

УДК 004.82, 621.396

А.С. Коваленко, А.А. Смирнов, А.В. Коваленко

*Кировоградський національний технічний університет, Кировоград*

## РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

*Рассматриваются особенности построения экспертной системы технической диагностики интегрированной информационной системы. Показана разработанная структура экспертной системы, представлен алгоритм функционирования, проведен анализ достоинств и недостатков ее ядра. Определены направления дальнейшего развития.*

**Ключевые слова:** интегрированная информационная система, структура экспертной системы технической диагностики

### 1. Постановка проблемы в общем виде и анализ литературы

Анализ тенденций развития интегрированных высокотехнологических средств и систем, применяемых в процессе управления всеми видами подвижных объектов, как в гражданской, так и в военной сфере. Постановления Кабинета Министров Украины [1], а также исследования [2–5] показывают необходимость поддержки интегрированной информационной системы (далее ИИС) методом создания подсистемы технической диагностики (далее ТД).

Цель статьи разработать структуру экспертной системы ТД ИИС на основе проведенных исследований [2–5]. Из требований, предъявляемых к экспертной системе ТД ИИС, следует, что кроме диагностики состояния сети экспертной системы технической диагностики (далее ЭСТД) должна производить оценку эффективности своей работы и, если необходимо, дообучаться. Поскольку ЭСТД ИИС должна работать в реальном масштабе времени, то в целях повышения эффективности ее работы необходимо использовать предложенную в [6] схему ("башню" исчислений). Тогда структура ЭСТД станет иерархической. На нижнем уровне иерархии будут решаться задачи ТД ИИС, а на втором уровне иерархии будет периодически оцениваться качество диагностики сети и, если необходимо, будет происходить обучение первого уровня.

Из проведенных исследований также известно, что достоинством аксиоматических систем является высокая эффективность решения задач в небольшой по объему предметной области. В таких ЭС предполагается, что БЗ полна и непротиворечива. Проведенный анализ ИИС как объекта диагностики показал, что знания о характере функционирования ИИС не будут соответствовать данному условию. Следовательно, квазиаксиоматические системы не подходят для формализации знаний о функционировании систем типа ИИС. Для эффективной работы

такой ЭС необходимо постоянно вносить дополнения и изменения в отдельные множества системы.

В ЭС с традиционной структурой модуль приобретения знаний частично реализует функции дополнения БЗ. Однако выявленные этим модулем знания носят правдоподобный характер, а значит простое добавление выявленных аксиом приведет к появлению противоречий в БЗ.

ЭС с традиционной структурой не подходит для диагностики ИИС из-за плохой формализуемости знаний данной предметной области.

Это вызвано следующими причинами:

- функционирование системы осуществляется только на основе знаний, полученных от эксперта;
- модели представления знаний ориентированы на простые и хорошо структурированные области;
- существует большое количество не выраженных явно сведений, "скрытых" в структурах представления знаний. Это обусловлено тем, что не все предложения эксперта нашли отражение в модели предметной области, включенной в систему;
- реализация механизма вывода только при условии полноты и непротиворечивости знаний и данных;
- пополнение знаний и проверка их на непротиворечивость осуществляется человеком;
- несовпадение структуры знаний о предметной области в ЭС и у эксперта. Это приводит к неполноте БЗ.

Все приведенные недостатки свидетельствуют о неэффективности использования традиционных ЭС для решения задач технической диагностики ИИС. Необходима разработка такой структуры ЭС, которая учитывала бы указанные выше недостатки ЭС с традиционной архитектурой, а также особенностей технической диагностики ИИС.

