной системе «Анализ ДТП», основанной на концепции миварного подхода [Текст] / Д. А. Чувииков // Проблемы искусственного интеллекта. – 2017. – № 2 (5). – С. 78–88.
15. Чувииков Д. А. Применение экспертного моделирования в получении новых знаний человеком [Текст] / Д. А. Чувииков // Радиопромышленность. – 2017. – № 2. – С. 72–80.

References

1. Varlamov O. O. *Evolyutsionnyye bazy dannykh i znaniy dlya adaptivnogo sinteza intellektual'nykh sistem. Mivarnoye informatsionnoye prostranstvo* [Evolutionary databases and knowledge for adaptive synthesis of intelligent systems. Mivar information space], М., Radio i svyaz', 2002, 288 p.
2. *Programmy dlya monitoringa seti i serverov* [Programs for monitoring the network and servers], Rezhim dostupa : <https://networkguru.ru/monitoring-seti-setevogo-oborudovaniia-serverov/> (Data obrashcheniya: 10.05.2020).
3. *Zabbix sistema monitoringa IT sistem* [Zabbix monitoring system for IT systems], Rezhim dostupa : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Zabbix> (Data obrashcheniya: 10.05.2020)
4. *Nagios – programma dlya monitoringa ispol'zovaniya seti* [Nagios - a program for monitoring network usage], Rezhim dostupa : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Nagios> (Data obrashcheniya: 10.05.2020)
5. *Ganglia – programma dlya monitoringa* [Ganglia – monitoring program], Rezhim dostupa : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ganglia> (Data obrashcheniya: 10.05.2020)
6. Andrea D. V. Zabbix. *Prakticheskoye rukovodstvo* [Zabbix. Practical guidance]. *Otdel'noye izdaniye* [Separate edition], 2017, P. 43–57.
7. Golovitsyna M. V. *Proyektirovaniye radioelektronnykh sredstv na osnove sovremennykh informatsionnykh tekhnologiy* [Designing radio-electronic means based on modern information technologies], М., Internet-universitet informatsionnykh tekhnologiy, Binom. Laboratoriya znaniy, 2013, P. 124–135.
8. *Intellektual'nyy kommutator (IK)* [Intelligent switch], Rezhim dostupa : <http://www.nevo-asc.spb.ru/ru/product/pallada/isw.php> (Data obrashcheniya: 10.05.2020)

9. Varlamov O. O. Mivarnyy podkhod kak osnova kachestvennogo perekhoda na novyy uroven' v oblasti iskusstvennogo intellekta [Mivar approach as the basis for a qualitative transition to a new level in the field of artificial intelligence]. *Radiopromyshlennost'* [Radio industry], 2017, No. 4, S. 13–25.
10. Ostroukh, A., Surkova, N., Varlamov, O., Chernenky, V., Baldin, A. Automated process control system of mobile crushing and screening plant. *Journal of Applied Engineering Science*, 2018, No. 16(3), P. 343–348, DOI:10.5937/jaes16-15586
11. Varlamov, O. O. Wi!Mi Expert System Shell as the Novel Tool for Building Knowledge-Based Systems with Linear Computational Complexity. *International Review of Automatic Control*, 2018, No. 11(6), P. 314–325, DOI: 10.15866/ireaco.v11i6.15855.
12. Varlamov O. O. Sistemy obrabotki informatsii i vzaimodeystviye grupp mobil'nykh robotov na osnove mivarnogo informatsionnogo prostranstva [Information processing systems and interaction of groups of mobile robots based on mivar information space]. *Iskusstvennyy intellekt* [Artificial intelligence], 2004, No. 4, S. 695–700.
13. Shadrin S. S., Varlamov O. O., Ivanov A. M. Experimental autonomous road vehicle with logical artificial intelligence. *Journal of Advanced Transportation*, 2017, Vol. 2017, 10 p., DOI: 10.1155/2017/2492765.
14. Chuvikov D. A. Ob ekspertnoy sisteme «Analiz DTP», osnovannoy na kontseptsii mivarnogo pod-khoda [About the expert system "Analysis of road accidents" based on the concept of mivar approach]. *Problemy iskusstvennogo intellekta* [Problems of artificial intelligence], 2017, No. 2 (5), S. 78–88.
15. Chuvikov D. A. Primeneniye ekspertnogo modelirovaniya v poluchenii novykh znaniy chelovekom [Application of expert modeling in obtaining new knowledge by a person]. *Radiopromyshlennost'* [Radio industry], 2017, No. 2, S. 72–80.

RESUME

M. L. Poviraeva

Application of mivar databases and rules for the subject area “Monitoring, maintenance and repair of ground-based deep space management systems”

For decision-making in complex and non-standard situations, it is necessary to apply a logical level, where recently mivar technologies for creating expert systems have been successfully used. It is important to note that causal relationships in the form of production rules in the "If - Then" formalism make it possible to formalize the rules for actions to neutralize an emergency.

It was decided to divide the monitoring, maintenance and repair system of ground-based deep space management systems into several subsystems and to create a knowledge base for one of them (fire extinguishing monitoring subsystem). It was revealed that initially it was necessary to create mivar tables for quick, "friendly" and convenient creation of mivar knowledge bases for maintenance and repair. Such tables allow you to check and verify the inconsistency and adequacy of the source data.

Mivar technologies for creating expert systems based on the Razumator logical inference machine are capable of real-time processing of equipment status information received from sensors and constructing action algorithms (identifying recommendations for) for the repairman. Subsequently, the Mivar system for monitoring the technical condition of the object can be implemented in an automated system for monitoring, maintenance and repair of ground-based deep-space control systems to equip it with direct recommendations functionality, instead of simply maintaining the volume of documentation.

Thanks to the high computing power of the mivar Razumatorov, there are great opportunities for implementing fast-acting help systems and decision-making systems for repairmen, which is especially important for situations such as emergency ones.

РЕЗЮМЕ

М. Л. Повираева

*Применение миварных баз данных и правил для предметной области
«Мониторинг, техническое обслуживание и ремонт НКУ ДК»*

Для принятия решений в сложных и нестандартных ситуациях необходимо применять логический уровень, где в последнее время успешно используются миварные технологии создания экспертных систем. Важно отметить, что причинно-следственные зависимости в виде продукционных правил в формализме «Если – То» позволяют формализовать правила действий по нейтрализации аварийной ситуации.

Было принято решение разделить систему мониторинга, технического обслуживания и ремонта наземных комплексов управления дальнего космоса на несколько подсистем и для одного из них (подсистема мониторинга пожаротушения) создать базу знаний. Было выявлено, что первоначально необходимо создать миварные таблицы для быстрого, «дружественного» и удобного создания миварных баз знаний по ТОиР. Такие таблицы позволяют проверять и верифицировать на противоречивость и достаточность исходных данных.

Миварные технологии создания экспертных систем на основе машины логического вывода «Разуматор» способны в реальном времени обрабатывать получаемую от датчиков информацию о состоянии оборудования и строить алгоритмы действий (выявлять рекомендации для) ремонтника. МСК ТСО впоследствии можно будет внедрить в автоматизированную систему мониторинга, технического обслуживания и ремонта наземных комплексов управления дальнего космоса для оснащения ее функционалом прямых рекомендаций, вместо простого сопровождения объемом документации.

Благодаря высокой вычислительной мощности миварных «Разуматоров» открываются широкие возможности для реализации быстродействующих систем помощи и систем принятия решений для ремонтников, что особенно важно для таких ситуаций, как аварийные.

Статья поступила в редакцию 16.03.2020.