### Общая структура ЭСТД ИИС

Исходя из проведенных выше рассуждений, ЭСТД ИИС можно представить в виде совокупности модуля первого уровня ( $M1_{ур}$ ), модуля дополни-

тельных моделей ( $M_{дп}$ ) и модулей второго уровня ( $M_{2ур}$ ), следовательно, общая структура ЭСТД ИИС (ЭС) будет иметь вид:

$$ЭС = (M_{1ур}, M_{2ур}, M_{дп}). \quad (1)$$

Модуль первого уровня предназначен для решения задач ТД ИИС и представляет собой ЭС, следовательно, модуль первого уровня имеет в своем составе модуль базы знаний ( $M_{бз}$ ), модуль базы данных ( $M_{бд}$ ), модуль получения результата ( $A_{пр}$ ), механизма их взаимосвязи ( $M_{вз1}$ ) и имеет вид:

$$M_{1ур} = (M_{бз}, M_{бд}, A_{пр}, M_{вз1}). \quad (2)$$

В свою очередь, модуль базы знаний  $M_{бз}$  представляет собой множество логических аксиом  $A$  и множество аксиом внешнего мира  $B$  и имеет следующий вид:

$$M_{бз} = (A, B). \quad (3)$$

Множество логических аксиом  $A$  представляет собой множество аксиом, при помощи которого задаются различные виды исчислений предикатов, для нашего случая, согласно [7], можно утверждать, что множество  $A$  пусто, т.е. база знаний (далее БЗ) не содержит логических аксиом.

Как указывалось ранее, описание ИИС должно включать в свой состав знания от различных источников. Для ЭСТД таким источниками являются знания о структуре и характере функционирования ИИС, модель эвристических знаний оператора ИИС и исторические знания. Следовательно,  $B$  будет иметь вид:

$$B = (M_{ф}, M_{ист}, M_{э}), \quad (4)$$

где  $M_{ф}$  – модель знаний о характере функционирования и принципах построения ИИС и ее объектов;

$M_{ист}$  – модель знаний о функционировании ИИС в прошлом;

$M_{э}$  – модель эвристических знаний оператора, необходимых для успешной работы по поиску и устранению неисправностей в ИИС.

Таким образом, в предложенной модели БЗ предполагается использовать знания от нескольких источников. Знания о структуре и функционировании ИИС можно отнести к "глубинным" знаниям, а эвристические и исторические знания относятся к "поверхностным". Знания из различных источников, учитывая их неполноту, призваны дополнять друг друга при диагностике ИИС.

Знания о функционировании и структуре ИИС можно представить следующим образом:

$$M_{ф} = (M_{о}, M_{т}, M_{и}, M_{п}, M_{у}), \quad (5)$$

где  $M_{о}$  – модель объектов сети;

$M_{т}$  – модель топологии ИИС;

$M_{и}$  – модель информационного взаимодействия;

$M_{п}$  – модель программного обеспечения;

$M_{у}$  – модель управления сетью.

Модель базы данных  $M_{бд}$  представляет отдельную систему, в которой хранятся данные о функционировании ИИС и ее объектов в прошлом.

Модуль получения результата  $A_{пр}$  представляет собой совокупность двух множеств: множества правил логического вывода  $H$  и множества правил достоверных выводов, используемых при решении задач ТД ИИС,  $K$  и имеет вид:

$$A_{пр} = (H, K). \quad (6)$$

Ядром множества правил логического вывода  $H$  является множество правил, предложенных в [8] для СС – исчисления (Суждения о Событиях).

Исходя из структуры самообучающейся ЭС, модули второго уровня должны включать в свой состав: модуль поиска эффективных систем  $M2$  (МП), модуль диагностики качества работы ЭСТД (СД), тогда:

$$M_{2ур} = (МП, СД, M1). \quad (7)$$

В модуле СД оцениваются текущие значения вероятности и своевременности диагностики ИИС. По результатам работы данного модуля принимается решение о качестве работы ЭСТД и необходимости изменений в БЗ.

В модуле МП осуществляется поиск более эффективных систем  $M2$ . Поскольку поиск эффективной системы  $M2$  будет проходить в бесконечном пространстве, следовательно, модуль МП должен обладать эффективным алгоритмом поиска. Как показано в [9,10], для этих целей необходимо использовать механизм генетических алгоритмов. Кратко поясним суть данного алгоритма: вначале выдвигается некоторое число гипотез (систем  $M2$ ), затем проверяется адекватность выдвинутых гипотез, после чего лучшие гипотезы остаются, а худшие отбрасываются. Тогда модуль МП будет иметь вид:

$$МП = (MВм2, МПрм2), \quad (8)$$

где  $MВм2$  – модуль вывода систем  $M2$ ;

$МПрм2$  – модуль оценки эффективности  $M2$ .

Модуль поиска эффективных систем  $M2$  работает вне зависимости от результатов работы модуля СД и если модуль МП находит более эффективное исчисление  $M2$ , то новая система  $M2$  заменяет старую. Эффективность новой системы  $M2$  проверяется в  $МПрм2$  при помощи специальных эталонов. Если результаты тестирования новой системы выше, чем у текущей, то новая система  $M2$  признается эффективнее текущей.

Модуль дополнительных моделей  $M_{дп}$  включает модель объяснения ( $M_{о}$ ), модель диалога с пользователем ( $M_{д}$ ), модель поиска закономерностей ПО ( $M_{з}$ ), тогда:

$$M_{дп} = (M_{о}, M_{д}, M_{з}). \quad (9)$$

При этом можно записать следующие выражения:

$$M_{тр} = (T_1, T_2, T_3), \quad (10)$$

где  $T_1$  – запросы на объяснение принятого решения;  
 $T_2$  – информация объяснения принятого решения;  
 $T_3$  – запросы к пользователю от ЭСТД.  
 Модель диалога:

$$M_D = (PC, OB, I_P, I_Э), \quad (11)$$

должна включать описание порядка связи PC и способы обработки информации OB, поступающей от пользователя  $I_P$  и от ЭСТД  $I_Э$ .

Модель поиска закономерностей представляет собой часть множества правил образования аксиом внешнего мира имеет вид:

$$M_3 = (M_{НС}, M_{ВЗ}, M_{ПРД}). \quad (12)$$

Она включает в себя механизм набора статистики о параметрах работы ИИС и ее объектов  $M_{НС}$ , механизм вывода закономерностей на основе этой статистики  $M_{ВЗ}$  и механизм проверки достоверности закономерностей, полученных в  $M_{ВЗ}$  ( $M_{ПРД}$ ). В качестве механизма набора статистики можно использовать системы, разработанные на базе СУБД типа Oracle, другие системы, которые предназначены для накопления большого объема данных. В качестве механизма поиска закономерностей можно использовать различные процедуры индуктивного вывода.

Механизм проверки полученных закономерностей  $M_{ПРД}$  проверяет на истинность полученные закономерности предметной области для каждой конкретной подобласти и в целом для всей предметной области.

Проверка на истинность заключается в следующем: на основании совокупности реальной диагностической информации и модифицированной БЗ, которая содержит новую закономерность, с помощью правил вывода пытаются получить информацию о состоянии ИИС и ее объектов; если полу-

ченные данные соответствуют реальной информации, то новая закономерность признается истинной, иначе область проверки закономерности сужается и процесс проверки на истинность повторяется. Процесс проверки заканчивается, когда определяется область истинности новой закономерности либо новая закономерность по результатам проверки признается ложной для всей предметной области.

В результате проведенных рассуждений структура ЭСТД ИИС будет иметь вид, показанный на рис. 1, алгоритм функционирования которой будет следующим: поступающая от ИИС и ее объектов в определенные промежутки времени информация хранится в модуле БД. По текущим данным из БД и на основании информации из БЗ модуль получения результата определяет текущее и прогнозирует будущее состояние ИИС и ее объектов. Использование при принятии ЭС решения процессуальных рассуждений позволяет ЭС решать задачи ТД ИИС в условиях неполноты и противоречивости БЗ, также выдавать пользователю приближенные ответы, если на основании полученной информации невозможно получить точный ответ. Если полученной информации недостаточно для решения задач ТД, то ЭС имеет возможность обратиться к другим видам знаний (функциональным, структурным, эвристическим, историческим). Использование знаний об особенностях построения и функционирования ИИС, исторических знаний позволяет ЭС как бы "моделировать" процессы, протекающие на ИИС. Затем полученное решение задачи ТД ИИС поступает в модуль визуализации и объяснения, где полученное решение обосновывается при помощи аргументов, которые использовались при решении задачи ТД ИИС. После этого решение задачи ТД ИИС вместе с объяснениями при помощи модуля диалога выдается пользователю.

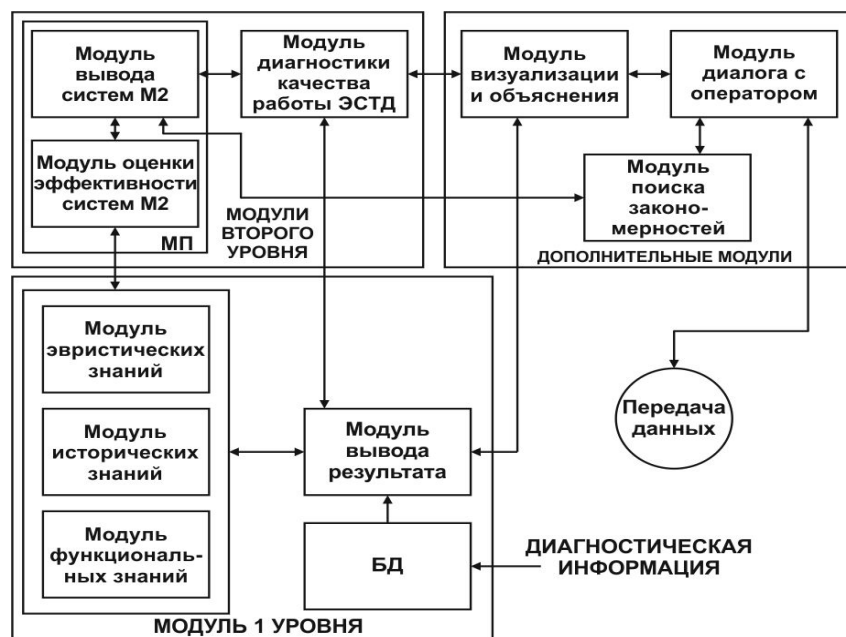


Рис. 1. Структура ЭСТД

Результати роботи ЭСТД по решению задач ТД ИИС периодически оцениваются в модуле диагностики качества функционирования ЭСТД (СД). В этом блоке принимается решение о необходимости внесения изменений в работу ЭСТД. Под изменениями в работе ЭСТД будем понимать замену текущей системы М2 на новую, более эффективную. Для видоизменения текущей системы или для поиска новой предназначен модуль поиска эффективных систем М2. Если модуль МП не нашел более эффективной системы М2 либо модифицированная система М2 неэффективна, то модуль поиска эффективных систем М2 через модуль диалога с пользователем обращается за помощью к эксперту.

## Выводы

Использование блоков диагностики качества работы, модуля поиска эффективных системы М2, поиска закономерностей предметной области позволяет: поддерживать качество диагностики сети практически без участия человека; эффективно использовать опыт, накапливаемый в процессе эксплуатации.

Следовательно, предложенная структура ЭСТД ИИС позволяет устранить недостатки в работе ЭС с традиционной структурой. Использование концепции "башни" вычислений в предложенной структуре ЭСТД позволяет распараллелить решение задач ТД ИИС и задач по повышению качества диагностики сети. Предложенная структура ЭСТД позволяет разнести решение задач разных уровней на 2 различные ЭВМ.

Такое разделение решения задач по уровням значительно упростит и ускорит работу ЭСТД ИИС за счет того, что в реальном масштабе времени будут решаться только задачи ТД ИИС. Задачи управления и обучения будут решаться в свободное время процессора либо на другом процессоре.

## Список литературы

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 17 вересня 2008 р. №834 «Про затвердження Державної цільової науково-технічної програми створення державної інте-

грованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами (зв'язок, навігація, спостереження)».

2. Смірнов О.А. Обґрунтування необхідності створення систем технічної діагностики інтегрованих інформаційних систем / О.А. Смірнов, А.С. Кожанова, О.В. Коваленко // Системи обробки інформації. – Х.: ХУ ПС, 2013. – Вып. 6(113). – С. 255-257.

3. Коваленко А.С. Підсистема технічної діагностики для автоматизації процесів керування в інтегрованих інформаційних системах / Коваленко А.С., Смірнов О.А., Коваленко О.В. // Системи озброєння і військової техніки. – № 1(37). – Х.: ХУПС, 2014. – С. 86-90.

4. Кожанова А.С. Система технічної діагностики інтегрованих інформаційних систем – обґрунтування необхідності створення, визначення понятійного апарату та напрямів досліджень / А.С. Кожанова, О.А. Смірнов, М.П. Савченко, Д.М. Ізосімов, В.В. Мороз. // Тринадцята науково-технічна конференція "Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах", 5-6 вересня 2013 року: тези доповідей. – Феодосія: ДНВЦ, 2013. – С. 21.

5. Кожанова А.С. Визначення основних напрямків досліджень щодо створення системи технічної діагностики інтегрованих інформаційних систем / А.С. Кожанова, О.А. Смірнов, А.В. Челпанов // Тези доповідей IV науково-технічної конференції «Проблемні питання розвитку озброєння та військової техніки Збройних сил України». м. Київ. 16-20 грудня 2013 р. – Київ: ЦНДІ ОВТ ЗСУ. – 2013. – С. 293.

6. Маслов С.Ю. Поиск вывода как модель эвристического процесса / С.Ю. Маслов // Кибернетика. – 1972. – № 5. – С. 74-78.

7. Бет Э.В. Метод семантических таблиц / Э.В. Бет // Математическая теория логического вывода. Сб. перев. под ред. А.В. Идельсона и Г.Е. Минца. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1967. С. 191-199.

8. Г.П. Щедровицкий Принципы и общая схема методологической организации системно-структурных исследований и разработок / Щедровицкий Г.П. – М.: Наука, 1981, – 228 с..

9. Гладков Л.А. Генетические алгоритмы: Учебное пособие. 2-е изд / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик. – М.: Физматлит, 2006. – 320 с.

10. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. 2-е изд. / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия-Телеком, 2008. – 452 с.

Поступила в редакцию 15.04.2014

Рецензент: д-р техн. наук проф. Ю.В. Стасев, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ІНТЕГРОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

А.С. Коваленко, О.А. Смірнов, О.В. Коваленко

Розглядаються особливості побудови експертної системи технічної діагностики інтегрованої інформаційної системи. Показана розроблена структура експертної системи, наведено алгоритм функціонування, проведено аналіз переваг та недоліків її ядра. Визначені напрями подальшого розвитку.

**Ключові слова:** інтегрована інформаційна система, структура експертної системи технічної діагностики.

## DEVELOPMENT OF DIAGNOSIS EXPERT SYSTEM DESIGN INTEGRATED INFORMATION SYSTEM

A.S. Kovalenko, A.A. Smirnov, A.V. Kovalenko

The peculiarities of constructing an expert system of technical diagnostics integrated information system. Shows the structure of an expert system developed, the algorithm of functioning, analyzes the advantages and disadvantages of its core. Identified areas for further development.

**Keywords:** integrated information system, the structure of the expert system of technical diagnostics.